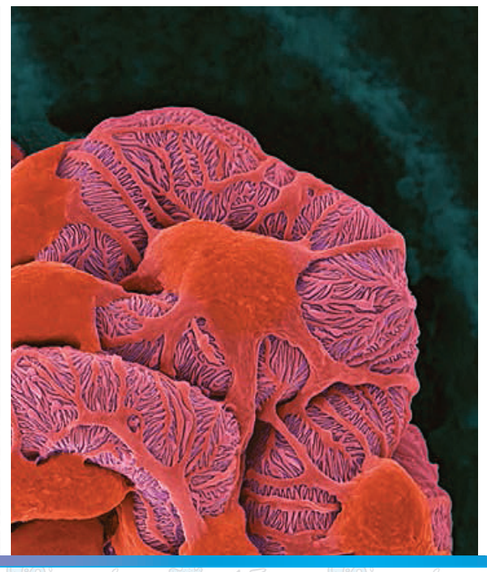


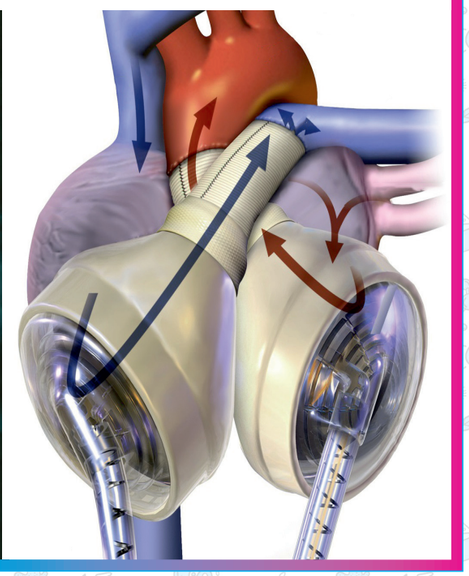












درسنامهٔ درختی



مقدمه

ویژگی‌های پروانهٔ مونارک

۱ حشره‌ای از نوع پروانه‌ها می‌باشد.
۲ تنفس نایدیسی، گردش مواد باز، همولنف، لولهٔ گوارش و دفع اوریک‌اسید دارد.
۳ لقاح داخلی، چشم مرکب و طناب عصبی شکمی و مغز از جوش خوردن چند گره دارد.
۴ جمعیت آن‌ها هر سال هزاران کیلومتر از مکزیک تا جنوب کانادا و بالعکس را می‌پیماید.
۵ **نورون‌هایی** برای تشخیص جایگاه خورشید در آسمان و پرواز به سوی جهت مقصد دارد.
۶ یکی از شگفت‌انگیزترین رفتارهای غریزی **مهاجرتی** را به نمایش می‌گذارد.

زیست‌شناسی و حواشی آن

تعریف

شاخه‌ای از **علوم تجربی** است که به بررسی **علمی** جانداران و حیات یعنی به **فرایندهای زیستی** می‌پردازد.

هدف

پی بردن به رازهای آفرینش
مشاهده تنوع زیستی و یافتن ویژگی‌های مشترک گونه‌های مختلف جانداران
حل مسائل و مشکلات زندگی انسان و طبیعت
در جست‌وجوی علت‌های پدیده‌های طبیعی و قابل مشاهده هستند.

محدودهٔ آن

بررسی منابع غذایی اصلاح شده گیاهی و جانوری به عنوان مقدار قابل توجهی از غذایی که می‌خوریم.
مهار بیماری‌های شایع مثل دیابت و فشار خون با پیدایش دارو و درمان
پیشگیری از بیماری‌های ارثی با مطالعه *DNA* افراد
اختراع دستگاه‌ها و تجهیزات پزشکی، آزمایشگاهی و ...
مبارزه با آفات گیاهی و بهبود طبیعت در حفظ تنوع گونه‌ها!

محدودیت‌های آن

مانند هر شاخهٔ علم تجربی، مشاهده اساس آن است.
فقط پدیده‌هایی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم قابل **مشاهده و اندازه‌گیری‌اند** را بررسی می‌کند.
به همهٔ پرسش‌های بشری پاسخ نمی‌دهد.
دربارهٔ زشتی و زیبایی، خوبی و بدی، ارزش‌های کیفیتی نظر نمی‌دهد.

زیست‌شناسی نوین

کل، بیشتر از اجتماع اجزاست

هر جزئی از اجزای یک سامانهٔ بزرگ، در نمای کلی برای ما معنی پیدا می‌کند.
جانداران، نوعی سامانه می‌باشند که اجزای آن با هم ارتباط دارند.
ویژگی‌های سامانه‌ها را **نمی‌توان فقط** با مطالعه اجزای سازندهٔ آن توضیح داد بلکه باید به ارتباط بین اجزای آن‌ها نیز دقت کرد.
محققین امروزی برای درک سامانه‌های زنده، بیشتر کل‌نگری می‌کنند.
در کل‌نگری ارتباط درهم آمیخته درون سامانه‌ای پیدا می‌شود و به **همهٔ** عوامل زنده و غیرزنده توجه می‌شود.

تگرش بین رشته‌ای

امروزه برای بررسی و شناخت هرچه بیشتر سامانه‌های **زنده**، از اطلاعات رشته‌های دیگر نیز کمک می‌گیرند.
مثلاً برای بررسی ژن‌های جانداران، علاوه بر زیست‌شناختی از فنون مهندسی، رایانه، آمار و... هم استفاده می‌شود.

فناوری‌های نوین

فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی

به جمع‌آوری، بایگانی و تحلیل اطلاعات کمک می‌کنند.
امکان انجام محاسبات را در **کوتاه‌ترین** زمان ممکن فراهم کرده‌اند.
تنظیم، ثبت و تحلیل حجم اطلاعات مختلف را انجام می‌دهند.

مهندسی ژن (ژنتیک)

سبب انتقال صفت یا صفاتی از راه انتقال ژن از یک جاندار به جاندار دیگر می‌شود.
در پزشکی، کشاورزی و پژوهش‌های علوم پایه از آن استفاده می‌شود.
در جانداران تراژن که از گونهٔ دیگری ژن گرفته‌اند بررسی می‌کند.
ژن‌های انسانی را به گیاه، جانور دیگر یا حتی باکتری منتقل می‌کنند.
پیشرفت سریع علم زیست‌شناسی را ایجاد کرده است.

اخلاق زیستی

با پیشرفت علم مخصوصاً در **مهندسی ژنتیک**، دسترسی به اطلاعات محرمانه ژنتیکی و پزشکی آسان می‌شود.
در ایجاد جانوران تراژن، حقوق جانوران مورد تهاجم قرار می‌گیرد.
سلاح‌های زیستی مثلاً با اثر مقاوم بر داروها یا ایجاد غذاها یا داروهای زیان‌آور می‌توان ایجاد کرد.

زیست‌شناسی در خدمت انسان

تأمین غذای سالم و کافی

غذای انسان به‌طور **مستقیم** یا **غیرمستقیم** از **گیاهان** به‌دست می‌آید، پس نیاز به **شناخت بیشتر** آن‌ها داریم.
امروزه با مهندسی ژنتیک، ژن‌های گیاهان خودرو را به DNA گیاهان **زراعی** می‌زنند و آن‌ها را تراژن می‌کنند (*خزهره نوعی گیاه خشکی‌زی خودرو می‌باشد*).

شناخت روابط گیاهان و محیط‌زیست

- مانند هر جانداری در محیطی با عوامل غیرزنده و زنده رشد می‌کنند و محصول می‌دهند.
- شناخت بیشتر تعامل‌های سودمند و زیانمند این عوامل و گیاهان، سبب افزایش محصول می‌شود.
- گیاهان مانند همهٔ جانداران در محیط پیچیده شامل عوامل زنده و غیرزنده زندگی می‌کنند.
- برای بهبود مقاومت گیاه به بیماری‌ها از مهندسی ژن استفاده می‌کنند (*انتقال ژن تولید پروتئین ضد آفت از باکتری به گیاه*).

حفاظت از بوم‌سازگان‌ها، ترمیم و بازسازی آن‌ها

منابع و سودهایی که هر بوم‌سازگان را دربر می‌گیرد، **خدمات بوم‌سازگان** می‌باشند.
خدمات هر بوم‌سازگان به **میزان تولیدکنندگی** آن‌ها بستگی دارد.
پایدار کردن هر بوم‌سازگان حتی با وجود تغییر اقلیم، سبب ادامهٔ تولیدکنندگی آن‌ها و ارتقای زندگی انسان می‌شود.

دریاچه ارومیه

- نوعی از **بوم‌سازگان‌های** آسیب‌دیدهٔ ایران است.
- چندین سال است در خطر خشک شدن قرار دارد.
- در حال حاضر زیست‌شناسان با اصول علمی بازسازی بوم‌سازگان‌ها در حال احیای مجدد آن هستند.

جنگل‌زدایی

- قطع درختان جنگل برای استفاده از چوب یا زمین جنگل می‌باشد.
- مسئله محیط‌زیستی امروز جهان است.
- سبب تغییر آب‌وهوا، کاهش تنوع زیستی، فرسایش خاک و بروز سیل می‌شود.
- در سال‌های اخیر در ایران و جهان انجام شده است.

تأمین انرژی‌های تجدیدپذیر

- امروزه بیشترین انرژی جهان از منابع فسیلی آلوده‌کننده ایجاد می‌شود
  - CO_2 جو را بالا می‌برند.
  - به آلودگی هوا منجر می‌شوند.
  - در نهایت باعث گرمایش زمین می‌شوند.
- استخراج سوخت فسیلی ← محیط زیست را آلوده و بوم‌سازگان را تخریب می‌کند.
- زیست‌شناسان درصدد هستند که گازوئیل‌های زیستی را از دانه‌های روغنی استخراج کنند و به جای سوخت فسیلی استفاده کنند.

- الکل نوعی سوخت زیستی است.
- در برخی کشورها به کمک سوخت‌های زیستی، خودروها را حرکت می‌دهند.
- سوخت‌های زیستی همانند سوخت فسیلی از جانداران منشأ می‌گیرند ولی منشأ آن‌ها جانداران کنونی می‌باشد.

سلامت و درمان بیماری‌ها

به **تازگی** روشی به نام **پزشکی شخصی** ایجاد شده است.
با پزشکی شخصی و بررسی ژن‌های افراد، داروهای مورد نیاز آن‌ها را به فرد می‌دهند.

در پزشکی شخصی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها

- از مشاهدهٔ حال بیمار نیز استفاده می‌کنند.
- اطلاعات روی DNA هر فرد را بررسی می‌کنند.
- از بیماری‌های ارثی هر فرد و بیماری‌های آیندهٔ او مطلع می‌شوند.
- روش‌های دارویی و درمانی خاص هر فرد را طراحی می‌کنند.

گفتار ۲

حیات

مرزهای حیات

زیست‌شناسی، علم بررسی حیات می‌باشد که برای حیات، تعریف دشوار و حتی غیرممکن است.
به جای تعریف حیات، ویژگی آن یا جانداران را بررسی می‌کنیم.

ویژگی‌های جانداران

نظم و ترتیب
همهٔ جانداران نظم و سازمان‌یابی دارند.

هم‌ایستایی هومئوستازی
محیط جانداران **همواره** در تغییر است.
تعریف: ثابت نگه داشتن وضعیت درونی پیکر جاندار با وجود محیط متغیر می‌باشد.
همهٔ اندام‌ها و اعضای بدن جاندار در ایجاد آن کمک می‌کنند.
تنظیم ترشح هورمون‌ها و سایر مواد در بدن را کنترل می‌کند.

رشد و نمو
رشد، افزایش برگشت‌ناپذیر تعداد یا حجم یاخته‌هاست که فرایندی کمی است.
نمو، فرایندی کیفی به معنی تشکیل ویژگی جدید در جاندار می‌باشد.
ایجاد اولین گل در گیاه، نمو است ولی گل‌های بعدی رشد محسوب می‌شوند.
اساس آن تقسیم شدن می‌باشد.

جذب انرژی و استفاده از آن
هر جانداری انرژی می‌گیرد و آن را به انواع مورد نیاز تبدیل می‌کند.
جانداران برای انجام فعالیت‌های زیستی خود انرژی می‌خواهند.
بخشی از انرژی به صورت گرما آزاد شده و بخشی به صورت *ATP* ذخیره می‌شود.

پاسخ به محیط
همهٔ جانداران به محرک‌های **محیطی** پاسخ می‌دهند.
خمش گیاهان به نور یا تولید هورمون‌ها بر حسب شرایط محیطی نوعی سازش است.

تولیدمثل
هر گونه سبب ایجاد جاندارانی کم‌وبیش شبیه خود می‌شود.
نوع جنسی، سبب تنوع زیاد در فرزندان و نوع غیرجنسی، سبب تنوع کم در آن‌ها می‌شود.

سازش با محیط
جانداران با ویژگی‌های مختلف باید برای ماندگاری خود، با محیط سازش کنند (*موهای سفید خرس قطبی*).

تعریف گونه

گروهی از جانداران مشابه هستند که با تولیدمثل می‌توانند جاندارانی مشابه خود با قابلیت زندگی و تولیدمثل ایجاد کنند.

سطوح سازمان‌یابی حیات

گسترهٔ وسیع حیات از یاخته شروع می‌شود و تا زیست‌کره پایان می‌یابد.

بررسی سطوح مختلف حیات

۱ یاخته
کوچک‌ترین، پایین‌ترین و اولین واحدی در سطوح حیات می‌باشد.
در همهٔ جانداران وجود دارد. برخی تک‌یاخته‌ای و برخی پریاخته‌ای هستند. (*همهٔ گیاهان و جانوران پریاخته‌ای هستند.*)
یاخته واحد **ساختاری** و **عملی** حیات می‌باشد که همهٔ فعالیت‌های زیستی در آن انجام می‌شود.
هر یاخته‌ای ویژگی‌های مشترکی مثل غشا و مادهٔ ژنتیکی *DNA* دارد.

۲ بافت
تعدادی یاخته در کنار هم یک بافت را تشکیل می‌دهد.

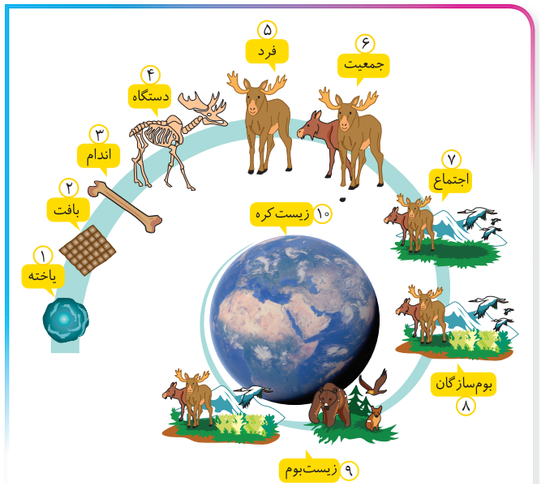
۳ اندام
از چند بافت مختلف تشکیل شده است. (*استخوان یک اندام است ولی بافت استخوانی، نوعی بافت پیوندی می‌باشد.*)

۴ دستگاه
مجموعه چند اندام برای یک کارایی خاص می‌باشد. مثلاً دستگاه حرکتی از ماهیچه، غضروف و استخوان تشکیل شده است.

۵ جاندار
از دستگاه‌های مختلف ایجاد شده است و فردی از یک گونه مشخص می‌باشد.

۶ جمعیت
افراد یک **گونه** که در یک زمان و در یک مکان در حال زندگی هستند.

۷ اجتماع
جمعیت‌های مختلف از گونه‌های مختلف که کنار هم زندگی می‌کنند و با هم ارتباط دارند.



«سطوح سازمان‌یابی حیات»

مولکول‌های زیستی

مولکول‌هایی در جانداران می‌باشند که در دنیای غیرزنده دیده نمی‌شوند.

چهار گروه اصلی دارند

۱ کربوهیدرات‌ها

مانند هر مولکول زیستی، در دنیای غیرزنده ساخته نمی‌شوند.
از سه عنصر کربن، هیدروژن و اکسیژن ایجاد شده‌اند. (*فسفر و نیتروژن در ساختار آن‌ها وجود ندارد.*)

انواع

مونوساکاریدها
- ساده‌ترین کربوهیدرات‌ها هستند و هیدرولیز نمی‌شوند.
- شش کربنهٔ گلوکز، فروکتوز و گالاکتوز هستند.
- پنج کربنی ریبوز و دئوکسی ریبوز آن‌ها معروف است.
- برای جذب نیازی به گوارش ندارند.

گلوکز ریبوز
«مونوساکارید»

دی‌ساکاریدها
- از ترکیب دوتا مونوساکارید با آزاد شدن آب می‌باشند.
- قند و شکر از ساکارز آن‌هاست ← طی هیدرولیز به گلوکز و فروکتوز (*دوتا ۶ کربنی*) تبدیل می‌شود.
- لاکتوز، قند شیر است ← طی هیدرولیز به گلوکز و گالاکتوز تبدیل می‌شود ← در برخی باکتری‌ها نیز هیدرولیز می‌شود.
- مالتوز ← از هیدرولیز آن دو مولکول گلوکز به دست می‌آید ← در برخی باکتری‌ها نیز هیدرولیز می‌شود (*مثل اشرشیاکلی*).

ساکارز

پلی‌ساکاریدها
- از تعداد زیادی مونوساکارید ایجاد شده‌اند.
- سلولز، نشاسته و گلیکوژن آن‌ها از تعداد فراوانی گلوکز ایجاد شده است.
- نشاسته ← قند ذخیره‌ای گیاهان است (*در سیب‌زمینی و غلات زیاد است*).
- سلولز ← در طبیعت مهم است ← در کاغذسازی و تولید انواع پارچه مؤثر است.
- گلیکوژن ← در کبد و ماهیچهٔ جانوران و در قارچ‌ها ذخیره می‌شود.

۲ لیپیدها

از *C*، *H* و *O* ایجاد شده‌اند که نسبت آن‌ها با کربوهیدرات‌ها متفاوت است.

انواع

تری‌گلیسریدها
- یک گلیسرول الکلی و سه اسید چرب با انواع متفاوت یا یکسان رشته‌ای دارند.
- روغن و چربی انواعی از آن‌هاست.
- در ذخیرهٔ انرژی نقش مهمی دارند.
- انرژی آن‌ها، تقریباً دو برابر کربوهیدرات‌ها برحسب هر گرم می‌باشد.

گلیسرول
اسیدهای چرب
«تری‌گلیسرید»

فسفولیپیدها
- بخش اصلی غشای یاخته‌هاست.
- دو اسید چرب، یک گلیسرول و یک ترکیب فسفات‌دار دارد.
- قسمت گلیسرول آب‌دوست و دم‌های اسید چرب آب‌گریز دارد.

گلیسرول + فسفات
اسیدهای چرب
«فسفولیپید»

کلسترول
- در ساخت غشای یاختهٔ جانوری و انواعی از هورمون‌ها مؤثر است.
- در ساختار صفرا، *HDL* و *LDL* تولید شده در کبد نقش دارد.
- دقت کنید که در غشای گیاهان دیده نمی‌شود.

سایر موارد

۳ پروتئین‌ها

C، *H*، *O* و نیتروژن دارند (*فسفر ندارند*).
- در اثر به هم پیوستن آمینواسیدها در رناتن و در درون یاخته ایجاد می‌شوند.
- کارهای مختلف و متنوع انجام می‌دهند. در انقباض ماهیچه، انتقال مواد در خون، دفاع و... نقش دارند.
- نوع آنزیمی آن‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهد ← انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها را کم می‌کند.

آمینواسید
پروتئین

۴ نوکلئیک اسیدها

علاوه بر *C*، *H*، *O* و *N*، مقداری فسفر دارند.
- در ساختار دنا و رنا و حفظ اطلاعات وراثتی مؤثرند.
- اطلاعات وراثتی را در *DNA* به صورت دو رشته‌ای ذخیره می‌کنند.
- هر مولکول از چهار نوع نوکلئوتید می‌تواند تشکیل شود.

«دنا»

۸ بوم‌سازگان (اکوسیستم)

مجموعه جمعیت‌های مختلف **یک** اجتماع (*عوامل زنده*) و **محیط آن‌ها** (*عوامل غیرزنده*) که در یک منطقه از زمین وجود دارند که روی هم تأثیر می‌گذارند.

۹ زیست‌بوم

چند بوم‌سازگان مختلف در یک منطقهٔ بزرگ‌تر بوده که اقلیم (*آب و هوا*) و پراکندگی جانداران مشابهی دارند.

۱۰ زیست‌کره

همهٔ جانداران، زیستگاه‌ها و زیست‌بوم‌های روی کرهٔ زمین می‌باشند (*کل خشکی‌ها، اقیانوس‌ها و دریاچه‌هاست*). ← یکی بیشتر وجود ندارد.

گفتار ۳

یاخته و انتقال مواد

بررسی یاخته و غشای آن
- واحد ساختار و عملکرد بدن جانداران است و اولین سطح حیات می‌باشد.
- همگی غشا، ریبوزوم و ماده ژنتیکی به همراه سیتوپلاسم دارند (*برخی مثل گویچهٔ قرمز و یاختهٔ آبکش طی تمایز هسته را از دست می‌دهند*).
- محیط زندگی یاخته‌های انسان، فضای بین‌یاخته‌ای می‌باشد که یاخته با این فضا تبادل مواد می‌کند.
- به مجموعه مایعات موجود در خون، لنف و مایع بین‌یاخته‌ای، محیط داخلی بدن می‌گویند.
- یاختهٔ جانوری، سه بخش غشا، سیتوپلاسم و هسته دارد.
- غشای آن نفوذپذیری انتخابی یا تراوایی نسبی دارد که از لیپید و پروتئین، کربوهیدرات تشکیل شده است. (*نوکلئیک اسید ندارد.*)
- لیپید غشای یاخته‌های انسان، دو لایه فسفولیپید به همراه کلسترول دارد. موادی از بین فسفولیپیدها یا از درون منافذ پروتئینی عبور می‌کنند.
- کربوهیدرات فقط در سطح **خارجی** غشا وجود دارد که به برخی پروتئین‌ها یا فسفولیپیدها اتصال دارد (*انشعاب دارند*).
- سرهای آب‌دوست فسفولیپیدها هم به سمت خارج یاخته و هم به سمت سیتوپلاسم قرار گرفته است و دم‌های آب‌گریز آن به سمت همدیگر قرار دارند.

هسته
- شکل، اندازه، کار و فعالیت‌های یاخته را مشخص می‌کند.
- اطلاعات لازم برای تعیین صفات در دنای آن است.
- پوشش دولایه‌ای و منفذدار دارد.
- ارتباط با سیتوپلاسم را از طریق منافذ انجام می‌دهد.
- دو غشای فسفولیپیدی منفذدار دارد که ارتباط با سیتوپلاسم برقرار می‌کند.
- *DNA* دارد و محل همانندسازی و رونویسی (*ساخت RNA*) می‌باشد.

سیتوپلاسم
- فاصلهٔ بین غشا و هسته را پر می‌کند.
- مادهٔ زمینه‌ای و اندامک دارد.
- مادهٔ زمینه‌ای آن، آب و مواد دیگر دارد.
- محل انجام واکنش‌هایی مثل قندکافت و تخمیر می‌باشد (*دوازدهم*).

اندامک‌ها
رناتن (ریبوزوم)
- کار آن ساخت پروتئین است.

شبکهٔ آندوپلاسمی
- شبکه‌ای از لوله‌ها و کیسه‌ها در سراسر سیتوپلاسم است.
- زبر ← رناتن دارد و پروتئین می‌سازد.
- صاف ← رناتن ندارد و لیپید می‌سازد.

دستگاه گلژی
- از کیسه‌های روی هم تشکیل شده است.
- بسته‌بندی و ترشح مواد را بر عهده دارد.

راکیزه
- کیسه‌ای برای تنفس یاخته‌ای (*دوغشا دارد*) می‌باشد ← تأمین انرژی می‌کند.

لیزوزوم (کافنده‌تن)
- کیسه‌ای با آنزیم‌های تجزیهٔ مواد دارد.

سانتریول (میانک)
- استوانه‌ای حاوی ۹ دسته ریزلولهٔ پروتئینی سه‌تایی می‌باشد.
- برای تقسیم یاخته است (*در یاختهٔ جانوری دیده می‌شود*).
- غشا ندارد.

ریزکیسه (وزیکول)
- کیسه‌ای برای جابه‌جایی مواد است.

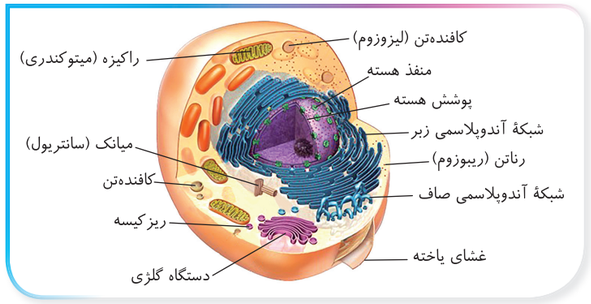
غشا
- از دو لایهٔ فسفولیپیدی و پروتئینی ایجاد شده است.
- مرز بین درون و بیرون یاخته است.
- نفوذپذیری انتخابی دارد (*تراوایی نسبی دارد*).

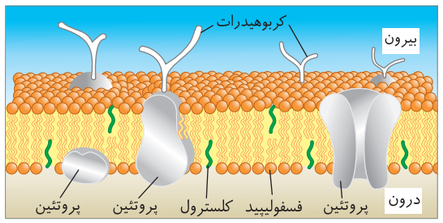
مولکول‌های زیستی غشا
فسفولیپید
- فراوان‌ترین مولکول زیستی هستند.
- در دو لایه قرار دارد.
- سر آب‌دوست و دو اسید چرب آب‌گریز دارد.

پروتئین
- سطحی ← در سمت درون و بیرون غشا است.
- سرتاسری ← کاملاً در عرض غشا است.

کربوهیدرات‌ها
- فقط در سطح خارجی غشا هستند.
- در تماس با برخی پروتئین‌ها و برخی فسفولیپیدها می‌باشند.

کلسترول
- ویژهٔ غشای جانوری است.
- جای یک مولکول فسفولیپید قرار می‌گیرد.





« غشای یاخته»

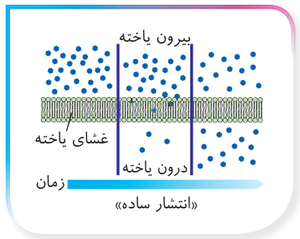
راه‌های انتقال مواد از غشا

الف) عبور مولکول‌های کوچک

بدون صرف انرژی زیستی

۱ انتشار ساده

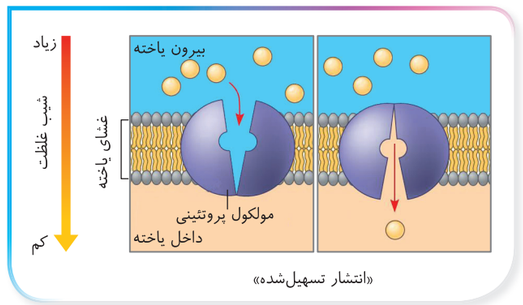
- عبور موادی مثل گازهای تنفسی در جهت شیب غلظت می‌باشد.
- تا هنگامی صورت می‌گیرد که بین دو طرف غشا، تفاوت غلظت وجود داشته باشد.
- انرژی زیستی یاخته (ATP) در آن مصرف نمی‌شود.
- انرژی جنبشی مواد در آن مؤثر است.
- مواد طی انتشار می‌توانند برحسب انحلال در آب یا لیپید، از منافذ یا از بین فسفولیپیدها عبور کنند.



«انتشار ساده»

۲ انتشار تسهیل شده

- عبور مولکول‌ها در جهت شیب غلظت از راه پروتئین‌های **کانالی** غشا می‌باشد.
- سرعت آن به تعداد پروتئین‌های کانالی غشا بستگی دارد.
- مثال ← انتقال پروتون توسط کانال‌های ATPساز در راکیزه و سبزدیسه
- همانند انتشار ساده، یاخته طی آن انرژی زیستی مصرف نمی‌کند و عبور در جهت شیب غلظت ماده است.



«انتشار تسهیل‌شده»

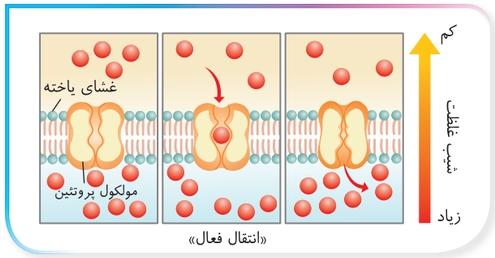
۳ اسمز (گذرندگی)

- عبور مولکول‌های آب در بین دو طرف غشای دارای خاصیت نفوذپذیری انتخابی از جای رقیق‌تر به غلیظ‌تر می‌باشد.
- هرچه یک محلول، غلیظ‌تر باشد، فشار اسمزی و قدرت آبگیری بیشتری دارد.
- فشار لازم برای توقف کامل اسمز را فشار اسمزی می‌گویند.
- غلظت مواد در مایع بین‌یاخته‌ای و خون مشابه درون یاخته می‌باشد پس آب زیادی وارد یاخته نمی‌شود و یاخته نمی‌ترکد.
- در یاخته‌های گیاهی قرار گرفته در محیط بسیار رقیق، وجود دیوارهٔ یاخته، مانع ترکیدن یاخته می‌شود.
- آب طی اسمز می‌تواند هم از منافذ و هم از بین فسفولیپیدها عبور کند.
- همواره از سمت آب خالص به سمت محلول حرکت می‌کند.
- نوعی انتشار ساده برای مولکول آب می‌باشد.
- در برخی یاخته‌های گیاهی و جانوری و غشای واکوئول‌ها پروتئین‌های مخصوص انتقال آب وجود دارد (*فصل ۷*).

با صرف انرژی زیستی

انتقال فعال

- عبور مواد **برخلاف** شیب غلظت و به کمک انرژی زیستی یاخته‌ها می‌باشد.
- در این روش، مواد از پمپ‌های غشایی عبور می‌کنند نه کانال‌ها!
- انرژی این فرایند، **اغلب** از شکستن پیوند بین فسفات‌ها در مولکول ATP تأمین می‌شود.
- پمپ سدیم - پتاسیم در غشای یاخته‌ها نمونه‌ای از این عمل می‌باشد که از ATP انرژی می‌گیرند.
- در برخی پمپ‌ها مثل پمپ‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه و سبزدیسه، انرژی از **عبور الکترون** تأمین می‌شود.
- خروج H^+ از بسترهٔ راکیزه و سبزدیسه با این مکانیسم است (*نوزدهم*).
- بازگشت یون‌های کلسیم به شبکهٔ آندوپلاسمی پس از پایان انقباض ماهیچه (*یازدهم*).

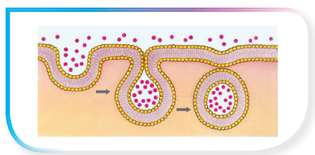


«انتقال فعال»

ب) عبور مولکول‌های درشت (درشت مولکول‌ها)

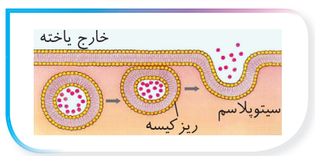
آندوسیتوز (درون‌بری)

- ورود مولکول‌های درشت با صرف انرژی به درون یاخته می‌باشد.
- غشا دور مولکول‌ها قرار می‌گیرد و از حجم غشا کم می‌شود.
- در این فرایند برای تشکیل کیسه‌های غشایی، ATP مصرف می‌شود.



اگزوسیتوز (برون‌رانی)

- خروج ذره‌های بزرگ از یاخته با صرف انرژی زیستی از ATP می‌باشد.
- کیسه‌های غشایی تولید شده در یاخته به غشای یاخته متصل می‌شوند.
- حجم غشا زیاد شده و ماده بزرگ خارج می‌شود.
- خروج آنزیم‌ها و سایر مولکول‌های بسپار زیستی از یاخته‌ها
- خروج ناقلین عصبی درشت‌مولکول از انتهای آکسون‌ها

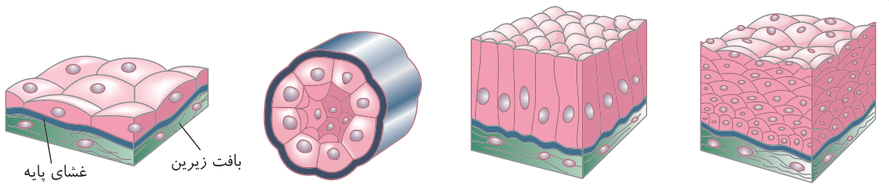


بافت‌های انسان

چهار نوع بافت اصلی متشکل از یاخته‌ها و فضای بین‌یاخته‌ای به نسبت‌های مختلف در اندام‌ها و دستگاه‌های بدن انسان وجود دارد.

۱ بافت پوششی

- یاخته‌های به هم فشرده با فضای بین‌یاخته‌ای **اندک** دارد.
- در سطح بدن (*لایه بیرونی پوست*)، سطح داخلی حفره‌ها و مجاری درون بدن را می‌پوشاند.
- در زیر این بافت غشای پایه از شبکهٔ رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئین وجود دارد.
- غشای پایه ساختار یاخته‌ای ندارد ولی یاخته‌های پوششی را به هم متصل کرده و به بافت زیرین وصل می‌کند.
- این بافت سه نوع یاخته به شکل‌های سنگ‌فرشی، مکعبی و استوانه‌ای در یک یا چندلایه دارد.
- در برخی مناطق مثل لوله‌های تنفسی و لولهٔ رحم دارای مژک می‌باشد.
- یاخته‌های دیوارهٔ حبابک‌ها همگی پوششی هستند.



سنگ‌فرشی یک‌لایه‌ای (دیوارهٔ مویرگ و نوع اول حبابک‌های ششی و بیرون کپسول بومن) — مکعبی یک‌لایه‌ای (نفرون‌ها) — استوانه‌ای یک‌لایه‌ای (روده و نای) — سنگ‌فرشی چندلایه‌ای (مری، پوست و دهان)

«انواع بافت پوششی»

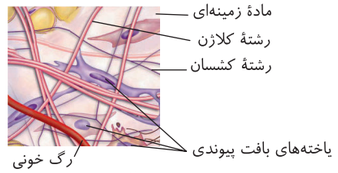
۲ بافت پیوندی

- انواع یاخته‌ها را دارد که سازنده رشته‌های کلاژن، ارتجاعی (*کشسان*) و همچنین مادهٔ زمینه‌ای بافت می‌باشند.
- یاخته‌ها و بافت‌های مختلف را به هم پیوند می‌دهد و در انواع آن مقدار و نوع رشته‌ها و مادهٔ زمینه‌ای آن متفاوت می‌باشد.
- تنها بافت دارای مادهٔ زمینه‌ای می‌باشد و فضای بین‌یاخته‌ای آن از بافت پوششی بیشتر است.
- هر یاختهٔ آن تک‌هسته‌ای است و دقت کنید که رشته‌های کلاژن و الاستیک بخشی از مادهٔ زمینه‌ای نیستند.

انواع بافت پیوندی

۱ پیوندی سست

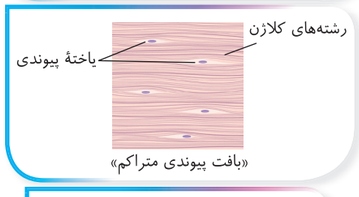
- مادهٔ زمینه‌ای سست، شفاف، بی‌رنگ و چسبنده با مخلوطی از انواع درشت مولکول (*گلیکوپروتئین*) دارد.
- معمولاً بافت پوششی را پشتیبانی می‌کند. مثلاً آستر پیوندی یک‌لایه‌ای زیر لایه پوششی لولهٔ گوارش می‌باشد.
- در برابر کشش چندان مقاوم نمی‌باشد ← هم رشته‌های کلاژن و هم ارتجاعی دارد.
- در همهٔ لایه‌های لولهٔ گوارش دیده می‌شود.



«بافت پیوندی سست»

۲ پیوندی متراکم (رشته‌ای)

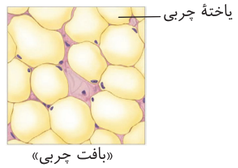
- به نسبت پیوندی سست، کلاژن و مقاومت بیشتر در مقابل کشش دارد.
- تعداد یاخته، مقدار مادهٔ زمینه‌ای و انعطاف آن از پیوندی سست کمتر است.
- بیشتر فضای بین‌یاخته‌ای توسط کلاژن‌ها پر شده است.
- در رباط، زردپی، کپسول مفصلی و بخش‌هایی از قلب (*بجز آندوکارد*) وجود دارد.
- یاخته‌های دوکی کشیده با هستهٔ مرکزی دارند.



«بافت پیوندی متراکم»

۳ چربی

- حاوی یاخته‌هایی سرشار از چربی ذخیره‌ای می‌باشد که بزرگ‌ترین ذخیره‌کنندهٔ انرژی در بدن می‌باشد.
- نقش ضربه‌گیر و عایق حرارتی دارد.
- در اطراف کلیه نقش محافظ دارد.
- فضای بین‌یاخته‌ای متغیر دارد ← در حفظ موقعیت برخی اندام‌ها مثل کلیه‌ها مؤثرند.
- هستهٔ هر یاخته به غشای آن چسبیده است.



«بافت چربی»

۴ خون

- پیوندی سیال (*در فصل ۴ بطور کامل می‌خوانیم.*)

۵ استخوانی

- سخت‌ترین بافت پیوندی (*در فصل ۳ زیست یازدهم می‌خوانیم*)
- مادهٔ زمینه‌ای آن پروتئین غیرکلاژنی و املاح کلسیم زیادی دارد.

۶ غضروف

- در سر استخوان‌های دراز در محل مفاصل وجود دارد.
- در ساختار نای، نایژه‌ها و حنجره وجود دارد.
- نوعی بافت پیوندی انعطاف‌پذیر است.

۳ بافت ماهیچه‌ای

- سه نوع یاخته و بافت ماهیچه‌ای صاف، مخطط اسکلتی و مخطط قلبی وجود دارد.
- بیشترین وزن بدن را تشکیل می‌دهد.
- یاختهٔ مخطط در ماهیچهٔ اسکلتی و قلبی وجود دارد.
- ماهیچهٔ مخطط همان ماهیچهٔ اسکلتی است.

← به جدول ماهیچه دقت کنید.

۴ بافت عصبی

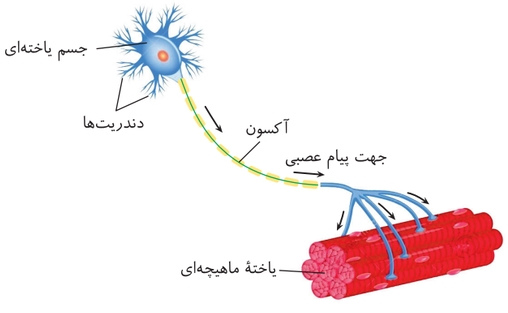
- یاخته‌های عصبی (*نورون*) و غیرعصبی (*پشتیبان*) دارند که در فصل اول یازدهم بررسی می‌کنیم.
- سبب انتقال پیام به ماهیچه‌ها و غدد و تحریک فعالیت آن‌ها می‌شود.

یاختهٔ عصبی (نورون)

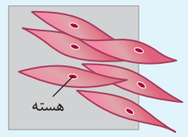
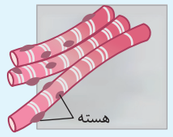
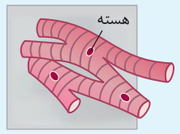
- سه بخش دندریت، جسم یاخته‌ای و آکسون دارد.
- سه نوع حسی، رابط و حرکتی دارد.
- معمولاً پس از تولد تقسیم نمی‌شود.

یاختهٔ غیرعصبی (پشتیبان)

- بعد از تولد تقسیم می‌شود و در تولید میلین، تغذیه، دفاع و هم‌ایستایی مایع اطراف نورون نقش دارد.



«یاختهٔ عصبی»

مقایسهٔ انواع ماهیچه‌های بدن		
ماهیچهٔ صاف	**ماهیچهٔ مخطط اسکلتی**	**ماهیچهٔ قلبی**
یاختهٔ رشته‌ای دوکی‌شکل دارد.	یاختهٔ رشته‌ای استوانه‌ای‌شکل دارد.	یاختهٔ **منشعب** استوانه‌ای با صفحات ارتباطی در هم (*بینابینی*) می‌باشد.
یاختهٔ غیرمخطط دارد.	یاختهٔ مخطط دارد.	یاختهٔ مخطط دارد.
فاقد واحدهای انقباضی منظم می‌باشد.	واحدهای انقباضی منظم کنار هم دارد.	واحدهای انقباضی منظم کنار هم دارد.
یاختهٔ تک‌هسته‌ای دارد.	یاختهٔ چندهسته‌ای دارد. (*از اجتماع چند یاختهٔ جنینی ایجاد شده است*)	اغلب تک‌هسته‌ای و کمی دوهسته‌ای می‌باشد.
انقباض غیرارادی دارد.	انقباض ارادی و غیر ارادی دارد.	انقباض غیرارادی دارد.
انقباض کند و طولانی دارد.	انقباض تند و کوتاه دارد.	انقباض تند و کوتاه دارد.
تحت کنترل اعصاب **خودمختار** است.	تحت کنترل اعصاب **پیکری** می‌باشد.	انقباض **ذاتی** دارد ولی با اعصاب **خودمختار** هم تحریک می‌شود.
 یاخته‌های ماهیچه‌ای صاف	 یاخته‌های ماهیچه‌ای اسکلتی	 یاخته‌های ماهیچه‌ای قلبی

گفتار ۱

مقدمه

غذا خوردن
- یکی از لذت‌های زندگی است.
- سبب ایجاد انرژی مناسب برای سالم ماندن، درست عمل کردن و رشد و نمو یاخته‌های بدن می‌شود.
- اگر نامناسب باشد ← سبب اضافه وزن، چاقی و بروز مشکلات زیادی می‌شود.

دستگاه گوارش انسان

لولهٔ گوارش
- لولهٔ پیوسته‌ای از دهان تا مخرج می‌باشد که بین قسمت‌های مختلف، اسفنکتر یا بندارههایی از ماهیچه‌های حلقوی وجود دارد.
- بندارههای منقبض و بسته مانع برگشت مواد به قسمت قبلی می‌شوند ولی هنگام عبور مواد به حالت استراحت درمی‌آیند و باز می‌شوند (*سبب تنظیم عبور مواد مرحله‌ای می‌شوند*).
- به‌جز بندارهٔ انتهای لولهٔ گوارش (*خارجی مخرج*) که از نوع ماهیچه مخطط می‌باشد، بقیه آن‌ها در کتاب شما ماهیچه صاف دارند و تحت کنترل اعصاب خودمختار هستند.

غدد و اندام گوارشی
- غدد بزاقی، پانکراس (*لوزالمعده*)، کبد و کیسهٔ صفرا می‌باشند.
- در دو طرف دیافراگم قرار دارند.

جهت اعضای لولهٔ گوارش

سمت راست
- کیسه صفرا و بیشتر بخش‌های کبد
- پیلور و دوازدهه
- رودهٔ کور و آپاندیس
- کولون بالارو و انتهای معده

سمت چپ
- بندارهٔ انتهای مری
- قسمت اعظم معده و لوزالمعده
- کولون پایین‌رو (*آخرین بخش روده بزرگ*)

ساختار لایه‌های لولهٔ گوارش

اندام‌های مختلف ساختار لایه‌ای تقریباً مشابهی دارند که در هر لایه انواع مختلف بافت‌ها وجود دارد.

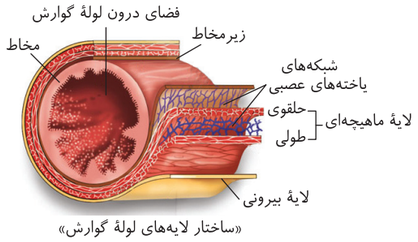
لایه بیرونی
- بخشی از صفاق می‌باشد که اندام‌های درون شکم را از خارج به هم وصل می‌کند.
- بافت پیوندی سست با مادهٔ زمینه‌ای و فضای بین‌یاخته‌ای زیاد دارد.
- رگ‌های خونی و اعصاب از این لایه وارد می‌شوند.



«بخشی از صفاق مربوط به روده‌ها»

لایه ماهیچه‌ای
- در دهان، ابتدای مری و دریچه خارجی مخرج از نوع مخطط ارادی و تحت کنترل اعصاب پیکری می‌باشد.
- در سایر قسمت‌ها، حاوی ماهیچه‌های صاف غیرارادی به شکل حلقوی و طولی سازمان یافته و تحت کنترل اعصاب خودمختار می‌باشد.
- دیوارهٔ معده علاوه بر لایه‌های طولی و حلقوی، یک لایه یاخته ماهیچه‌ای مورب صاف داخلی نیز دارد.
- بافت پیوندی سست بین لایه‌های ماهیچه‌ای آن‌هاست.
- شبکه‌ای از یاخته‌های عصبی (*شبکهٔ عصبی روده‌ای درونی*) و رگ خونی نیز در لایه‌لای این لایه از مری به بعد وجود دارد.
- انقباض ماهیچه‌ها سبب هضم مکانیکی و مخلوط کردن غذا با شیره‌های گوارشی می‌شود.

لایه زیرمخاطی
- بافت پیوندی سست با رگ‌ها و اعصاب فراوان می‌باشد.
- از مری به بعد، شبکه‌ای از اعصاب (*شبکهٔ زیرمخاطی عصبی*) دارد.
- موجب لغزش یا چین‌خوردگی راحت مخاط روی لایه ماهیچه‌ای می‌شود.
- شبکهٔ یاخته‌ای عصبی در سطح خارجی آن وجود دارد.



«ساختار لایه‌های لولهٔ گوارش»

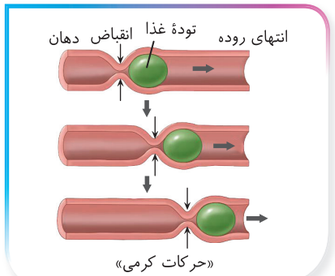
لایه مخاطی
- بافت پیوندی سست دارد ولی داخلی‌ترین لایه آن بافت پوششی دارد.
- کارهای مختلفی در بخش‌های مختلف مثل جذب و ترشح مواد را انجام می‌دهد.
- در پرزهای رودهٔ باریک، یاخته‌های ماهیچه صاف دارد.
- در معده و رودهٔ باریک به ترتیب قدرت ترشح هورمون‌های گاسترین و سکرتین به خون دارند.
- در سراسر لولهٔ گوارش، موسین گلیکوپروتئینی ترشح کرده که با جذب آب به ماده مخاطی برای چسباندن غذا و انتقال راحت آن در لوله می‌شوند.

حرکات لولهٔ گوارش

همگی در اثر انقباض ماهیچه‌ها و به صورت منظم صورت می‌گیرند

انواع حرکات

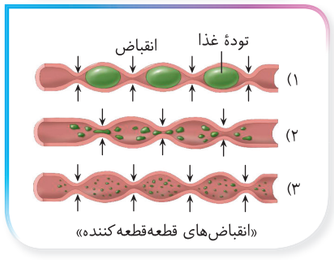
حرکات کرمی‌شکل
- این حرکات دارای **یک حلقهٔ انقباضی** در پشت تودهٔ غذا بوده و سبب عبور غذا و مواد از دهان به سمت مخرج می‌شوند.
- ورود غذا و گشاد شدن لولهٔ گوارش، سبب تحریک اعصاب و راه‌اندازی این حرکات می‌شود.
- ورود غذا ← گشاد شدن لوله ← تحریک اعصاب ← انقباض ماهیچه‌ها ← حرکات کرمی
- غذا را در طول لوله با سرعت مناسب به جلو می‌راند (*از حلق برای بلع آغاز می‌شود*).
- انقباض ماهیچه قبل از تودهٔ غذا به وجود می‌آید و با جلو رفتن غذا، انقباض نیز به جلو می‌رود.
- همانند حرکت قطعه‌قطعه کننده، علاوه بر جلو بردن غذا نقش مخلوط‌کنندگی نیز دارد.
- در برخورد با اسفنکتر بسته‌ای مثل پیلور، فقط سبب مخلوط کردن غذا با شیرهٔ گوارشی می‌شود.



«حرکات کرمی»

تحت تأثیر
- در حلق و ابتدای مری ← اعصاب پیکری می‌باشد.
- از اواسط مری تا مخرج ← اعصاب خودمختار و شبکهٔ یاختهٔ عصبی می‌باشد.

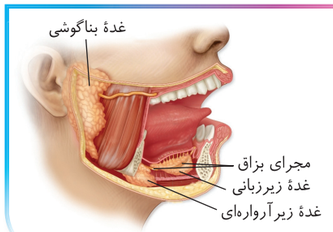
حرکات قطعه‌قطعه کننده
- انقباض‌های مجزا به تعداد متعددی در پشت و جلو و بین توده‌های غذایی ایجاد می‌شود.
- برخلاف حرکات کرمی، این حرکات مستقیماً سبب هضم مکانیکی تودهٔ غذایی می‌شود.
- با این انقباض‌ها، محتویات لوله، ریزتر شده و بیشتر با شیره‌های گوارشی مخلوط می‌شوند.
- به تدریج که جلو می‌رود، ناحیه در حال استراحت به حالت انقباض درمی‌آید.
- مواد تجزیه شده را برای جذب آماده می‌کند و با محتویات لوله مخلوط می‌کند.



«انقباض‌های قطعه‌قطعه‌کننده»

گوارش غذا

- گوارش مکانیکی ← وظیفه آسیاب کردن غذا را دارد که از دهان تا انتهای رودهٔ باریک به کمک حرکات ماهیچه‌ها ادامه می‌یابد تا غذا خرد شود.
- گوارش شیمیایی ← تبدیل درشت مولکول‌ها به مولکول‌های کوچک و آماده جذب می‌باشد که از دهان تا رودهٔ بزرگ و به کمک آنزیم‌های انسان و باکتری صورت می‌گیرد.



گوارش در دهان

گوارش مکانیکی

- با فعالیت هماهنگ ماهیچه‌های اسکلتی ارادی لب‌ها، دهان، آرواره‌ها و گونه‌ها و دندان‌ها صورت می‌گیرد.
- غذا را خرد کرده و هضم شیمیایی آن‌ها را توسط آنزیم‌ها آسان می‌کند.
- ضمن این گوارش، غذا با بزاق مخلوط شده و بلع آن آسان می‌شود.

گوارش شیمیایی

توسط بزاق صورت می‌گیرد

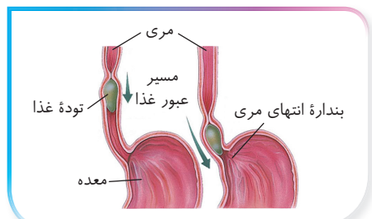
- سه جفت غدد بزاقی بزرگ و تعدادی غده‌های بزاقی کوچک آن را وارد حفرهٔ دهان می‌کنند.
- غدد بزاقی بزرگ شامل بناگوشی (*بزرگ‌ترین*)، زیرآرواره‌ای و زیرزبانی می‌باشد که از هرکدام دو عدد وجود دارد.
  - مجرای غدد بناگوشی از بالای دندان‌های انتهایی ردیف بالا رد می‌شود و به آنجا منتهی می‌شود.
  - مجرای غدد زیرزبانی و زیرآرواره‌ای به‌طور مستقل از زیر زبان وارد می‌شوند.
- ترکیب بزاق
  - آب
  - یون‌ها
  - مادهٔ آلی گلیکوپروتئینی موسین که آنزیم نمی‌باشد ← با جذب آب به ماده مخاطی تبدیل می‌شود
    - دیوارهٔ لولهٔ گوارش را از خراشیدگی محفوظ می‌دارد.
    - آسیب شیمیایی در اثر اسیدها و آنزیم‌ها را خنثی می‌کند.
    - ذره‌های غذایی را به هم می‌چسباند.
    - تودهٔ لغزنده و قابل بلع ایجاد می‌کند.
    - در خط اول دفاع غیراختصاصی نقش دارد.
  - انواعی از آنزیم‌ها
    - آمیلاز ← نشاسته را طی هیدرولیز به قندهای ساده‌تر تبدیل می‌کند.
    - لیزوزیم
      - سبب تخریب دیوارهٔ باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود.
      - در خط اول دفاع غیراختصاصی شرکت دارد.
      - در اشک، عرق و ترشحات بینی هم وجود دارد.
- تنظیم عصبی ترشح آن در **پل مغزی** و به کمک اعصاب خودمختار، به صورت انعکاسی صورت می‌گیرد (*شبکهٔ عصبی یاخته‌های روی آن تاثیر ندارد*).

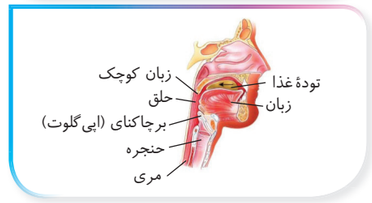
توسط بزاق صورت نمی‌گیرد

- حرکات ماهیچه‌های دهان ← با اعصاب پیکری است.
- ترشح غدد آن ← با اعصاب خودمختار است.

بلع غذا

- به انتقال غذا از دهان تا رسیدن به معده می‌گویند.
- ابتدا با فشار زبان، غذا به عقب دهان و داخل حلق برده می‌شود.
- ورود غذا به حلق سبب ایجاد انعکاس غیرارادی با مرکزیت عصبی در بصل‌النخاع می‌شود ← ماهیچه‌های حلق از نوع اسکلتی بوده و توسط اعصاب پیکری سبب شروع حرکات کرمی می‌شوند.
- حلق، چهارراهی است که به دهان، بینی، نای و مری راه دارد. (*البته به گوش میانی هم راه دارد.*) ← حلق گذرگاهی با ماهیچهٔ اسکلتی است.
- در هنگام بلع، فعالیت مرکز عصبی تنفسی در بصل‌النخاع برای مدت کوتاهی متوقف می‌شود.
- در هنگام شروع بخش انعکاسی بلع با حرکت غذا، زبان کوچک بالا رفته و راه بینی را می‌بندد، اپی‌گلوت (*برچاکنای*) پایین آمده تا راه نای را ببندد.
- **هم** حرکت کرمی که به انتهای مری برسد ← سبب باز شدن و رفع انقباض بندارهٔ انتهای مری می‌شود ← این بندواره با تحریک اعصاب خودمختار منقبض و بسته می‌شود.
- هر حرکت کرمی مری سبب باز شدن اسفنکتر انتهای مری می‌شود (*در این حالت تحریک اعصاب خودمختار روی این بندواره متوقف می‌شود*).
- مرکز عصبی بلع در بصل‌النخاع قرار دارد ← در هنگام بلع مرکز عصبی تنفس در بصل‌النخاع را متوقف می‌کند.
- ماده ترشحی غدد **مخاط مری** نیز در عبور غذا در مری نقش دارد.
- هنگامی که غذا در دهان است
  - زبان کوچک پایین بوده ← راه بینی باز می‌باشد.
  - اپی‌گلوت بالا می‌باشد ← راه نای باز می‌باشد.
- هنگامی که غذا وارد حلق و مری می‌شود
  - زبان کوچک بالا می‌رود ← راه بینی را مسدود می‌کند.
  - اپی‌گلوت پایین می‌آید ← راه نای را می‌بندد.
  - مرکز عصبی بلع سبب توقف فعالیت مرکز عصبی تنفسی می‌شود که هر دو مرکز در بصل‌النخاع قرار دارند.







مری

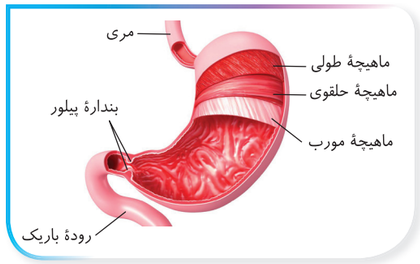
- لوله‌ای بدون پیچ‌خوردگی از حلق تا معده است.
- قسمت اعظم آن در بالای دیافراگم است.
- ابتدای آن ماهیچه اسکلتی تحت کنترل اعصاب پیکری دارد.
- هر چهار لایهٔ لولهٔ گوارش را دارد.
- بندارهٔ انتهایی آن در زیر دیافراگم متمایل به سمت چپ است.
- قسمت اعظم آن ماهیچهٔ صاف طولی و حلقوی دارد.
- مخاط آن غددی با ترشح کم مادهٔ مخاطی دارد ولی حفاظت آن به اندازهٔ معده و روده نیست.
- شبکهٔ یاخته‌ای عصبی از آن آغاز می‌شود.
- سبب پایان بلع می‌شود.
- مخاط آن طی ریفلاکس آسیب می‌بیند.
- لایه داخلی پوششی مخاط آن بافت سنگ‌فرشی چندلایه دارد.
- در پشت نای و متصل به بخش دهانه غضروف C مانند نای قرار دارد.

برگشت اسید معده به مری (ریفلاکس)

- در اثر شل بودن و عدم انقباض **کافی** بندارهٔ **انتهای** مری رخ می‌دهد.
- شیرهٔ معده به مری برمی‌گردد.
- اسید برگشتی **به تدریج** سبب آسیب مخاط مری می‌شود.
- مصرف دخانیات، نوشابه‌های الکلی، رژیم غذایی نامناسب، تنش، اضطراب و مصرف زیاد غذاهای آماده از علل آن می‌باشد.
- عوامل حفاظتی در مخاط مری به اندازه مخاط معده و رودهٔ باریک نمی‌باشد.

گوارش مکانیکی

- دیوارهٔ معده چین‌خوردگی‌هایی حاوی هر ۴ لایه دیواره دارد که با پر شدن معده باز شده و تعداد آن‌ها کم می‌شود.
- پس از پایان بلع، ورود غذا به معده سبب انبساط اندک آن شده ← حرکات کرمی معده آغاز می‌شود.
- با حرکات کرمی معده و پس از هر بار بلع غذا که معده اندکی منبسط شد آغاز می‌شود.
- در پایان هضم مکانیکی معده و افزایش حرکات کرمی، حلقه انقباضی محکمی سبب باز شدن پیلور و ورود کیموس بیشتر به دوازدهه می‌شود.
- در معده علاوه بر لایه‌های ماهیچه‌ای صاف طولی و حلقوی، یک لایه مورب داخلی نیز وجود دارد.
- با خالی شدن معده تعداد چین‌های آن زیاد می‌شود.
- در زیر دیافراگم است که قسمت اعظم آن در سمت چپ قرار دارد.
- جایگاه اصلی گوارش مکانیکی به عنوان کیسه گوارشی است.
- اولین قسمتی است که کیموس ایجاد می‌کند.



گوارش در معده

گوارش شیمیایی توسط شیرهٔ معده صورت می‌گیرد

شیرهٔ معده

- حفره‌های معده، حاصل فرو رفتن یاخته‌های پوششی مخاط معده در بافت پیوندی سست زیرین می‌باشند.
- مجاری غدد ترشحی برون‌ریز معده به حفره‌های معده باز می‌شوند.
- هر حفرهٔ معده می‌تواند به یک یا چند غدهٔ معده راه داشته باشد.

بخش‌های ترشح‌کنندهٔ شیرهٔ معده

یاخته‌های پوششی حفرات معده

- بی‌کربنات ترشح می‌کنند ← لایه ژله‌ای حفاظتی محکم معده را قلیایی‌تر کرده تا در مقابله با اسید و آنزیم عمل کند.
- برخی ماده مخاطی زیادی ترشح می‌کنند
  - ژله‌ای چسبناک است.
  - مخاط معده را می‌پوشاند.
  - دفاع غیراختصاصی دارد.

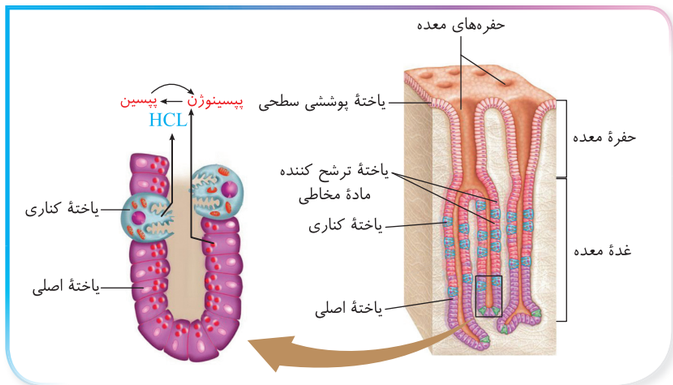
یاخته‌های پوششی غدد معده

یاخته‌های اصلی

- بیشتر در عمق غدد قرار دارند.
- آنزیم ترشح می‌کنند
  - لیپاز ← شروع هیدرولیز مقدار کمی از لیپیدها (ویژهٔ کنکور ۱۴۰۱)
  - پیش‌ساز پروتئازها (پپسینوژن‌ها) ← تا وقتی به پپسین تبدیل نشوند، غیرفعال هستند.
- اختلال در آن‌ها ← تجزیه و گوارش پروتئین‌ها به مخاطره می‌افتد.

یاخته‌های کناری

- HCl ترشح می‌کنند ← پپسینوژن‌ها را به پپسین تبدیل می‌کند.
- فاکتور (عامل) داخلی می‌سازد ← برای محافظت و جذب ویتامین B_{12} ضرورت دارد.
- از سایر یاخته‌های غدد معده، حجیم‌تر می‌باشند. (غنی از چین‌خورده دارند.)
- تخریب آن‌ها
  - تجزیه پروتئین‌ها دچار اختلال می‌شود.
  - پروتئازها فعال نمی‌شوند.
  - ویتامین B_{12} جذب نمی‌شود.
  - کم‌خونی خطرناک ایجاد می‌شود.
  - مغز زرد استخوان‌ها به مغز قرمز تبدیل می‌شود.



پپسینوژن‌ها
- نام کلی پیش‌ساز پروتئازهای معده می‌باشد.
- به صورت غیرفعال و با اگزوسیتوز به درون معده ترشح می‌شوند.
- در اثر اسید معده به پپسین (*پروتئاز فعال*) تبدیل می‌شوند ← عمل پپسین‌ها ← هیدرولیز پروتئین‌ها به پپتیدهای کوچک (*نه آمینواسید*) (*مثلاً سفیدهٔ تخم‌مرغ را تجزیه می‌کند.*)؛ تبدیل سایر پپسینوژن‌ها به پپسین را زیاد می‌کنند.
- علاوه بر HCl، خود پپسین نیز می‌تواند سبب تغییر پپسینوژن‌ها شود.

تخریب یاخته کناری غدد معده یا برداشتن معده
- اشکال در ترشح اسید معده ایجاد می‌کند ← سبب عدم فعال شدن پپسینوژن‌ها می‌شود.
- اشکال در تولید فاکتور داخلی معده ایجاد می‌کند ← سبب اشکال در حفظ B_{12} از اثر شیرهٔ معده می‌شود ← عدم جذب کافی B_{12} از رودهٔ باریک ← سبب اشکال در ساخت گویچه قرمز در مغز استخوان ← در نهایت سبب کم‌خونی شدید می‌شود.

پر شدن حجم معده با خوردن غذا
- باز شدن چین‌های معده ← کاهش تعداد چین‌ها ← انبساط معده ← شروع حرکات کرمی معده

خالی شدن تدریجی معده
- افزایش تعداد چین‌خوردگی‌های معده ← کم شدن حرکات کرمی معده

گوارش مکانیکی
- توسط حرکت‌های کرمی و قطعه‌قطعه کننده صورت می‌گیرد.
- با حرکت روده سبب گستراندن کیموس در سراسر مخاط روده و تماس آن با شیرهٔ روده می‌شود.

گوارش شیمیایی
- مراحل پایانی گوارش شیمیایی و تولید مونومر در آن صورت می‌گیرد.
- مهم‌ترین قسمت آن در ابتدای رودهٔ باریک (*دوازدهم*) صورت می‌گیرد.
- توسط شیرهٔ روده، لوزالمعده و صفرا صورت می‌گیرد.

گوارش در رودهٔ باریک

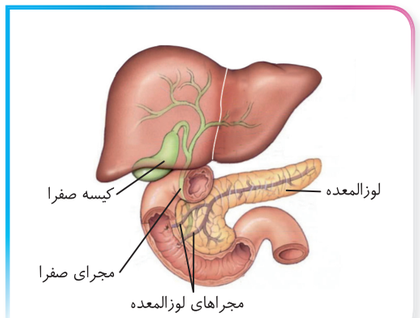
عوامل مؤثر در گوارش شیمیایی رودهٔ باریک

شیرهٔ رودهٔ باریک
- آب، یون‌هایی مثل بی‌کربنات، مادهٔ مخاطی دفاعی با آنزیم لیزوزیم ← از یاخته‌های پوششی ترشح می‌شود.
- آنزیم‌های گوارشی دارد ← در گروهی از یاخته‌های پوششی استوانه‌ای ساخته شده و ترشح می‌شود.؛ هضم نهایی کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها را انجام می‌دهند.

صفرا
- مخلوطی **فاقد آنزیم** می‌باشد که توسط یاخته‌های **کبدی** ساخته می‌شود. (*مواد آلی و معدنی دارد.*)
- ترکیبی از نمک‌های صفراوی، بی‌کربنات، کلسترول و فسفولیپید لسیتین می‌باشد.
- مدت کمی پس از ورود کیموس به دوازدهه، از مجرای مشترک با لوزالمعده وارد دوازدهه می‌شود.
- در گوارش چربی‌ها و ورود آن‌ها به محیط داخلی بدن نقش دارد.
- در دفع کلسترول اضافی بدن مؤثر است.
- در دفع موادی مانند بیلی‌روبین که حاصل تخریب هموگلوبین در کبد است، نقش دارد.
- پس از تولید در کبد ← وارد مجاری صفراوی متعدد شده ← وارد یک مجرا می‌شوند ← وارد کیسه صفرا می‌شوند.
- خروج آن از کیسه صفرا از یک مجرا صورت می‌گیرد که با یک مجرای لوزالمعده به‌طور مشترک وارد دوازدهه می‌شوند.
- صفرا به کمک حرکات مخلوط‌کنندهٔ رودهٔ باریک موجب ریز شدن چربی‌ها می‌شود.

سنگ کیسهٔ صفرا
- در اثر رسوب ترکیبات صفرا (*مثل کلسترول*) در کیسهٔ صفرا صورت می‌گیرد.
- زیادی چربی غذا، سبب بالا رفتن کلسترول صفرا می‌شود.
- چند سال رژیم غذایی پرچرب ← شانس سنگ کیسهٔ صفرا را بالا می‌برد.
- با انسداد مجاری خروج صفرا از کیسهٔ صفرا ایجاد می‌شود.

شیرهٔ لوزالمعده
- لوزالمعده (*پانکراس*) در زیر معده در سمت چپ حفرهٔ شکمی می‌باشد.
- بخش درون‌ریز یا جزایر لانگرهانس آن هورمون‌های انسولین و گلوکاگون برای تنظیم گلوکز وارد خون می‌کنند.
- بخش برون‌ریز آن
  - ترشحات خود را هم از مجرای مشترک با کیسهٔ صفرا و هم از مجاری مستقل وارد دوازدهه می‌کند.
  - در اثر هورمون سکرتین روده ← مقدار **زیادی** بی‌کربنات وارد دوازدهه می‌کند ← اثر اسید معده را خنثی می‌کند.؛ دیوارهٔ دوازدهه را از اثر اسید معده حفظ می‌کند.؛ محیط مناسب برای فعالیت آنزیم‌های لوزالمعده ایجاد می‌کند.
  - آنزیم‌های گوارشی مختلف مؤثر بر انواع مواد غذایی وارد دوازدهه می‌کند ← سبب هیدرولیز پلی‌مرها به مونومرها می‌شوند.؛ فقط پروتئازهای آن به صورت غیرفعال وارد دوازدهه می‌شوند.؛ پروتئازهای آن قوی و متنوع‌اند و اگر در لوزالمعده فعال بودند، سبب تجزیهٔ این اندام می‌شدند.؛ لیپاز، نوکلئاز و کربوهیدرازهای آن در لوزالمعده فعال شده ولی در دوازدهه فعالیت می‌کنند.



گوارش شیمیایی مواد غذایی

الف) گوارش کربوهیدرات‌ها
- از دهان و اثر آنزیم آمیلاز براق بر هضم نشاسته آغاز می‌شود که مقدار کمی از نشاسته‌ها به قندهای ساده‌تر تبدیل می‌شوند.
- آمیلاز لوزالمعده مقدار باقی‌مانده نشاسته را به مالتوز و مولکول‌های قندی درشت‌تر تبدیل می‌کند.
- آنزیم‌های لاکتاز، ساکاراز و مالتاز آزاد شده از یاخته‌های پوششی سبب هیدرولیز انواع دی‌ساکاریدها می‌شود (*فصل ۱*).
- مونوساکاریدها بدون گوارش در رودهٔ باریک جذب شده و وارد یاخته‌های پوششی می‌شوند.
- لوزالمعده انواع دیگر کربوهیدراز برای تجزیهٔ گلیکوژن نیز ترشح می‌کند.
- گوارش سلولز، توسط آنزیم‌های سلولاز باکتریایی در رودهٔ بزرگ صورت می‌گیرد ولی توسط انسان تولید نمی‌شود.
- در معده اصلاً گوارش شیمیایی برای قندها صورت نمی‌گیرد.
- به صورت درون‌یاخته‌ای در موقع لزوم در کبد و ماهیچه‌ها گلیکوژن ذخیره‌ای آن‌ها تجزیه می‌شود.

ب) گوارش پروتئین‌ها
- گوارش آن‌ها با اثر پپسین در محیط اسیدی معده، آغاز می‌شود که به پپتیدهای کوچک‌تر تبدیل می‌شوند.
- در رودهٔ باریک در اثر عمل پروتئازهای لوزالمعده و آنزیم‌های خود روده، پروتئین‌ها تا تبدیل شدن به آمینواسید هیدرولیز می‌شوند.
- پروتئازهای معده و لوزالمعده ابتدا به صورت غیرفعال وارد لولهٔ گوارش می‌شوند.
- گوارش آن‌ها در معده به تولید آمینواسید نمی‌انجامد.
- پروتئاز معده در محیط اسیدی معده ولی پروتئاز لوزالمعده در محیط قلیایی دوازدهه فعال می‌شوند.

چ) گوارش چربی‌ها
- با اثر لیپاز مخصوصاً توسط لوزالمعده ولی درون رودهٔ باریک گوارش و تجزیه آن‌ها انجام می‌شود.
- فراوان‌ترین لیپیدهای رژیم غذایی، تری‌گلیسریدها یا چربی‌ها هستند.
- چربی‌ها ابتدا توسط حرکات مخلوط‌کنندهٔ رودهٔ باریک و عمل مواد موجود در صفرا به ذرات ریز تبدیل می‌شوند.
- بیشتر گوارش چربی‌ها درون دوازدهه و توسط لیپاز لوزالمعده که آنزیمی محلول در آب است انجام می‌شود.
- مواد حاصل از آن‌ها به همراه ویتامین‌های محلول در چربی وارد رگ لنفی می‌شوند.
- اختلال در کار کبد و عدم تولید صفرا، این عمل را به مخاطره می‌اندازد.

گفتار ۲

جذب مواد در رودهٔ باریک

دهان و معده ← جذب اندکی دارند.

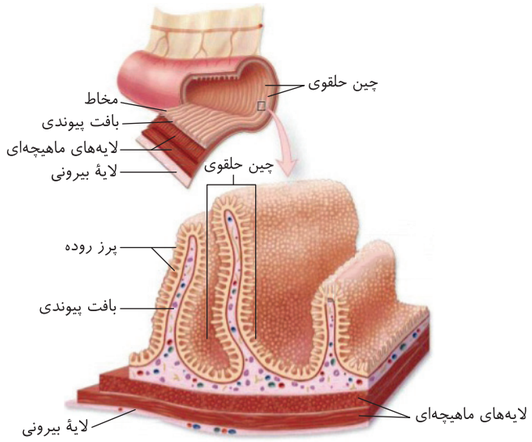
رودهٔ باریک ← بیشترین جذب را دارد (*از یاخته‌های استوانه‌ای*).

رودهٔ بزرگ
- اندکی جذب آب و املاح دارد.
- ویتامین‌های تولید شده توسط باکتری را جذب می‌کند.

وارد یاختهٔ پوششی مخاط لولهٔ گوارش می‌شوند
- وارد محیط داخلی بدن یعنی خون، لنف و مایع بین‌یاخته‌ای می‌شوند.
- یاخته‌ها از اجزای محیط داخلی به حساب نمی‌آیند.

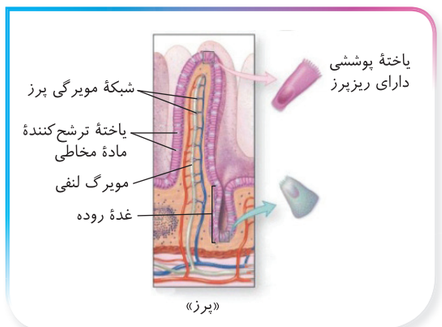
چین حلقوی رودهٔ باریک
- برخلاف چین‌های معده **دائمی** هستند و با پر یا خالی شدن روده، تعداد آن‌ها تغییر نمی‌کند.
- فقط حاوی لایه‌های **مخاطی و زیرمخاطی** رودهٔ باریک می‌باشد که زیر آن ماهیچه‌ها و لایه بیرونی وجود دارد.

دیوارهٔ رودهٔ باریک چین‌های حلقوی دائمی متشکل از لایهٔ مخاطی و زیرمخاطی دارد. ← روی چین‌ها پرزهای فراوان متشکل از لایهٔ مخاطی وجود دارد. ← غشای هر یاختهٔ پوششی پرز به سمت فضای روده چین‌هایی میکروسکوپی به نام ریزپرز دارد. ← چین‌ها، پرزها و ریزپرزها سبب چند صد برابر شدن سطح تماس روده با کیموس می‌شود.



«چین‌های حلقوی»

پرز رودهٔ باریک
از لایهٔ مخاطی رودهٔ باریک شامل بافت‌های پوششی، پیوندی سست و ماهیچهٔ صاف تشکیل شده است.
- رگ‌های خونی و لنفی در فضای درون پرز وجود دارد.
- در لایهٔ زیرمخاطی زیر آن شبکهٔ یاخته‌های عصبی وجود دارد که سبب تحریک ماهیچه‌های پرز روده می‌شود.
- به چین‌های میکروسکوپی غشای یاخته پوششی آن، ریزپرز می‌گویند.
- در زیر آن یاخته‌های فرو رفته در بافت پیوندی سست، سبب تشکیل غدهٔ روده شده است.
- یاختهٔ ترشح‌کنندهٔ هورمون سکرتین در دوازدهه دارد.



«پرز»

درون پرز
- شبکهٔ مویرگی خونی ← سبب جذب همه مواد به‌جز چربی‌ها و ویتامین محلول در چربی می‌شود ← به سوی سیاهرگ باب کبدی می‌روند.
- مویرگ بستهٔ لنفی ← سبب جذب چربی و ویتامین‌های محلول در چربی می‌شود ← در نهایت به سوی سیاهرگ خونی می‌روند.

در بیماری سلیاک
- واکنش حساسیتی به پروتئین گلوتن موجود در گندم و جو وجود دارد.
- پروتئین گلوتن سبب از بین رفتن رودهٔ بین ریزپرزها و پرزها می‌شود.
- سطح جذب مواد، کاهش شدید پیدا می‌کند.
- بسیاری از مواد مغذی جذب نمی‌شود.
- اختلالات رشد و مشکلات جدی در سلامت دارند.
- گلوتن پروتئینی ذخیره‌ای در واکوئول گیاهان است که در لایهٔ خارجی آندوسپرم دانهٔ غلات زیاد است.

مکانیسم جذب در رودهٔ باریک

جذب مواد آلی

- آمینواسیدها و مونوساکاریدها از یاخته‌های پوششی وارد خون شده و به کبد می‌روند.
  - کبد از گلوکز مازاد بر نیاز بدن، گلیکوژن می‌سازد و ذخیره می‌کند.
  - کبد پروتئین می‌سازد.
- پس از هیدرولیز در فضای رودهٔ باریک توسط لیپاز لوزالمعده
  - به یاختهٔ پوششی پرز روده انتشار می‌یابند.
    - وارد رگ لنفی می‌شوند.
- از روده وارد سیاهرگ باب و کبد نمی‌شوند.

چربی‌ها

- در نهایت همراه سایر لنف‌ها به خون وارد شده
  - از بزرگ سیاهرگ زبرین وارد قلب می‌شوند.
    - از گردش عمومی خون به کبد وارد می‌شوند.
      - لیپید در کبد یا بافت چربی ذخیره می‌شوند.
        - کبد، از لیپیدها، انواع لیپوپروتئین‌های *HDL* و *LDL* می‌سازد و آن‌ها را وارد خون می‌کند.
          - *HDL* و *LDL*، انواع لیپیدهای خون را به بافت‌ها منتقل می‌کنند.

انواع لیپوپروتئین‌های خون

- در کبد از ترکیب لیپید با پروتئین تولید می‌شوند.
- ابتدا وارد سیاهرگ فوق‌کبدی می‌شود تا به جریان خون وارد شود.

LDL

- کلسترول زیاد ولی چگالی و پروتئین کمی دارد.
- کلسترول آن به دیوارهٔ سرخرگ‌ها چسبیده و به تدریج مسیر عبور خون را تنگ یا مسدود می‌کند.
- چاقی، تحرک کم و مصرف زیاد کلسترول و چربی‌های اشباع جانوری، مقدار آن را بالا می‌برد.

HDL

- کلسترول کمتر ولی پروتئین و چگالی بیشتری دارند.
- کلسترولی که در دیوارهٔ رگ رسوب کرده را جذب می‌کنند.
- احتمال رسوب کلسترول در رگ و انسداد رگ را کاهش می‌دهند.

رودهٔ بزرگ

- ابتدای آن رودهٔ کور در سمت راست شکم است ← به انتهای رودهٔ کور زائدهٔ کیسه‌مانند آپاندیس متصل است.
- به ترتیب: رودهٔ کور (*سمت راست*) ← کولون بالارو (*سمت راست بدن*) ← کولون افقی ← کولون پایین‌رو (*سمت چپ بدن*)
- آپاندیس آن یک اندام لنفی است.
- پرز و غدد ترشح آنزیم گوارشی ندارد.
- بافت پوششی مخاط آن، ماده مخاطی قلیایی و لیزوزیم دفاعی ترشح می‌کند.
- قدرت جذب آب و یون‌های مختلف را دارد.
- حرکت آهسته‌ای دارد و مدفوع جامد را تشکیل می‌دهد.
- باکتری‌های درون آن در تولید مقداری ویتامین *B* و *K* نقش دارد ← ویتامین B_{12} تولیدی آن‌ها در ساخت گویچهٔ قرمز مؤثر است.

راست‌روده

- بخش انتهایی لولهٔ گوارش می‌باشد.
- به انتهای کولون پایین‌رو متصل است.
- در انتهای خود در مجاور مخرج، دو بندارهٔ حلقوی صاف و مخطط دارد.
- مدفوع جامد به آن وارد می‌شود.

«بخش‌های انتهایی لولهٔ گوارش»

مکانیسم دفع مدفوع

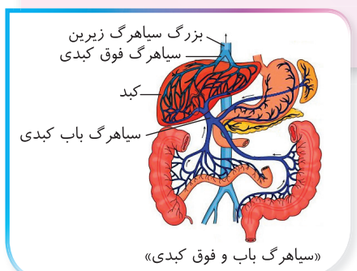
ورود مواد جذب نشده، گوارش نیافته، یاخته‌های مرده و باقی‌ماندهٔ شیرهٔ گوارشی به رودهٔ بزرگ ← تشکیل مدفوع جامد به دنبال جذب آب و املاح ← ورود مدفوع جامد به راست‌روده ← شروع انعکاس دفع ← باز شدن غیرارادی بندارهٔ داخلی مخرج ← دستور قشر مخ برای باز شدن ارادی بندارهٔ خارجی مخرج با غیرفعال کردن اعصاب پیکری ← خروج مدفوع

گردش خون دستگاه گوارش

- پس از خوردن غذا ← فعال شدن اعصاب پاراسمپاتیک ← افزایش جریان خون به دستگاه گوارش ← افزایش فعالیت گوارشی ← ورود مواد جذب شدهٔ لولهٔ گوارش به کبد
- مواد جذب شده از معده، رودهٔ باریک، رودهٔ بزرگ
  +
  مواد ترشح شده از طحال و پانکراس به خون
  - وارد سیاهرگ خونی باب می‌شود ← سیاهرگ باب از زیر وارد کبد شده و درون کبد به شبکهٔ مویرگی تبدیل می‌شود ← در کبد تولید گلیکوژن و پروتئین به همراه ذخیرهٔ آهن و برخی ویتامین‌ها صورت می‌گیرد
  - وارد بزرگ سیاهرگ زیرین می‌شود. ← مواد دیگر خونی بعد از کبد وارد یک سیاهرگ فوق کبدی می‌شوند
- مدتی که از غذا خوردن گذشت ← جریان خون دستگاه گوارش به حالت عادی برمی‌گردد.
- خون دهان، مری و کلیه‌ها، وارد سیاهرگ باب نمی‌شود.
- لنف‌ها، چربی‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی از اندام گوارشی وارد سیاهرگ باب نمی‌شود.

سیاهرگ باب

- یک سیاهرگ بوده که خون طحال و برخی اندام‌های گوارشی به آن وارد می‌شود.
- خون تیره پرغذا را وارد کبد می‌کند.
- مستقیماً وارد قلب نمی‌شود و در انتهای خود شبکهٔ مویرگی ناپیوسته دارد.
- خون طحال، دوازدهه، معده، لوزالمعده، کولون پایین‌رو و راست‌روده از یک انشعاب به آن وارد می‌شود.
- خون انتهای رودهٔ باریک، رودهٔ کور و کولون بالارو از انشعاب دیگری به آن وارد می‌شود.
- از زیر وارد کبد می‌شود.



«سیاهرگ باب و فوق کبدی»

فعالیت‌های کبد

- بزرگ‌ترین اندام گوارشی در بخش غیرلوله‌ای بدن در سمت راست حفرهٔ شکمی زیر دنده‌ها و دیافراگم قرار دارد.
- به همراه کلیه‌ها، یاخته‌های پراکندهٔ درون‌ریزی دارد ← هورمون اریتروپویتین می‌سازد ← سبب تنظیم تولید گویچهٔ قرمز در مغز استخوان‌ها می‌شود.
- در تولید صفرا و کلسترول نقش دارد.
- گلوکز اضافی جذب شدهٔ اندام‌های گوارشی را به صورت گلیکوژن درآورده و آن را ذخیره می‌کند.
- تحت تأثیر هورمون گلوکاگون و به کمک آنزیم‌های درون‌یاخته‌ای، به تجزیهٔ گلیکوژن و تنظیم قند خون می‌پردازد.
- تولید اغلب پروتئین‌های پلاسما در کبد و از ترکیب آمینواسیدهای جذب شده صورت می‌گیرد.
- ذخیرهٔ آهن و برخی ویتامین‌ها را بر عهده دارد.
- آمونیاک سمی را از خون گرفته و آن را با CO_2 ترکیب می‌کند تا مادهٔ آلی دفعی نیتروژن‌دار اوره بسازد و به کلیه‌ها برای دفع منتقل کند.

بیماری‌های کبد

- ذخیرهٔ زیاد چربی در آن ← بیماری کبد چرب می‌دهد.
- مصرف نوشیدنی‌های الکلی ← افزایش تولید رادیکال آزاد اکسیژن ← حمله به دنای راکیزهٔ کبدی ← مرگ یاخته‌های کبدی و نکروز (*بافت‌مردگی*) کبد

تنظیم فرایندهای گوارشی

- قبل از تولد به همراه طحال در تولید گویچه‌های خونی مؤثر است.
- به همراه طحال در تخریب گویچه‌های قرمز پیر و فرسوده مؤثر است.
- سبب تولید لیپوپروتئین‌های خون یعنی *HDL* و *LDL* می‌شود.
- مویرگ ناپیوستهٔ خونی با حفره‌های بین‌یاخته‌ای و غشای پایهٔ ناقص دارد.
- مویرگ‌هایی فاقد بخش سرخرگی بین سیاهرگ باب و سیاهرگ فوق‌کبدی دارد.
- خون طحال، معده، روده‌ها و لوزالمعده توسط سیاهرگ باب به آن وارد می‌شود.
- تغذیهٔ یاخته‌های آن توسط انشعاب سرخرگی از آئورت به نام سرخرگ کبدی صورت می‌گیرد.

- مرحله خاموشی نسبی دستگاه گوارش در فاصله **بین وعده‌های غذایی** می‌باشد که تحت کنترل اعصاب سمپاتیک می‌باشد.
- مرحله فعالیت شدید بعد از ورود غذا و افزایش جریان خون دستگاه گوارش صورت می‌گیرد که مربوط به اعمال اعصاب پاراسمپاتیک می‌باشد.
- فعالیت دستگاه گوارش و گردش خون به همراه اعمال عصبی و هورمونی باید هماهنگ باشد.

تنظیم عصبی دستگاه گوارش

اعصاب خودمختار

- اعصاب حرکتی محیطی هستند که به صورت **ناخودآگاه** فعالیت ماهیچه‌های **صاف** و غدد را کنترل می‌کنند.
- سمپاتیک (*هم‌حس*) ← باعث کاهش فعالیت دستگاه گوارش و ترشحات آن می‌شود.
- پاراسمپاتیک (*پادهم‌حس*)
  - افزایش فعالیت و حرکات دستگاه گوارش را سبب می‌شود.
  - ترشح انعکاسی بزاق با دیدن یا فکر کردن به غذا را از پل مغزی به غدد بزاقی رهبری می‌کند.

اعصاب پیکری

- سبب انقباض ماهیچه‌های دهان، حلق، ابتدای مری و بندارهٔ خارجی مخرج می‌شود.

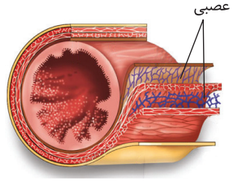
- هنگام بلع ← مرکز بلع در بصل‌النخاع، فعالیت مرکز عصبی تنفسی در نزدیک محل بلع را مهار می‌کند تا تنفس متوقف شود (*در این حالت با پایین آمدن اپی‌گلوت، غذا به مری می‌رود*).

شبکهٔ یاخته‌ای عصبی (روده‌ای)

- در دیوارهٔ لولهٔ گوارش از **مری** تا مخرج در لایه‌های زیرمخاطی و ماهیچه‌ای وجود دارد.
- تحرک و ترشح را در لولهٔ گوارش تنظیم می‌کند.
- در دهان و حلق وجود ندارد.
- در ترشح غدد موجود در لایه‌های مخاطی و زیرمخاطی لولهٔ گوارش مؤثر است.
- می‌تواند مستقل از دستگاه عصبی خودمختار فعالیت کند (*حرکت ماهیچه‌های پرز روده*).
- اعصاب خودمختار با آن‌ها در ارتباط است و بر عملکرد آن تأثیر دارد.

تنظیم عصبی فعالیت غدد

- غدد بزاقی، کبد و لوزالمعده ← توسط اعصاب خودمختار تنظیم می‌شوند.
- غدد موجود در لایهٔ مخاطی و زیرمخاطی دیوارهٔ لولهٔ گوارش ← توسط شبکهٔ عصبی یاخته‌ای تنظیم می‌شود.



«شبکه‌های یاخته‌های عصبی دستگاه عصبی روده‌ای لولهٔ گوارش»

هورمون‌های دستگاه گوارش

همراه با اعصاب، در فعالیت‌های گوارشی مؤثراند.

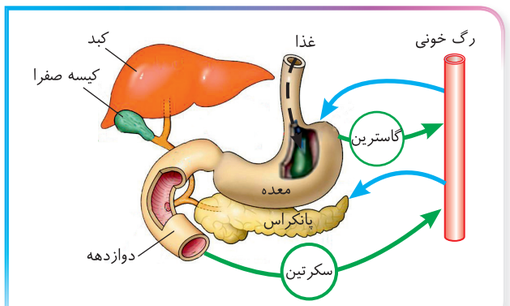
گاسترین
- از یاخته‌های درون‌ریز مجاور پیلور در غدد عمقی زیر حفرات معده توسط یاخته پوششی تولید شده و به خون می‌ریزد.
- ترشح اسید (HCL) و پپسینوژن معده را زیاد می‌کند (*روی یاخته‌های اصلی و کناری معده اثر می‌گذارد*).
- روی ترشح لیپاز معده و فاکتور داخلی نقشی ندارد.

سکرتین
- در یاخته‌های درون‌ریز دوازدهه ساخته شده و به خون می‌ریزد.
- ورود کیموس به دوازدهه سبب تولید و ترشح آن می‌شود.
- روی بخش برون‌ریز پانکراس اثر کرده و ترشح بی‌کربنات را در آن‌ها زیاد می‌کند.

اریتروپویتین
- هورمونی است که در کبد (*غدد گوارشی*) و کلیه‌ها تولید می‌شود.
- وارد خون شده و روی مغز قرمز استخوان اثر می‌کند.
- سبب تنظیم تولید گویچهٔ قرمز در مغز استخوان می‌شود.

انسولین
- از لوزالمعده به خون ترشح می‌شود.
- با افزایش نفوذپذیری یاخته‌ها به گلوکز ← گلوکز خون را پایین می‌آورد.

گلوکاگون
- از لوزالمعده به خون ترشح می‌شود.
- گلوکز خون را با تجزیه گلیکوژن بالا می‌برد.



«هورمون‌های سکرتین و گاسترین به خون می‌ریزند»

وزن مناسب

- غذاهای پرچرب و شیرین، زندگی کم‌تحرک و ژن، عوامل چاقی و افزایش وزن هستند.
- افزایش وزن احتمال ابتلا به سرطان، دیابت نوع II و سکته قلبی و مغزی در اثر بالا رفتن LDL خون را زیاد می‌کند.
- کمبود وزن سبب لاغری، کم‌خونی و کاهش استحکام استخوان می‌شود.
- نمایه توده بدنی یا BMI ، شاخص مهمی برای تعیین وزن مناسب است که از رابطه $\frac{\text{جرم } (kg)}{\text{مربع قد } (m^2)}$ حساب می‌شود که در سنین و جنس مختلف، متفاوت است.
- BMI در افراد کمتر از بیست سال، برحسب مقایسه با افراد هم‌سن و هم‌جنس مقایسه می‌شود.
- وزن هر فرد به تراکم استخوان، بافت ماهیچه‌ای و چربی بدن نیز بستگی دارد.
- ذخیرهٔ بیش از اندازهٔ چربی در کبد ← سبب بیماری کبد چرب می‌شود.



گوارش در جانداران مختلف

- باکتری‌ها و قارچ‌ها فقط گوارش برون‌یاخته‌ای دارند.

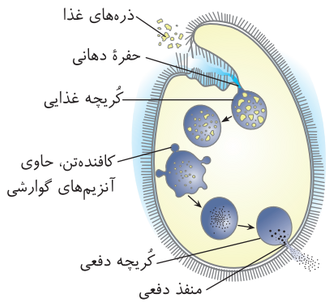
جذب از سطح یاخته یا بدن

- تک‌یاختگان از سطح یاخته هر ماده مورد نیازی را جذب می‌کنند.
- کرم کدو و پریاخته‌ای، دهان و دستگاه گوارش ندارد و از سطح بدن، مواد لازم را جذب می‌کند.

گوارش، فقط به صورت درون‌یاخته‌ای

در آغازیانی تک‌یاخته‌ای مثل پارامسی

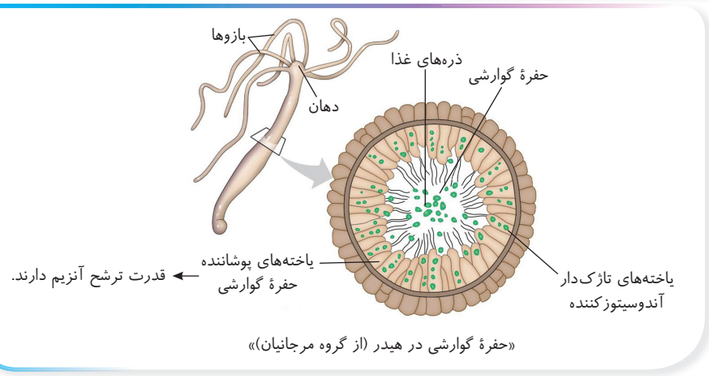
- یک یاختهٔ مژک‌دار با حفرهٔ دهان یاخته‌ای و منفذ دفعی اختصاصی دارند.
- حرکت مژک‌ها، غذا را از محیط به حفرهٔ دهانی منتقل می‌کند (*دهان ندارند*).
- در انتهای حفرهٔ دهانی، غذا به صورت واکوئول غذایی با آندوسیتوز وارد یاخته می‌شود.
- واکوئول غذایی فاقد آنزیم است و درون سیتوپلاسم حرکت می‌کند تا به لیزوزوم‌ها برسد.
- از ادغام لیزوزوم‌ها و واکوئول غذایی، واکوئول گوارشی حاوی آنزیم‌های گوارشی ایجاد می‌شود.
- مواد غذایی درون واکوئول گوارشی، تحت تأثیر آنزیم‌های لیزوزومی گوارش می‌یابند.
- مواد مفید به مصرف یاخته رسیده و از واکوئول گوارشی خارج می‌شوند.
- مواد دفعی در واکوئول باقی می‌مانند و واکوئول دفعی ایجاد می‌کنند.
- محتویات واکوئول دفعی از راه اگزوسیتوز از منفذ دفعی یاخته خارج می‌شوند.



«گوارش درون‌یاخته‌ای در پارامسی»

در جانوران پریاخته‌ای مثل اسفنج دیده می‌شود

- سامانهٔ تنظیم آب دارند.
- یاختهٔ یقه‌دار تاژک‌دار دارند.
- گوارش برون‌یاخته‌ای ندارند.



«حفرهٔ گوارشی در هیدر (از گروه مرجانیان)»

حفرهٔ (کیسه) گوارشی

- در بی‌مهرگانی مثل هیدر (*مرجان‌ها*) به صورت کیسهٔ منشعب دارای یک سوراخ ورودی و خروجی غذا وجود دارد.
- ابتدا گوارش برون‌یاخته‌ای با ترشح آنزیم در درون کیسه دارند ولی گوارش نهایی درون یاخته‌ها صورت می‌گیرد.
- یاخته‌های بیگانه‌خوار (*گوارشی*) به همراه واکوئول‌های غذایی گوارش دهنده دارند.
- در هیدر، یاخته‌های تاژک‌دار، وظیفهٔ آندوسیتوز ذرات غذایی گوارش یافته را دارند.
- در هیدر و کرم آزادزی پلاناریا نیز وجود دارد.
- گردش مواد آن‌ها نیز علاوه بر گوارش، در همین کیسه و انشعابات آن انجام می‌شود.
- گوارش برون و درون‌یاخته‌ای دارند.

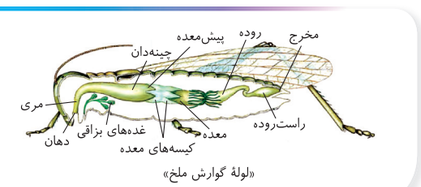
گوارش برون‌یاخته‌ای

لولهٔ گوارش «فقط گوارش برون‌یاخته‌ای دارند»

- با ایجاد مخرج، این لوله با جریان یک‌طرفهٔ غذا و بدون مخلوط شدن مواد دفعی و غذای گوارش یافته تشکیل می‌شود.
- دستگاه گوارش کامل از دهان تا مخرج دارند.
- در این جانوران غذا تا سر حد کامل و تبدیل به مونومر در لولهٔ گوارش ایجاد شده و سپس جذب یاخته‌های پوششی می‌شود.

ملخ

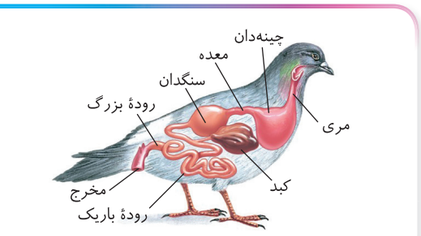
- حشرهٔ گیاه‌خوار است که شروع هضم مکانیکی را توسط آرواره‌های اطراف دهانی انجام می‌دهد.
- غدد بزاقی آن در زیر چینه‌دان واقع است که همگی در انتها ترشحات خود را با یک مجرا به دهان وارد می‌کنند.
- در انتهای مری آن، چینه‌دان حجیمی وجود دارد که علاوه بر ذخیره و نرم کردن غذا، ادامه هضم شیمیایی کربوهیدرات را انجام می‌دهد.
- بعد از چینه‌دان، بخشی کوچک با دیوارهٔ دندانه‌دار به نام پیش‌معده، هضم **مکانیکی** را ادامه می‌دهد.
- آنزیم‌های معده و کیسه‌های معده به پیش‌معده رسیده تا در پیش‌معده با هضم شیمیایی، ذرات ریز غذایی ایجاد شود.
- جذب غذای آن در معده و جذب آب در روده صورت می‌گیرد. (*دقت کنید که پیش‌معده، آنزیم گوارشی ترشح نمی‌کند.*)
- در اطراف رودهٔ آن‌ها لوله‌های مالپیگی وجود دارد که املاح، آب و اوریک اسید را وارد روده می‌کند.
- جذب آب و یون‌ها در راست‌روده انجام شده و مدفوع به همراه مادهٔ زائد نیتروژن‌دار خارج می‌شود (*ملخ سنگدان ندارد*).
- پاهای عقبی آن از پاهای جلویی بلندتر می‌باشند.



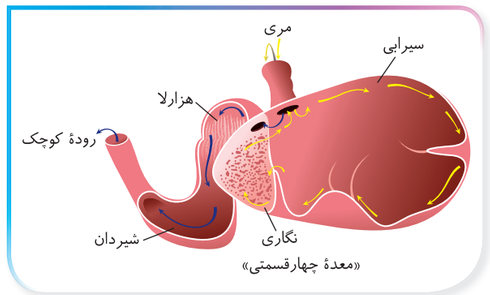
«لولهٔ گوارش ملخ»

پرندهٔ دانه‌خوار

- لولهٔ گوارشی شامل دهان ← مری ← چینه‌دان بزرگ ← معده ← سنگدان بزرگ ← رودهٔ باریک ← رودهٔ بزرگ ← مخرج دارد.
- کبد آن در زیر سنگدان قرار دارد که مواد خود را وارد رودهٔ باریک می‌کند.
- معدهٔ آن بین چینه‌دان و سنگدان قرار دارد و لوله‌ای شکل باریک است.
- نکته چینه‌دان به ذخیره و نرم کردن غذا کمک می‌کند و سبب می‌شود تا جانور با دفعات کمتر تغذیه، انرژی مورد نیاز خود را فراهم کند.
- کیسه‌های هوادار اطراف شش، قلب چهارحفره‌ای، کلیه‌های پیچیده و نسبت مغز به وزن بدن بالایی دارند.
- نکته سنگدان
  - بخش عقبی معده است.
  - ماهیچه‌ای است.
  - سنگریزه‌هایی برای هضم مکانیکی دارد.
- نکته سلولاز توسط اغلب جانوران برخلاف باکتری‌ها، ساخته نمی‌شود.
- کلیه‌هایی با توانایی بازجذب آب فراوان دارند.



«لولهٔ گوارش پرندهٔ دانه‌خوار»



- پستاندارانی مثل گاو و گوسفند هستند که **معدهٔ** چهار قسمتی دارند
  - ۱ سیرابی
    - کیسهٔ بزرگ معده برای هضم مکانیکی و شیمیایی می‌باشد.
    - دوبار غذا از مری به آن وارد می‌شود (*یک‌بار هم موقع نشخوار از نگاری به آن می‌رسد*).
    - پر از میکروب برای هضم سلولز می‌باشد.
    - درون آن، غذا به کمک میکروب‌ها، حرارت بدن، ترشح مایعات و حرکات خود سیرابی تا حدودی گوارش می‌یابد.
    - پس از نشخوار سبب مایع شدن مواد بلعیده شده می‌شود.
    - در بلع اول، مادهٔ غذایی محیط آن را طی می‌کند تا به نگاری برسد.
    - هضم میکروبی را قبل از هضم شیمیایی جانور آغاز می‌کند.
  - ۲ نگاری
    - بخش کوچک پس از سیرابی و نزدیک به مری می‌باشد.
    - همانند سیرابی، مواد غذایی پس از بلع اول و دوم از سیرابی به آن وارد می‌شود.
    - در بلع اول مسیر غذا در آن صعودی است تا به سیرابی برسد.
  - ۳ هزارلا
    - یک اتاقک لایه‌لایه برای جذب آب می‌باشد.
    - غذا، یک‌بار و پس از نشخوار از راه نگاری، وارد آن می‌شود.
    - مسیر غذا در آن نزولی است تا به شیردان برسد.
  - ۴ شیردان
    - معده واقعی و محل آنزیم‌های گوارشی جانور می‌باشد.
    - غذا، یک‌بار و پس از نشخوار از هزارلا به آن وارد می‌شود.
    - غذای هضم شده را با مسیر صعودی به رودهٔ باریک وارد می‌کند.

لولهٔ گوارش نشخوارکنندگان

- به سرعت غذا می‌خورند.
- در محیط امن و مناسب با نشخوار به جویدن کامل می‌پردازند.
- در بلع اول، غذای نیمه‌جویده را به سرعت وارد سیرابی می‌کنند.
- هضم میکروبی را در سیرابی قبل از هضم آنزیمی جانور در شیردان انجام می‌دهند.
- وجود میکروب‌ها در سیرابی آن‌ها برای گوارش سلولز الزامی است.
- به دلیل تولید متان زیاد در لولهٔ گوارش آن‌ها، در گرم شدن کرهٔ زمین مؤثرند.

دوبار بلع دارند ← دهان (*جویدن اولیه و ناکامل*) ← بلع اول (*به سرعت*) ← مری ← سیرابی ← نگاری (*هضم میکروبی*) ← گوارش نیمه‌کاره به کمک حرارت و حرکات بدن و مایعات ← استراحت جانور ← شروع نشخوار ← وارد سیرابی شده

مخرج ← رودهٔ بزرگ و راست‌روده ← رودهٔ باریک (*جذب غذا*) ← شیردان (*گوارش آنزیمی*) ← هزارلا (*جذب آب*) ← نگاری ← سیرابی (*مایع‌تر می‌شود*) ← مری ← بلع دوم ← دهان (*جویدن مجدد*) ← مری

گفتار ۱

نظریات ارسطو در مورد تنفس

- معتقد بود، نفس کشیدن باعث خنک شدن قلب می‌شود.
- نمی‌دانست که هوا مخلوطی از چند نوع گاز می‌باشد.
- ترکیب شیمیایی هوای دمی و بازدمی را یکسان می‌دانست.
- از ارتباط بین دستگاه تنفس و گردش خون اطلاع نداشت.
- از تفاوت بین خون تیره و روشن اطلاع نداشت.

انواع هوا

هوای دمی

- نسبت O_2 به CO_2 آن از هوای بازدمی بیشتر است.
- سبب روشن و پر از O_2 شدن خون تیره می‌شود.

هوای بازدمی

- نسبت CO_2 به O_2 آن از هوای دمی بیشتر است.
- CO_2 حاصل از تنفس یاخته‌ای را از بدن خارج می‌کند.
- CO_2 آن
  - آب آهک بی‌رنگ را شیری می‌کند.
  - محلول رقیق برم تیمول بلو آبی‌رنگ را زردرنگ می‌کند.

انواع خون

روشن

- نسبت O_2 به CO_2 زیادی دارد.
- در شش و ضمن تبادل گاز تنفسی ایجاد می‌شود.
- ابتدا توسط چهار سیاهرگ ششی به قلب و سپس به اندام‌ها می‌رود.

تیره

- نسبت CO_2 به O_2 زیادتری از خون روشن دارد.
- در بافت‌ها و ضمن تنفس یاخته‌ای ایجاد می‌شود.
- از قلب و از طریق دو سرخرگ ششی به شش‌ها می‌رسد.

تنفس یاخته‌ای هوازی

- فرمول آن: $ATP + H_2O + CO_2 \rightarrow ADP + P + O_2 +$ گلوکز
- سبب مصرف O_2 و تولید CO_2 می‌شود.
- ATP لازم برای فرایندهای زیستی را فراهم می‌کند.
- افزایش CO_2 تولید شدهٔ آن توسط آنزیم کربنیک انیدراز گویچهٔ قرمز با آب ترکیب شده ← کربنیک اسید می‌سازد و سپس تجزیه می‌شود ← H^+ آن (در صورت ازدیاد)
  - pH خون کاهش می‌یابد.
  - عملکرد پروتئین‌ها مختل می‌شود.
- **بسیاری** از فرایندهای یاخته‌ای را پروتئین‌ها انجام می‌دهند.
- افزایش CO_2 برای بدن خطرناک‌تر از کاهش O_2 می‌باشد.

بخش‌های دستگاه تنفس از نظر عملکرد

ویژگی کلی بخش هادی تنفس

از بینی، نای، دوتا نایژه و نایژک‌های انتهایی تشکیل شده است.
هوای ورودی را از ناخالصی‌ها مثل میکروب‌ها و ذرات گرد و غبار پاک‌سازی کرده و آن را گرم و مرطوب می‌کند.
هوا را برای مبادلهٔ گازها با خون در بخش مبادله‌ای آماده می‌کند.

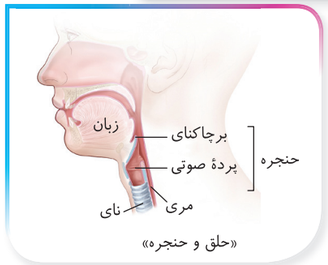
قسمت‌های مختلف

بینی

در ابتدای آن پوست **نازک** مودار وجود دارد که مانع ورود ناخالصی‌ها می‌شود.
بعد از پوست، مخاط **مژک‌دار** دارد ← ترشحات مخاطی یکی از عوامل خط اول دفاع غیراختصاصی بوده و در به دام انداختن میکروب نقش دارد.
مخاط مژک‌دار در سراسر مجرای هادی ادامه دارد.
مژک‌ها با حرکات ضربانی، ناخالصی‌ها و ترشحات مخاطی را به سوی حلق می‌رانند. سپس از حلق یا از بدن خارج شده و یا وارد دستگاه گوارش می‌شود تا شیرهٔ معده آن‌ها را از بین ببرد.
آنزیم لیزوزیم موجود در ترشحات مخاطی، در از بین بردن باکتری‌ها نقش دارد.
ترشحات مخاطی بینی، هوا را مرطوب کرده تا تبادل گازهای محلول آسان شود.
شبکه‌ای وسیع پر از رگ خونی با دیوارهٔ **نازک** دارد که بسیار آسیب‌پذیر بوده و هوای دمی را گرم می‌کند.

حلق

بخش مشترکی در دستگاه گوارش و تنفس است.
هوا از راه بینی یا دهان به گلو می‌رسد که گذرگاه دارای **ماهیچهٔ** اسکلتی برای عبور هوا و غذا می‌باشد.
در انتهای خود به دوراهی ختم می‌شود که مری در عقب و حنجره در جلو قرار دارد.
گلو به بینی، دهان، مری، نای و شیپور استاش گوش میانی ارتباط دارد.
آغازکنندهٔ حرکات کرمی در بلع غیرارادی است.
عبور غذا در آن سبب بالا رفتن زبان کوچک و پایین آمدن اپی‌گلوت می‌شود.
فاقد شبکه‌ای از یاخته‌های عصبی (*رودهای*) می‌باشد.



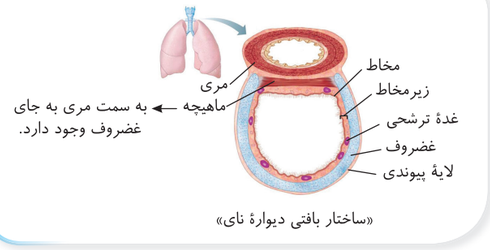
«حلق و حنجره»

حنجره

در **ابتدای** نای قرار دارد و حاوی پرده‌های صوتی می‌باشد.
دیواره غضروفی دارد ← مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد.
اپی‌گلوت یا برچاکنای دارد ← درپوشی روی مدخل نای می‌باشد که مانع ورود غذا به مجاری تنفسی می‌شود.

نای

حنجره در ابتدای آن واقع شده است.
مجرایی با حلقه‌های غضروفی C مانند است که دهانهٔ خالی C به سمت پشت یا مری می‌باشد.
غضروف C‌مانند، سبب باز نگه‌داشتن همیشگی نای می‌شود.
از داخل به خارج دارای چهار لایه مخاطی (*یاخته‌استوانه‌ای مژک‌دار*)، زیرمخاط (*پرازرگ، اعصاب و غدد ترشحی*)، لایه غضروفی ماهیچه‌ای (*منظم انعطاف‌پذیر*) و لایهٔ پیوندی خارجی می‌باشد.
نبودن غضروف در محل تماس نای به مری، سبب حرکت کرمی آسان مری و تسهیل عبور لقمه‌های درشت می‌شود.
قسمتی از آن در گردن و قسمتی در قفسهٔ سینه است ولی در شش وارد نمی‌شود.
غدهٔ تیروئید در گردن و تیموس در قفسهٔ سینه در جلوی آن قرار دارند.



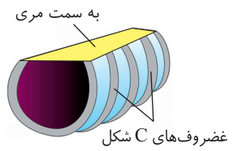
«ساختار بافتی دیوارهٔ نای»

مجاری هادی موجود در شش

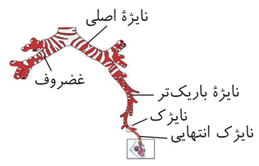
نایژه‌ها
اولین مجرایی است که کاملاً در قفسهٔ سینه واقع است.
دوتا مجرای اصلی غضروف‌دار دارد که انشعاب یافته از نای می‌باشند و هرکدام به یک شش می‌رسند.
هر نایژهٔ اصلی پس از ورود به شش، به نایژه‌های باریک‌تر تقسیم می‌شود که از مقدار غضروف آن‌ها کاسته می‌شود.

نایژک‌های انتهایی
غضروف ندارند و توان مناسب برای تنگ و گشاد شدن دارند.
هوای ورودی و خروجی به دستگاه تنفس را واپایش می‌کنند.
اولین انشعاباتی از نایژه‌های باریک می‌باشند که فاقد غضروف هستند ولی مخاط مژک‌دار دارند.

فاقد غضروف‌های C شکل هستند و بیش از یک عدد می‌باشند.



«حلقه‌های غضروفی نای»



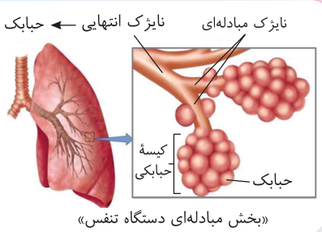
«انشعابات نای»

بخش مبادله‌ای

با حضور اجزای کوچکی به نام حبابک‌ها مشخص می‌شود.

حبابک‌هایی دارد
مخاط مژک‌دار دفاعی ندارد ← به جای آن یاخته‌های درشت‌خوار (*ماکروفاژ*) دارد
ذرات و میکروب‌های عبور کرده از مخاط را می‌بلعند.
بیگانه‌خواری و حرکت دارند.
انواع مختلف این یاخته در هر قسمت از بدن وجود دارند.
مویرگ خونی از نوع پیوسته به تعداد فراوان دارند ← ظاهر تار عنکبوتی دارد.
اجتماع حبابک‌ها را یک کیسهٔ حبابکی خوشه انگوری می‌گویند.

نایژک‌های مبادله‌ای دارد
روی خود، حبابک‌های مجزا دارند.
در انتهای خود به ساختاری شبیه خوشهٔ انگور ختم می‌شود ← هر خوشه یک کیسهٔ حبابکی از تعدادی حبابک متصل به هم می‌باشد.
آخرین قسمتی است که مخاط مژک‌دار دارد.
در حقیقت انشعابات نایژک انتهایی می‌باشند با این تفاوت که در روی و انتهای خود حبابک تنفسی دارند.



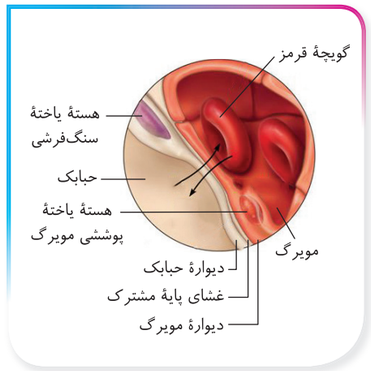
«بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس»

یاخته‌های موجود در بخش حبابک‌های تنفسی

یاخته‌های دیوارهٔ حبابکی

نوع اول
- سنگ‌فرشی یک‌لایه‌ای نازک می‌باشند ← مسئول تبادل گازهای تنفسی هستند.
- در جاهای **متعددی** با دیوارهٔ سنگ‌فرشی مویرگ خونی، غشای پایه مشترکی دارند.
- تعداد زیادی دارند.

نوع دوم
- به تعداد خیلی کمتر و با ظاهری بسیار متفاوت هستند.
- ماده‌ای به نام سورفاکتانت (*عامل سطح فعال*) ترشح می‌کنند
  - از اواخر دوران جنینی به درون حبابک‌ها ترشح می‌شود.
  - کشش سطحی آب **درون** کیسه‌های حبابکی را **کم** می‌کند.
- در نوزادان زودرس به دلیل عدم ترشح سورفاکتانت کافی، باعث زجر تنفسی می‌شوند.



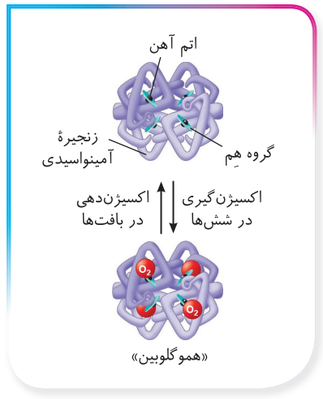
یاخته‌های مستقل
- همان بیگانه‌خوارها از نوع درشت‌خوار (*ماکروفاژها*) هستند که در سد دوم دفاع غیراختصاصی نقش دارند.
- جزء یاخته‌های دیوارهٔ حبابک طبقه‌بندی نمی‌شوند.
- مربوط به دستگاه ایمنی هستند.

حمل گازهای تنفسی در خون (در دمای بدن)

الف) به صورت محلول در پلاسما (خوناب)
- همهٔ O_2های تبادل شده ابتدا به صورت محلول با عبور از دو لایهٔ سنگ‌فرشی سادهٔ حبابکی و دیوارهٔ مویرگ وارد خون می‌شوند.
- طی تنفس هوازی، مقداری CO_2 تولید می‌شود که همهٔ آن‌ها ابتدا به صورت محلول از بافت‌ها و آب میان‌بافتی وارد پلاسما (*خوناب*) می‌شوند.
- مقدار بسیار کمی (۳٪) اکسیژن‌های وارد شده به خون به صورت محلول در خوناب باقی می‌مانند.
- مقدار کمی (۷٪) CO_2های وارد شده از بافت به خون به صورت محلول در خوناب به شش‌ها منتقل می‌شوند.

  این دو مادهٔ محلول، فشار اسمزی خوناب را **کمی** بالا می‌برند.

ب) به صورت ترکیب با هموگلوبین
- هموگلوبین درون گویچهٔ قرمز وجود دارد و از چهار رشتهٔ پلی‌پپتیدی (*از دو نوع*) ایجاد شده است ← هر رشتهٔ آن
  - یک گروه غیرپروتئینی **هِم** دارد.
  - هر هِم آن یک اتم آهن دارد.
  - هر آهن به‌طور برگشت‌پذیر به یک مولکول O_2 متصل می‌شود.
- مهم‌ترین عامل در پیوستگی هموگلوبین با گازهای تنفسی، غلظت گازهای تنفسی در خون می‌باشد.
- در حالت طبیعی بیشتر انتقال O_2 در خون و مقداری از انتقال CO_2 خون به صورت ترکیب با هموگلوبین صورت می‌گیرد (Hb = *هموگلوبین*).
  - در مجاورت بافت
    - O_2 از هموگلوبین جدا می‌شود تا به بافت برسد. ($O_2 + Hb \leftarrow HbO_2$)
    - CO_2 به هموگلوبین می‌پیوندد تا به سمت شش‌ها منتقل شود. ($HbCO_2 \leftarrow CO_2 + Hb$)
  - در مجاورت شش
    - O_2 به هموگلوبین می‌پیوندد تا به سمت بافت‌ها برود. ($HbO_2 \leftarrow Hb + O_2$)
    - CO_2 از هموگلوبین جدا می‌شود تا با بازدم خارج شود. ($CO_2 + Hb \leftarrow HbCO_2$)



ج) یون بیکربنات
- بیشترین انتقال CO_2 را در خون انجام می‌دهد ← در شش‌ها CO_2 از بیکربنات جدا شده و با بازدم خارج می‌شود.
- آنزیم کربنیک انیدراز گویچهٔ قرمز ← بیشترین مقدار CO_2 خون را به صورت محلول با آب ترکیب می‌کند ← H_2CO_3 در خون‌بهر (*گویچهٔ قرمز*) تشکیل می‌شود ← (به سرعت در گویچهٔ قرمز تجزیه می‌شود)
  - H^+
  - HCO_3^- ← به خوناب می‌رود ← برای دفع CO_2 به شش‌ها می‌رسد.

گاز کربن مونواکسید
- قدرت اتصال به جایگاه اکسیژن در هموگلوبین دارد.
- اتصال آن برخلاف اتصال O_2 و CO_2 به هموگلوبین، از نوع پایدار می‌باشد و به آسانی جدا نمی‌شود.
- با اتصال به هموگلوبین ← مقدار اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها کم می‌شود ← با کاهش تنفس هوازی، تولید ATP را کم می‌کند.
- می‌تواند سبب مرگ شود ← به آن مسمومیت گازگرفتگی می‌گویند.
- در زنجیرهٔ انتقال الکترون میتوکندری مانع رسیدن الکترون به اکسیژن می‌شود ← امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن را زیاد می‌کند.
- در دود خودروها و مواد آلاینده زیاد است.

گفتار ۲

شش‌ها

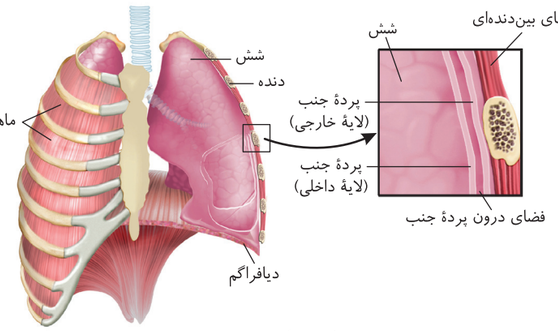
دو عدد می‌باشند که درون قفسهٔ سینه و بالای دیافراگم قرار دارند که شش چپ دوقسمتی است و از شش راست سه‌قسمتی، قدری کوچک‌تر است.

اجزای شش

- شامل نایژه‌ها، نایژک‌ها، کیسه‌های حبابکی و رگ‌ها می‌باشد.
- اجزای درون آن از بیرون توسط یک بافت پیوندی احاطه شده‌اند.
- بیشتر حجم شش کیسه‌های حبابکی (*هوایی*) هستند که ساختار اسفنج گونه‌ای دارند.
- اطراف هر کیسهٔ حبابکی و هر حبابک، مویرگ‌های فراوانی مانند تار عنکبوت برای تبادل گاز تنفسی وجود دارد.
- بخشی از نایژهٔ اصلی، نایژه‌های باریک‌تر، نایژک‌های انتهایی و مبادله‌ای همه در ساختار هر شش به عنوان مجاری منشعب وجود دارند.

پرده‌های جنب

- هر شش توسط یک لایه از پرده‌ای دولایه‌ای به نام پردهٔ جنب احاطه شده است که شش‌ها را به قفسهٔ سینه متصل می‌کنند.
- یک پردهٔ جنب روی شش‌ها و یکی به سطح درونی قفسهٔ سینه متصل است که فضای اندک بین آن‌ها را مایعی به نام مایع جنب پر کرده است.
- فشار مایع جنب **هموا**ره از فشار جو **کمتر** می‌باشد به همین دلیل به‌جز در حالت سوراخ شدن قفسهٔ سینه، در سایر حالات حتی در بازدم عمیق نیز، شش‌ها نیمه‌باز بوده و خالی از هوا نمی‌شوند.



«شش‌ها و قفسهٔ سینه»

دو ویژگی مهم شش‌ها

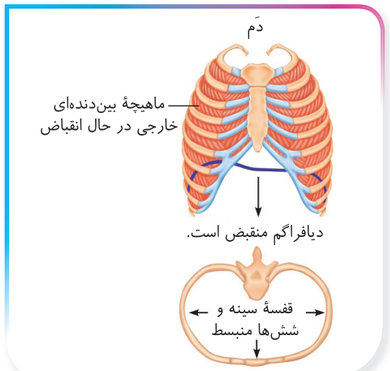
پیروی از حرکات قفسهٔ سینه

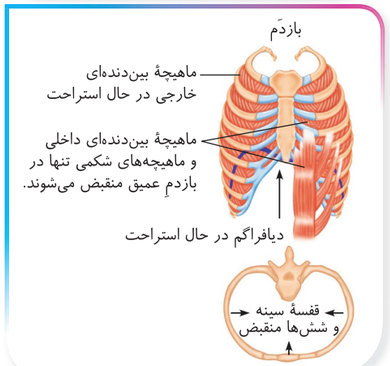
در هنگام دم ← انبساط و بزرگ شدن قفسهٔ سینه ← انبساط و باز شدن شش‌ها ← فاصله گرفتن دو پردهٔ جنب از هم ← کاهش فشار هوای درون شش‌ها و مایع جنب ← کشیده شدن هوای بیرون به درون شش‌ها

در هنگام بازدم عمیق ← استراحت ماهیچه‌های دمی و انقباض ماهیچه‌های بازدمی ← فشار قفسهٔ سینه به داخل ← فشار هوای شش‌ها زیاد شده ← هوای آن‌ها خارج می‌شود.

خاصیت کشسانی شش‌ها

در هنگام بازدم ← مقاومت در برابر کشیدگی شش‌ها ← برگشت شش‌ها به حالت اولیه ← افزایش فشار هوای شش‌ها و مایع جنب ← خروج هوا از شش‌ها به محیط





مکانیسم دم و بازدم

دم

فرایندی **فعال** است که در اثر افزایش حجم قفسهٔ سینه رخ می‌دهد ← انواع دم:

- **دم عادی**
  - انقباض دیافراگم و مسطح شدن آن رخ می‌دهد ← عامل اصلی دم **عادی** می‌باشد.
  - انقباض ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی
    - دنده‌ها را به خارج و بالا می‌برد.
    - جناغ را به جلو می‌برد.
  - فشار درون شش‌ها کاهش می‌یابد.
- **دم عمیق**
  - علاوه بر عوامل دم عادی، انقباض ماهیچه‌های **گردنی** نیز حجم قفسهٔ سینه را بیشتر می‌کنند.
  - کمترین فشار هوا در درون شش‌ها وجود دارد.

بازدم

- بازدم عادی ← در اثر رفع انقباض و با به استراحت درآمدن دیافراگم (*گنبدی شکل*) و ماهیچهٔ بین‌دنده‌ای خارجی و بر اثر خاصیت کشسانی شش‌ها رخ می‌دهد.
- بازدم عمیق
  - عوامل بازدم عادی در آن مؤثر است.
  - انقباض ماهیچهٔ بین‌دنده‌ای **داخلی** و ماهیچه‌های **شکمی** صورت می‌گیرد.
  - بیشترین فشار مایع جنب و هوای درون شش وجود دارد.

حجم‌های تنفسی

- با دستگاه دم‌سنج (*اسپیرومتر*) هوای ورودی یا خروجی از شش‌ها را اندازه می‌گیرند که به نمودار آن دم‌نگاره (*اسپیروگرام*) می‌گویند.
- تحلیل اسپیروگرام (*دم‌نگاره*) در تشخیص درست بیماری‌های ششی کاربرد دارد.
- هر حجم تنفسی فقط شامل یک هوا در دم یا بازدم می‌باشد.

حجم هوای جاری
- هوایی حدود ۵۰۰ میلی‌لیتر است که در دم عادی **یا** بازدم عادی در شش‌ها وارد یا خارج می‌شود.

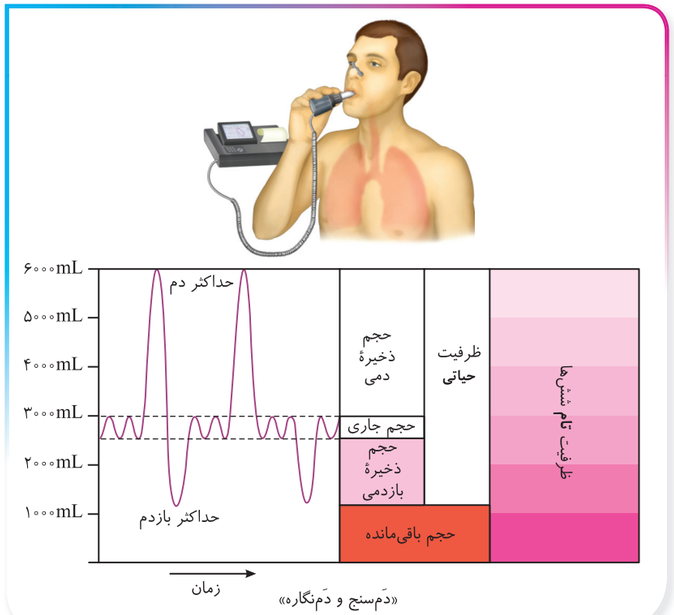
حجم هوای ذخیرهٔ دمی
- هوایی که پس از دم معمولی، می‌توانیم با دم عمیق و انقباض ماهیچه‌های **گردنی** به شش‌ها وارد کنیم (*حدود ۳۰۰۰ میلی‌لیتر*).

حجم هوای ذخیرهٔ بازدمی
- هوایی که پس از یک بازدم معمولی، می‌توان با انقباض ماهیچه‌های شکمی و بین‌دنده‌ای داخلی، طی بازدم عمیق از شش‌ها خارج کرد (*حدود ۱۵۰۰ میلی‌لیتر*).

حجم هوای مرده
- هوایی حدود ۱۵۰ میلی‌لیتر که بخشی از هوای جاری دمی بوده که در بخش **هادی** تنفسی باقی می‌ماند و به بخش مبادله‌ای شش‌ها نمی‌رسد.
- در بخش مبادله‌ای تنفس وجود ندارد و مقدار آن در هر نفس ثابت است.

حجم هوای باقی‌مانده
- هوایی حدود ۱۰۰۰ میلی‌لیتر است که حتی با بازدم عمیق هم از شش‌ها خارج نمی‌شود.
- وجود آن به دلیل کمتر بودن فشار مایع جنب از فشار هوای جو می‌باشد.
- حبابک‌ها را **همواره** باز نگه می‌دارد.
- تبادل گازها را در فاصلهٔ **بین دو تنفس** ممکن می‌کند.
- در اثر ایجاد سوراخ در قفسهٔ سینه خارج می‌شود.

- مقدار هر حجم تنفسی در فرد سالم، به سن و جنس او بستگی دارد.



«دَم‌سنج و دَم‌نگاره»

ظرفیت‌های تنفسی

- مجموعه دو یا چند حجم از هواهای موجود در حجم تنفسی می‌باشد.

ظرفیت حیاتی
- مقدار هوایی که پس از یک دم عمیق، می‌توانیم با یک بازدم عمیق از شش‌ها خارج کنیم.
- مجموعه هوای جاری، ذخیرهٔ دمی و ذخیرهٔ بازدمی می‌باشد که حدود ۵۰۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد.

ظرفیت تام
- ظرفیت شش‌های افراد مختلف، متفاوت می‌باشد.
- کل هوای درون شش‌ها، پس از عمل دم عمیق می‌باشد.
- حدود ۶۰۰۰ میلی‌لیتر معادل مجموع ظرفیت حیاتی و هوای باقی‌مانده می‌باشد.

ظرفیت کل دستگاه تنفس
- مجموعه ظرفیت تام شش‌ها و ۱۵۰ سی‌سی هوای مرده در بخش هادی تنفسی می‌باشد.

هواهای تنفسی در دقیقه

حجم تنفسی در دقیقه
- هوای جاری (۵۰۰cc) × تعداد تنفس در دقیقه

حجم هوای مرده در دقیقه
- هوای مرده (۱۵۰cc) × تعداد تنفس در دقیقه

حجم هوای مبادله شده در دقیقه
- تفاضل حجم تنفسی از حجم هوای مرده در دقیقه می‌باشد. (*هرچه این حجم بالاتر باشد، تنفس بهینه‌تر می‌باشد.*)

تکلم

- چین‌خوردگی‌های **مخاط حنجره** به سمت داخل سبب ایجاد پرده‌های صوتی شده است.
- هوای بازدمی، سبب ارتعاش پرده‌های صوتی شده که این پرده‌ها، تولید صدا می‌کنند.
- واژه‌سازی به وسیلهٔ لب‌ها و دهان (*زبان و دندان‌ها*) صورت می‌گیرد.

ورود ذرات خارجی یا گازهای مضر به مجاری تنفسی

محرک

سرفه
- خروج هوای پرفشار از **دهان** می‌باشد.
- زبان کوچک به **بالا** رفته، راه بینی را می‌بندد.
- در افراد سیگاری که یاخته‌های مژه‌دار از بین رفته‌اند
  - با سرفه مواد خارجی را خارج می‌کنند.
  - سرفه‌های مکرر دارند.

عطسه
- خروج هوای پرفشار از **بینی** یا **دهان** می‌باشد.
- زبان کوچک **پایین** می‌آید، راه بینی باز می‌شود.

گفتار ۳ تنفس و تبادلات گازی در جانداران مختلف

عوامل مؤثر در تنظیم تنفس

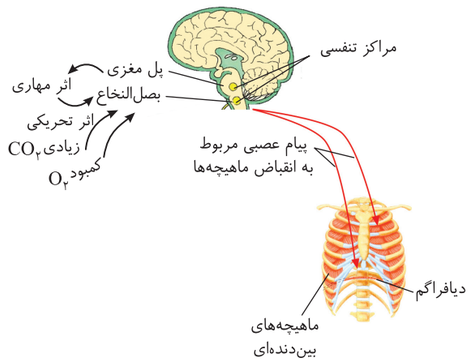
در ابتدا دقت کنید که ماهیچه‌ها برای به انقباض درآمدن به تحریک عصبی نیاز دارند ولی برای به استراحت درآمدن نیازی به پیام عصبی ندارند.

مراکز عصبی تنفس

- **بصل‌النخاع (مرکز پایینی)**
  - دستور حرکتی شروع عمل دم برای انقباض دیافراگم و بین‌دنده‌ای خارجی را می‌دهد.
  - تحریک آن سبب افزایش آهنگ تنفسی می‌شود.
- **پل مغزی (مرکز بالایی)**
  - با اثر بر مرکز تنفسی در بصل‌النخاع، سبب خاتمه عمل دم می‌شود.
  - مدت زمان دم و لحظهٔ توقف آن را تنظیم می‌کند.
  - در حقیقت در شرایطی پل مغزی به بصل‌النخاع پیام می‌دهد تا دم را متوقف کند. ← بصل‌النخاع نیز پیامی به ماهیچه‌های دمی نمی‌دهد ← این ماهیچه‌ها به استراحت درمی‌آیند و دم خاتمه می‌یابد.
- **در هنگام بلع**
  - ورود غذا به حلق ← مرکز عصبی بلع در بصل‌النخاع فعالیت مرکز تنفسی بصل‌النخاع را متوقف می‌کند.

عوامل شیمیایی مؤثر در آهنگ تنفس

زیادی CO_2 خون و کاهش O_2 خون با اثر نهایی بر بصل‌النخاع، سبب انقباض دیافراگم و ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی برای عمل دم می‌شود.

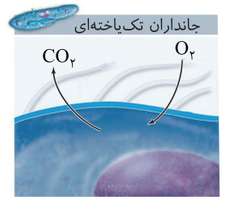


«تنظیم عصبی تنفس»

تنفس و تبادلات گازی در جانداران مختلف

تک‌یاخته‌ای‌ها و جانوران پریاخته‌ای مثل اسفنج‌ها، مرجان‌ها (*هیدر*) و کرم پهن (*مثل کرم کبد*)

- یاخته‌ها، مستقیماً با محیط به تبادل گاز تنفسی می‌پردازند.
- ساختار ویژه تنفسی ندارند.
- سطح یاخته و محیط زیست مرطوب نیاز دارند.



«تنفس از طریق انتشار در تک‌یاخته‌ای‌ها و هیدر»

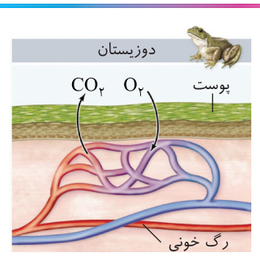
ساختارهای ویژه تنفسی

۱ تنفس نایدیسی

- در بی‌مهرگان خشکی‌زی مثل حشرات وجود دارد.
- دستگاه گردش مواد آن‌ها نقشی در انتقال گاز تنفسی ندارد.
- لوله‌های منشعب و مرتبط به هم دارند که از طریق منافذ تنفسی به سطح بدن راه دارند.
- انشعابات انتهایی نایدیس‌ها در کنار **تمام** یاخته‌های بدن قرار می‌گیرند و بن‌بست می‌باشند.
- مایع درون انشعابات انتهایی لوله‌ها، سبب تبادلات گازی با یاخته‌ها می‌شوند.
- گازهای تنفسی وارد همولنف جانور نمی‌شوند. چون با انتشار بین نایدیس و یاخته‌ها تبادل خواهند شد.
- خون تیره و روشن و انتقال گاز تنفسی در سیستم گردش خون باز آن‌ها وجود ندارد.
- لوله‌های متصل به منافذ ابتدای نایدیس به هم متصلند و انشعابات از زیر آن‌ها شروع می‌شوند.

۲ تنفس پوستی

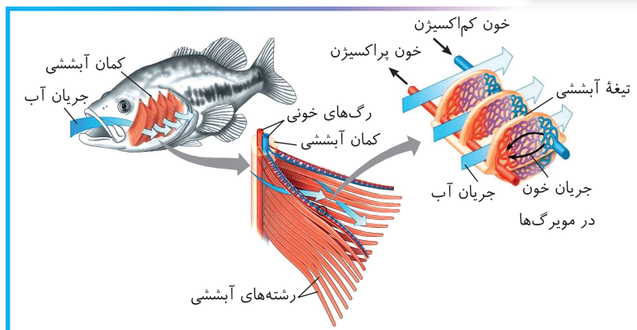
- **در کرم خاکی**
  - بی‌مهره‌ای با گردش خون **بسته** است که در محیط **مرطوب** زندگی می‌کند.
  - پوستی دارای شبکهٔ مویرگی **زیرپوستی** فراوان دارد.
  - گازها را با هوای درون فضاهای خالی بین ذرات خاک تبادل می‌کند.
- **در دوزیستان**
  - تبادلات گازی را از راه پوست نیز انجام می‌دهند.
  - پوست دوزیست ساده‌ترین ساختار تنفسی در **مهره‌داران** می‌باشد.
  - قورباغه‌ها، شبکهٔ مویرگی زیرپوستی **یگنواخت** و وسیع برای تبادل گاز دارند.



«تنفس پوستی»

۳ تنفس آبششی

- **ساده‌ترین نوع (پراکنده)**
  - آبشش در ستارهٔ دریایی است (*جانور مورد مطالعه ایلیا مچنیکو*)
  - برجستگی‌های کوچک و پراکنده **پوستی** هستند.
  - کانال حاوی مایعات در زیر برجستگی‌ها به هم راه دارد.
- **آبشش‌های متمرکز**
  - در نواحی خاصی از بدن (*اغلب دو طرف سر*) قرار دارند.
  - ماهیان و نوزاد دوزیستان آبشش دارند ← آبشش آن‌ها رشته‌ها و کمان آبششی دارد.
  - جهتِ حرکتِ خون در مویرگ‌ها و عبور آب در اطراف تیغه‌های آبششی برخلاف یکدیگر می‌باشد.
  - رشته‌های آبششی در کمان آبششی با طول تقریباً یکسان قرار گرفته‌اند (*آب از دهان به آن‌ها وارد می‌شود*).
  - به کمان آبششی دو سرخرگ پشتی و شکمی متصل است.
  - دو طرف تیغه‌ها مویرگ‌های آبششی برای تبادل گازها وجود دارند.



«تنفس آبششی در ماهی»

۴ تنفس ششی

در برخی نرم‌تنان (*برخ‌مصره مثل حلزون*)، شش وجود دارد.
مهره‌داران خشکی‌زی دارای شش می‌باشند.
بیشتر جانوران با **سازوکار تهویه‌ای**، جریان پیوسته از هوای تازه را در مجاورت سطح تنفسی ششی خود قرار می‌دهند.

انواع سازوکار تهویه‌ای مهره‌داران

پمپ فشار مثبت

در دوزیستان مثل قورباغه دیده می‌شود.
هوا را با فشار از حفرهٔ دهانی وارد شش‌ها می‌کنند.
قورباغه‌ها با بینی باز، هوا را در حفرهٔ دهانی خود جمع می‌کنند ← در این حالت شش‌ها کوچک هستند.
قورباغه‌ها با بینی بسته، به کمک ماهیچه‌های دهان و حلق، هوا را پرفشار و با قورت دادن وارد شش‌ها می‌کنند.



«پمپ فشار مثبت در قورباغه»

پمپ فشار منفی و تنفس پرندگان

در انسان دیده می‌شود که ابتدا شش‌ها باز شده و با فشار منفی و مکش، هوای جو را به درون خود می‌کشند.
پرندگان به دلیل پرواز انرژی بیشتری از سایر مهره‌داران مصرف می‌کنند و اکسیژن بیشتری نیاز دارند.
پرندگان علاوه بر شش‌ها، دارای ۹ عدد کیسهٔ هوادار در خارج شش‌ها برای ذخیرهٔ هوا می‌باشند.
کیسه‌های هوادار، کارایی تنفس پرنده را نسبت به پستاندار بالا می‌برند. این کیسه‌ها به شش متصلند.



«دستگاه تنفسی در پرندگان»

نکات شش گوسفند

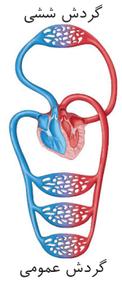
همانند شش‌های انسان، در سمت راست بزرگ‌تر و دارای سه لوب ولی شش چپ کوچک‌تر و دارای دو لوب می‌باشد.
در نای این جانور، قبل از دو نایژهٔ اصلی، یک انشعاب سوم هم مشاهده می‌شود که به شش راست می‌رود.
در نایژه برخلاف نای، غضروف‌های C‌مانند وجود ندارد.
غضروف‌های نایژه‌ای ابتدا به صورت حلقهٔ کامل و سپس به صورت قطعه‌قطعه می‌باشد.
درون شش:
- نایژه‌ها به دلیل وجود غضروف، در مقایسه با رگ‌های خونی لبهٔ زبری دارند.
- سرخرگ‌ها دیوارهٔ محکم‌تری نسبت به سیاهرگ‌ها دارند و دهانهٔ همیشه باز دارند.
- دهانهٔ سیاهرگ‌ها در نبود خون، به دلیل استحکام کمتر، بسته می‌شوند.

گفتار ۱ گردش مواد در بدن

انواع گردش خون انسان

گردش عمومی
هدف: انتقال خون در سراسر بدن می‌باشد.
مسیر: **بطن چپ** ← خون روشن ← سرخرگ آئورت ← سراسر بدن ← (تبادل) ← خون تیره ← بزرگ سیاهرگ‌های زیرین و زبرین ← **دهلیز راست**

گردش ششی
هدف: تصفیه خون در شش‌ها می‌باشد و خون آن از قفسهٔ سینه خارج نمی‌شود.
مسیر: **بطن راست** ← خون تیره ← سرخرگ ششی ← شش‌ها ← (تبادل) ← خون روشن ← چهار سیاهرگ ششی ← **دهلیز چپ**
سرخرگ ششی که به سمت شش سمت راست می‌رود از زیر قوس آئورت عبور می‌کند.


گردش ششی
گردش عمومی
«گردش خون عمومی و ششی»

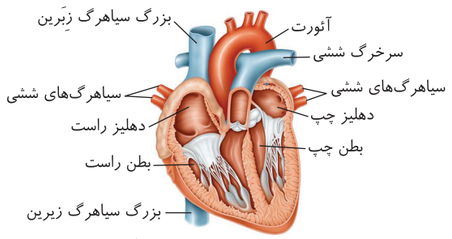
حفرات قلب

دهلیز راست
خون تیره را از دو بزرگ سیاهرگ زیرین و زبرین و سیاهرگ اکلیلی دریافت می‌کند.
خون خود را در هنگام استراحت عمومی و انقباض دهلیزها، از راه دریچهٔ سه‌لختی به بطن راست می‌دهد.
در دیوارهٔ پشتی خود دو گرهٔ سینوسی دهلیزی و دهلیزی بطنی دارد.
حاوی مسیرهای بین‌گرهی می‌باشد.

دهلیز چپ
خون روشن را از چهار سیاهرگ ششی گرفته و توسط دریچهٔ دولختی (*میترال*) به بطن چپ می‌دهد.
دسته تارهای دهلیزی متصل به گرهٔ سینوسی دهلیزی در آن قرار دارد.

بطن راست
خون تیره را از طریق دریچهٔ سه‌لختی از دهلیز راست می‌گیرد.
خون تیره را با انقباض خود از طریق دریچهٔ سینی ششی وارد سرخرگ ششی می‌کند.

بطن چپ
خون روشن را از طریق دریچهٔ دولختی از دهلیز چپ می‌گیرد.
قطورترین ماهیچه را دارد و انقباض آن خون را در بدن پخش می‌کند.
خون روشن را از طریق دریچهٔ سینی آئورتی وارد سرخرگ آئورت می‌کند.



«بخش‌های قلب و رگ‌های متصل به آن»

تأمین اکسیژن و مواد مغذی ماهیچه قلب
خون درون حفرات قلب نمی‌تواند **همهٔ** نیازهای تنفسی و غذایی قلب را برآورده کند.
ماهیچه قلب از سرخرگ**های** اکلیلی (*کرونری*) که از آئورت منشعب شده‌اند، غذا و O_2 می‌گیرد.
خون تیره تبادل شده در یاخته‌های قلبی با هم یکی شده و توسط **یک** سیاهرگ کرونری (*اکلیلی*) به دهلیز **راست** می‌ریزد.
بسته شدن سرخرگ‌های اکلیلی توسط لخته یا سخت شدن دیوارهٔ آن‌ها با رسوب کلسترول *LDL* یا... (*تصلب شرایین*) ← نرسیدن O_2 به ماهیچه قلب ← سکته یا حمله قلبی
دو ورودی سرخرگ اکلیلی بالای دریچهٔ سینی، در ابتدای سرخرگ آئورت می‌باشد.

دریچه‌های قلب
سبب یک‌طرفه شدن جریان خون در قلب یا خروج از قلب می‌شوند.
دریچه‌های قلبی بافت **پوششی** چین‌خورده هستند که **بافت پیوندی** سبب استحکام آن‌ها می‌شود.
این دریچه‌ها فاقد بافت ماهیچه‌ای هستند و فقط با **تفاوت فشار جریان خون** دو طرف آن‌ها و ساختار خاص خود، باز و بسته می‌شوند.
دریچه‌های قلبی توسط بافت پیوندی **رشته‌ای** به استحکام می‌رسند ولی جنس خود دریچه از بافت پوششی می‌باشد.
دریچه‌ها از جنس بافت پوششی ولی بنداره‌ها از جنس بافت ماهیچه‌ای و حلقوی‌شکل می‌باشند.

انواع دریچه‌ها در قلب

دریچه‌های دهلیزی بطنی
سمت چپ ← دریچه دولختی (*میترال*)
- از دو قطعه آویخته شده است.
- در هنگام انقباض بطن‌ها، مانع بازگشت خون روشن به دهلیز چپ می‌شود.

سمت راست ← دریچه سه‌لختی
- در هنگام انقباض بطن‌ها، مانع برگشت خون تیره به دهلیز راست می‌شود.
- بین دهلیز و بطن راست قرار دارد و از سه قطعه آویخته شده است.
- در جلوی گرهٔ دهلیزی بطنی قرار دارد و بزرگ‌ترین دریچه می‌باشد.

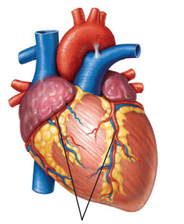
بسته شدن آن‌ها در ابتدای انقباض بطن‌ها سبب ایجاد صدای اول قلب می‌شود.

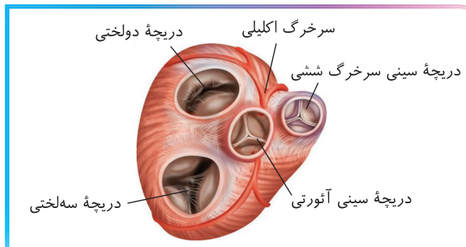
دریچه‌های سرخرگی (سینی‌ها)
سینی آئورتی
- در ابتدای سرخرگ آئورت می‌باشد.
- در استراحت بطن‌ها، مانع برگشت خون روشن به بطن چپ می‌شود.

سینی ششی
- در ابتدای سرخرگ ششی می‌باشد و کوچک‌ترین دریچه می‌باشد.
- در استراحت بطن‌ها، مانع برگشت خون تیره از سرخرگ ششی به بطن راست می‌شود.

همگی سه‌قسمتی هستند.
بسته شدن آن‌ها در ابتدای مرحلهٔ استراحت عمومی، سبب ایجاد صدای دوم قلب می‌شود.

طبق شکل مقابل دریچهٔ سینی ششی به سینی آئورتی نزدیک‌تر از دریچه‌های دهلیزی بطنی می‌باشد.
طبق شکل مقابل در بین دریچه‌های سینی، دریچهٔ سینی آئورتی به دریچه‌های دهلیزی بطنی نزدیک‌تر می‌باشد.


سرخرگ و سیاهرگ اکلیلی
«رگ‌های اکلیلی قلب»



«دریچه‌های قلب»

صداهای قلبی

با قرار دادن گوشی پزشکی یا گوش معمولی روی سمت چپ قفسهٔ سینه قابل شنیدن می‌باشد.
این صداها مربوط به **بسته** شدن دریچه‌ها می‌باشد که نوع صدا و نظم آن‌ها برای پزشک، بسیار معنادار است.

صداهای طبیعی قلب

صدای اول

صدایی قوی، گنگ، کشیده و طولانی‌تر از صدای دوم به حالت صدای **پووم** می‌باشد.
در اثر بسته شدن دریچه‌های دو و سه‌لختی در ابتدای انقباض بطن‌ها شنیده می‌شود.
نزدیک به ثبت موج QRS می‌باشد که هنوز بطن‌ها پرخون هستند.
بعد از شنیدن این صدا، دریچه‌های سینی باز شده و خون از بطن‌ها خارج می‌شود.

صدای دوم

صدایی واضح‌تر و کوتاه‌تر از صدای اول و به حالت صدای تاک می‌باشد.
در اثر بسته شدن دریچه‌های سینی در شروع مرحلهٔ استراحت عمومی شنیده می‌شود.
هم‌زمان با پایان ثبت موج T می‌باشد که بطن‌ها کم‌خون شده‌اند.
نیروی برگشت خون سرخرگ‌های متصل به قلب به سمت بطن، سبب ایجاد آن می‌شود.
بعد از شنیدن این صدا، دریچه‌های دهلیزی بطنی باز شده و خون جمع شده در حفرهٔ دهلیزها وارد بطن‌ها می‌شود.

صداهای غیرعادی قلب

در برخی بیماری‌ها ایجاد می‌شوند.
اختلال در ساختار دریچه‌ها و بزرگ شدن قلب از علل ایجاد آن‌ها است.
نقایص مادرزادی مثل کامل نشدن دیوارهٔ میانی حفره‌های قلب می‌تواند سبب آن شود.

ساختار بافتی در قلب

لایهٔ خارجی

دو لایه حاوی بافت پیوندی رشته‌ای و پوششی سنگ‌فرشی دارد.

- لایه خارجی (*پیراشامه*)
  - در اثر برگشتن برون‌شامه روی خودش ایجاد شده است.
  - از خارج توسط بافت پیوندی رشته‌ای ضخیم به قفسهٔ سینه متصل است.
  - از داخل توسط بافت پوششی نازک خود با مایع آبشامه‌ای در تماس است.
- لایه داخلی (*برون‌شامه*)
  - از داخل توسط بافت پیوندی به بافت ماهیچه‌ای قلب متصل است.
  - از خارج توسط بافت پوششی سنگ‌فرشی خود با مایع (*آبشامه‌ای*) در تماس می‌باشد.
- بین پیراشامه و برون‌شامه، فضای حاوی مایع برای حفاظت و کمک به حرکت روان قلب وجود دارد.

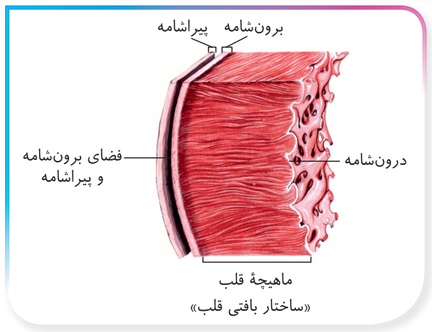
ماهیچه قلب

ضخیم‌ترین لایه دیوارهٔ قلب می‌باشد.
بیشتر از یاخته‌های بافت ماهیچه قلبی تشکیل شده است ← اغلب تک‌هسته‌ای و برخی دوهسته‌ای به همراه صفحات بینابینی ارتباطی می‌باشند.
بین یاخته‌های ماهیچه‌ای آن بافت پیوندی رشته‌ای (*مترآکم*) وجود دارد.

پیوندی

پیوندی رشته‌ای بین یاخته‌های میوکاردی است.
رشته‌های کلاژن **ضخیم** دارد.
بسیاری از یاخته‌های ماهیچه‌ای به کلاژن ضخیم این بافت چسبیده است.
باعث استحکام دریچه‌های قلبی می‌شود.

رشته‌های عصبی **خودمختار** نیز در بین یاخته‌های لایهٔ ماهیچه‌ای قرار دارد چون تنظیم قلب به این اعصاب نیز وابسته است.



«ساختار بافتی قلب»

سطح داخلی حفره‌های قلبی (درون‌شامه)

لایه نازکی سنگ‌فرشی ساده به نام درون‌شامه دارد.
در تماس با خون حفرات قلبی می‌باشد.
در تشکیل بافت پوششی دریچه‌های قلبی مؤثر است.
توسط یک لایهٔ پیوندی به ماهیچهٔ قلب از خارج وصل می‌شود (*این لایهٔ پیوندی جزئی از درون‌شامه نمی‌باشد*).

انواع بافت‌های اصلی در ساختار لایه‌های قلب

لایهٔ خارجی

بافت پیوندی رشته‌ای دارد.
بافت پوششی سنگ‌فرشی دارد.

ماهیچهٔ قلب

بافت ماهیچهٔ قلبی دارد.
بافت پیوندی رشته‌ای دارد.
بافت عصبی دارد.

درون‌شامه

فقط بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده دارد.

ساختار ماهیچه‌ای در قلب

ویژگی کلی یاخته‌های ماهیچه‌ای در قلب

- ترکیبی از ویژگی‌های ماهیچه صاف و اسکلتی را دارند.
- همانند ماهیچه اسکلتی، ظاهری مخطط با واحدهای انقباضی منظم و خطوط تیره و روشن دارند.
- انقباض آن‌ها همانند ماهیچه صاف، غیرارادی و تحت کنترل اعصاب **خودمختار** می‌باشد.
- یاخته‌های آن‌ها بیشتر تک‌هسته‌ای و تعدادی نیز دوهسته‌ای می‌باشند.
- بین یاخته‌ها، از راه صفحات بینابینی (*درهم رفته*) ارتباط یاخته‌ای وجود دارد.
- صفحات بینابینی سبب انتقال پیام انقباض و استراحت این یاخته‌ها به همدیگر می‌شود ← قلب مانند یک تودهٔ یاخته عمل می‌کند.
- در محل ارتباط دهلیزها به بطن‌ها، بافت **پیوندی عایق** وجود دارد تا پیام الکتریکی فقط از بافت ماهیچه‌ای **گرهی** یا شبکهٔ هادی قلب منتقل شود ← سبب عدم انقباض هم‌زمان دهلیزها و بطن‌ها می‌شود.

انواع کارایی یاخته‌های ماهیچه‌ای در قلب

یاخته‌های انقباضی غیرگرهی

- بیشتر یاخته‌های قلب را شامل می‌شوند.
- قدرت تولید پیام الکتریکی و زنش خودکار ندارند.
- تحت فرمان بافت گرهی قلب، به‌طور منظم منقبض می‌شوند.
- شدت فعالیت آن‌ها تحت کنترل اعصاب سمپاتیک (*خودمختار*) زیاد می‌شود.

شبکهٔ هادی قلب

- تعداد کمی از یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب را شامل می‌شوند.
- برای تحریک طبیعی قلب، اختصاص و تمایز یافته‌اند.
- به صورت شبکه‌ای از رشته‌ها و گره‌های ماهیچه‌ای در بین یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب معمولی قرار دارند.
- به کل رشته‌ها و گره‌های آن‌ها، شبکهٔ **هادی** قلب می‌گویند که با یاخته‌های دیگر ماهیچه‌ای در ارتباط هستند.
- شروع‌کننده ضربان قلب و جریان الکتریکی با سرعت بالا در سراسر قلب می‌باشند.

اجزاء

گره‌های قلبی

گره اول (*سینوسی دهلیزی*)
- در دیوارهٔ **پشتی** دهلیز راست و **زیر** منفذ بزرگ سیاهرگ **زبرین** می‌باشد.
- از گره دیگر بزرگ‌تر و شروع‌کننده تکانه‌های قلبی می‌باشد.
- گره پیشاهنگ یا ضربان‌ساز است و پیام الکتریکی را وارد دهلیزها می‌کند.

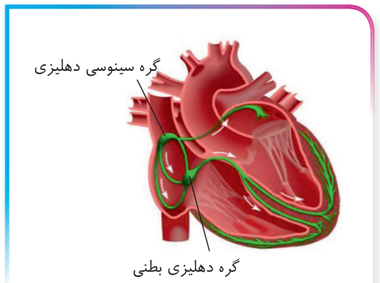
گره دوم (*دهلیزی بطنی*)
- در دیوارهٔ **پشتی** دهلیز راست و **عقب** دریچه **سه‌لختی** می‌باشد.
- پیام الکتریکی را توسط مسیرهای بین‌گرهی از گره اول گرفته و به بطن‌ها وارد می‌کند.

رشته‌ها یا دسته تارهای تخصص‌یافتهٔ گرهی

دسته تارهای بین دو دهلیز
- پیام الکتریکی را از گره پیشاهنگ به سمت دهلیز چپ پخش می‌کند.
- فقط به گرهٔ سینوسی دهلیزی متصلند.
- در انتهای خود انشعاب دارد.

مسیرهای بین‌گرهی
- تارهایی هستند که پیام الکتریکی گره پیشاهنگ را با سرعت **زیاد** به گره دهلیزی بطنی می‌دهند.
- ارتباط یاخته‌ای آن‌ها تنگاتنگ می‌باشد و در دهلیز راست واقع می‌باشند.
- سه دسته تار متصل به هر دو گره هستند.
- پیام الکتریکی را به صورت نزولی منتقل می‌کنند.

دسته تارهای بطنی
- ابتدا از گره دهلیزی بطنی در دیوارهٔ **بین دو بطن** وجود دارند ← پیام را نزولی منتقل می‌کنند.
- تارهای بین بطنی در دیوارهٔ بین دو بطن، ابتدا **دو شاخه** چپ و راست می‌شوند و تا پایین قلب می‌روند.
- هر تار پس از دو شاخه شدن، به سمت پایین و نوک قلب می‌رود.
- تارهای بطنی از پایین قلب، به سمت بالا و اطراف دو بطن آمده و تا لایه عایق بین بطن‌ها و دهلیزها ادامه می‌یابند.
- در طی مسیر خود از نوک قلب به سمت بالا، انشعابات ریزی دارند که به درون دیوارهٔ بطن‌ها گسترش می‌یابند.



«شبکهٔ هادی قلب»

فرستادن پیام از گرهٔ دهلیزی بطنی به درون بطن، با فاصلهٔ زمانی انجام می‌شود ← تا بطن‌ها به‌طور کامل پرخون شوند.

در بطن‌ها

- پیام الکتریکی ← ابتدا از بالا به پایین و سپس از پایین (*نوک*) به بالا می‌رود.
- انقباض مکانیکی ← از قسمت پایین آن‌ها شروع می‌شود و به بالا ادامه می‌یابد.
- ابتدا پیام الکتریکی در دو بطن پخش می‌شود، سپس به انقباض درمی‌آیند.

چرخهٔ ضربان قلبی (مکانیکی)

- تقریباً هر ثانیه، یک ضربان قلب وجود دارد ← ماهیچهٔ قلبی برخلاف ماهیچهٔ اسکلتی، استراحت **پیوسته** ندارد.
- استراحت (*دیاستول*) و انقباض (*سیستول*) قلب به‌طور **متناوب** صورت می‌گیرد که به آن چرخه یا دورهٔ قلبی می‌گویند.
- در طی هر چرخه، قلب توسط ۷ سیاهرگ پر می‌شود و سپس با انقباض بطن‌ها، خون از طریق دو سرخرگ اصلی از قلب خارج می‌شود.

مراحل چرخه

انبساط قلب (استراحت عمومی)

- حدود ۰/۴ ثانیه می‌باشد که تمام حفرات قلب در حال استراحت یا خون‌گیری هستند.
- خون تیرهٔ بزرگ سیاهرگ‌ها و سیاهرگ کرونری وارد دهلیز راست و خون روشن سیاهرگ‌های ششی وارد دهلیز چپ می‌شود.
- طی آن دریچه‌های دهلیزی بطنی، باز و سینی‌ها بسته هستند.
- با بسته شدن دریچه‌های سینی در ابتدای این مرحله، صدای دوم قلب شنیده می‌شود.
- در انتهای این مرحله، با عمل گرهٔ ضربان‌ساز، پیام الکتریکی وارد یاخته‌های دهلیزی شده و موج *P* شروع به ثبت شدن می‌کند.

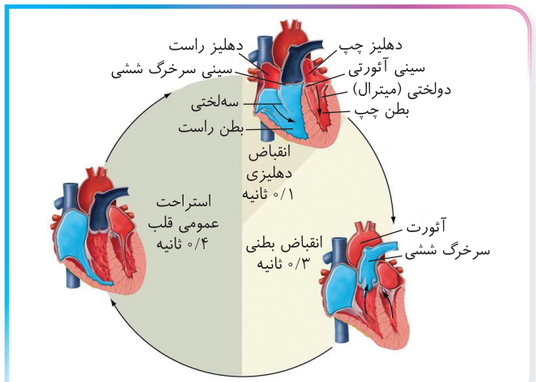
انقباض دهلیزها

- حدود ۰/۱ ثانیه است و بسیار زودگذر می‌باشد.
- با فعالیت گره پیشاهنگ، منقبض شده تا خون درون حفرات خود را وارد بطن‌ها کند و بطن‌ها به‌طور کامل پرخون شوند.
- طی آن دریچه‌های دهلیزی بطنی باز و سینی‌ها بسته هستند.
  - همانند مرحلهٔ استراحت عمومی
- خون از قلب خارج نمی‌شود.
- موج *QRS* در انتهای آن شروع به ثبت شدن می‌کند.

انقباض بطن‌ها

- مرحلهٔ ۰/۳ ثانیه‌ای برای خروج خون از قلب و سیستول اصلی قلب می‌باشد.
- دریچه‌های دهلیزی بطنی در ابتدای آن بسته می‌شود و صدای اول قلب شنیده می‌شود.
- دریچه‌های سینی در این مرحله باز شده و خون بطن‌ها به صورت پرفشار از طریق سرخرگ‌ها به سراسر بدن می‌رسد.
- از اواسط این مرحله شروع ثبت موج الکتریکی *T* صورت می‌گیرد.
- انقباض آن‌ها از قسمت پایین آن‌ها و تحت کنترل تارهای گرهی بطنی شروع شده و به سمت بالا ادامه می‌یابد.

مرحله	دهلیزها	بطن‌ها
انقباض دهلیزها	به انقباض درمی‌آیند.	در استراحت می‌مانند.
انقباض بطن‌ها	به استراحت درمی‌آیند.	به انقباض درمی‌آیند.
استراحت عمومی	در استراحت می‌مانند.	به استراحت درمی‌آیند.



«مراحل چرخهٔ ضربان قلب»

حجم ضربه‌ای

- مقدار حجم خونی می‌باشد که در هر انقباض بطنی، از یک بطن خارج شده و وارد یک سرخرگ اصلی می‌شود.

برون‌ده قلبی

- حاصل‌ضرب حجم ضربه‌ای در تعداد ضربان قلب در **دقیقه** می‌باشد.
- متناسب با سطح فعالیت بدن تغییر می‌کند.
- عوامل مؤثر در تغییر آن
  - سوخت‌وساز پایه بدن (*اثر هورمون‌های تیروئیدی*)
  - مقدار فعالیت بدن
  - سن و اندازه بدن
- میانگین برون‌ده قلبی یک بزرگسال در حالت **استراحت**، حدود ۵ لیتر می‌باشد. ← ۷۰*cc* حجم ضربه‌ای ضربدر ۷۰ بار تعداد ضربان قلب حدود ۵ لیتر برون‌ده قلبی می‌شود.

فعالیت الکتریکی قلب (چرخهٔ الکتریکی قلب)

- یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی، در هنگام چرخهٔ ضربان قلب، فعالیت الکتریکی دارند که می‌توان اثر آن‌ها را از روی پوست به صورت منحنی نوار قلب (*ECG*) ثبت کرد.

موج‌های الکتریکی قلب

موج *P*

- از انتهای مرحلهٔ استراحت عمومی و با عمل گره ضربان‌ساز به‌طور خودکار، شروع به ثبت شدن می‌کند.
- این موج برای به انقباض درآمدن ماهیچه دو دهلیز می‌باشد و در اثر فعالیت الکتریکی دهلیزها ثبت می‌شود.
- این موج وقتی که به پایان می‌رسد، دو دهلیز با هم منقبض شده و خون جمع شده در دیوارهٔ خود را وارد بطن‌ها می‌کنند.
- در کل مراحل ثبت آن دریچه‌های دهلیزی بطنی باز و سینی‌ها بسته می‌باشند.

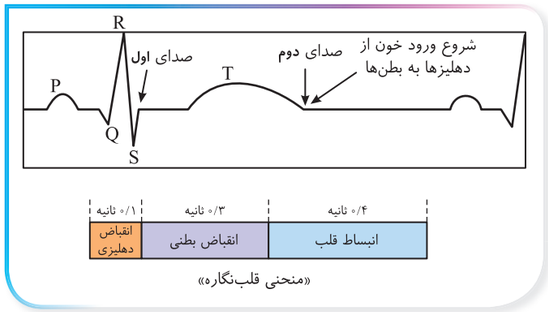
موج *QRS*

- موجی مربوط به فعالیت الکتریکی بطن‌ها و برای به انقباض درآمدن بطن‌ها می‌باشد.
- پس از ثبت کامل آن، پیام الکتریکی گره دهلیزی بطنی به‌طور هم‌زمان در دو بطن پخش شده و بطن‌ها کاملاً به سمت بالا منقبض می‌شوند.
- در هنگام ثبت آن، بطن‌ها در پرخون‌ترین حالت خود قرار دارند.

موج *T*

- در اثر خروج پیام الکتریکی از یاخته‌های بطنی ثبت می‌شود.
- موجی برای به استراحت درآمدن بطن‌ها می‌باشد.
- از اواسط مرحلهٔ انقباض بطن‌ها شروع به ثبت شدن می‌کند و فشار بطن با ثبت آن شروع به کاهش می‌کند.
- در طول ثبت آن، تغییری در وضعیت مکانیکی دهلیزها ایجاد نمی‌شود چون همواره در استراحت هستند.

- شکل، ارتفاع و فاصلهٔ منحنی‌ها در حالات و بیماری‌های مختلف، متفاوت می‌باشد.



«منحنی قلب‌نگاره»

گردش مواد در بدن

گفتار ۲

رگ‌های خونی

ساختار هرکدام از آن‌ها متناسب با کاری است که انجام می‌دهند.

ساختار دیوارهٔ رگ‌ها

رگ	لایه بیرونی	لایه میانی	لایه درونی
سرخرگ	پیوندی	ماهیچه صاف رشتهٔ کشسان زیاد	سنگ‌فرشی
مویرگ	ندارد	ندارد	سنگ‌فرشی ساده
سیاهرگ	پیوندی	ماهیچه صاف رشتهٔ کشسان زیاد	سنگ‌فرشی

- در زیر بافت پوششی همهٔ رگ‌ها، غشای پایه وجود دارد.
- ضخامت لایه ماهیچه‌ای و پیوندی در سرخرگ‌ها از سیاهرگ‌ها بسیار بیشتر است.
- سرخرگ‌ها در برش عرضی **بیشتر** گرد هستند.
- سیاهرگِ هم‌اندازه سرخرگ، دیوارهٔ نازک‌تر و حفرهٔ درونی بیشتر و گسترده‌تری دارد.

تکات سرخرگ‌ها

- خون را از قلب به سوی اندام‌ها می‌برند
  - فشار زیاد خون خارج شده از قلب را تحمل و هدایت می‌کنند.
  - سبب حفظ پیوستگی جریان خون و هدایت آن در بدن می‌شوند.
- با انقباض بطن‌ها، دیوارهٔ کشسان آن‌ها گشاد شده تا خون را در خود جای دهند.
- در استراحت بطن‌ها، دیوارهٔ کشسان سرخرگ‌ها با خاصیت ارتجاعی جمع شده و خون را با فشار در بدن جلو می‌برد.
- جریان خون منقطع خارج شده از قلب را در بدن به صورت پیوسته درمی‌آورند.
- تغییر حجم آن‌ها به دنبال هر انقباض بطن (*حجم ضربه‌ای*) به صورت موجی به نام نبض، احساس می‌شود.
- در سرخرگ‌های کوچک
  - با انقباض و انبساط ماهیچه‌های حلقوی دیوارهٔ خود ← عامل اصلی در تنظیم جریان خون مویرگ‌ها و بافت‌ها را ایجاد می‌کنند.
  - به نسبت انواع بزرگ، میزان لایه کشسان کمتر ولی ضخامت لایه ماهیچه‌ای بیشتر می‌باشد ← این ویژگی سبب عدم تغییر زیاد در قطر این رگ‌ها در برابر جریان خون می‌شود.
  - با وجود دهانه باریک خود
    - با انقباض ماهیچه حلقوی خود ← مقاومت بیشتری به عبور خون نشان می‌دهند ← خون کمتری در آن جریان می‌یابد.
    - با استراحت ماهیچه حلقوی خود ← مقاومت کمتری به عبور خون نشان می‌دهند ← خون بیشتری در آن جریان می‌یابد.
- بیشتر در بخش‌های **عمقی** بدن قرار دارند تا از عوامل جراحت محیطی در امان باشند.
- در اثر انقباض بطن‌ها و خاصیت کشسان و انقباضی خود سرخرگ‌ها ← فشار خون زیادی در این رگ‌ها ایجاد می‌شود.
- فشار خون، نیرویی است که خون درون رگ به دیوارهٔ رگ وارد می‌کند که در سرخرگ آئورت حداکثر میزان را دارد.
- فشار خون
  - فشار بیشینه (*ماکزیمم*) ← در اثر انقباض بطن‌ها روی سرخرگ‌ها ایجاد می‌شود.
  - فشار کمینه (*مینیمم*) ← در اثر استراحت عمومی با جمع شدن سرخرگ‌ها ایجاد می‌شود.
  - در اثر چاقی، تغذیه نامناسب، مصرف چربی و نمک زیاد، استرس، سابقه خانوادگی و دخانیات، بالا می‌رود.

تکات مویرگ‌ها

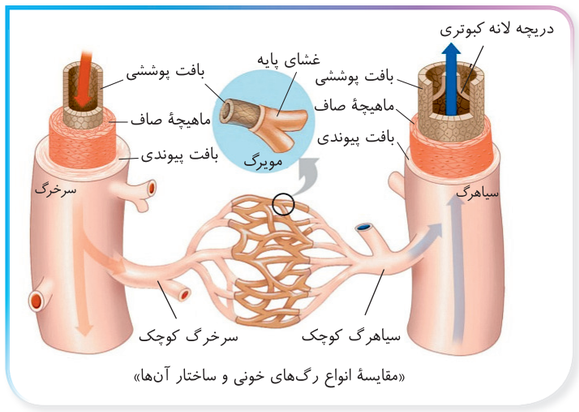
- فقط یک لایه بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده و غشای پایه دارند ولی ماهیچهٔ صاف ندارند.
- کوچک‌ترین رگ‌های بدن هستند که به انتهای سرخرگ‌های کوچک متصلند و مسئول تبادل مواد بین خون و یاخته‌ها هستند.
- در ابتدای **برخی** از آن‌ها بنداره حلقوی از ماهیچه صاف وجود دارد که در موقع نیاز بافت، باز می‌شوند ← مقدار خون مورد نیاز بافت را تنظیم می‌کند.
- دیوارهٔ نازک پوششی و جریان خون کند دارند
  - شبکهٔ وسیعی در نزدیکی اغلب یاخته‌ها دارند.
  - این ویژگی امکان تبادل مواد در مویرگ‌ها را فراهم می‌کند.
- نزدیکی مویرگ‌ها به بافت‌ها (*حدود ۰/۰۲ میلی‌متر*) امکان مبادلهٔ سریع مولکول‌ها را طی انتشار آسان‌تر می‌کند.
- غشای پایهٔ سطح بیرونی آن‌ها، نوعی صافی محدودکنندهٔ عبور مولکول‌های بسیار درشت می‌باشد.

انواع مویرگ‌ها براساس نوع غشای پایهٔ آن‌ها

مویرگ‌های پیوسته
- ارتباط تنگاتنگی بین یاخته‌ها دارند.
- به‌طور مثال در **دستگاه عصبی مرکزی** وجود دارد.
- ورود و خروج مواد در آن‌ها به شدت تنظیم می‌شود.

مویرگ‌های منفذدار
- منافذ زیاد یاخته‌ای دارند ← لایه پروتئینی محدودکننده مولکول‌های درشت دارند.
- ضخیم‌ترین غشای پایهٔ مویرگ‌های بدن در نوع منفذدار گلومرول کپسول بومن کلیه دیده می‌شود.

مویرگ‌های ناپیوسته
- فاصلهٔ بین‌یاخته‌ای زیاد به صورت حفره‌های بین‌یاخته‌ای دارند.
- غشای پایه ناقص دارند ← به‌طور مثال در جگر دیده می‌شود.

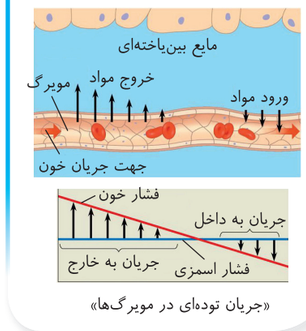


«مقایسهٔ انواع رگ‌های خونی و ساختار آن‌ها»



تبادل مواد در مویرگ‌ها

- مواد از **منافذ** غشایی یا بین‌یاخته‌ای مویرگ‌ها عبور می‌کنند.
- عامل آن اختلاف فشار میان درون و بیرون مویرگ می‌باشد.
- دو نیرو در آن مؤثر است
  - تفاوت فشار اسمزی خوناب و مایع بیرون رگ خونی
    - درون یا بیرون خون در اثر پروتئین‌ها و مواد محلول در آب ایجاد می‌شوند.
    - همواره درون خون فشار اسمزی بیشتری از بیرون آن دارد.
    - تفاوت فشار اسمزی درون و بیرون خون در طول مویرگ عدد ثابتی است.
    - این تفاوت فشار اسمزی، سبب ورود مواد به خون می‌شود.
    - تفاوت فشار اسمزی درون به بیرون خون در اثر وجود پروتئین‌های بیشتر در پلاسما ایجاد شده است.
  - فشار تراوشی
    - همان فشار خون است که از سمت سرخرگی یا ابتدای مویرگ به سمت سیاهرگی آن به تدریج کم می‌شود.
    - همواره سبب خروج مواد از جدار مویرگ می‌شود تا به مصرف یاخته‌ها برسد.
- به دلیل اینکه فشار تراوشی در طول مویرگ به تدریج کاهش می‌یابد
  - در ابتدای مویرگ (*سمت سرخرگی*) ← مقدار فشار تراوشی از اختلاف فشار اسمزی بیشتر می‌باشد ← مواد بیشتر تمایل به خروج از مویرگ دارند.
  - در وسط مویرگ ← مقدار فشار تراوشی و اختلاف فشار اسمزی تقریباً برابر می‌شود ← مقدار ورود و خروج مواد در رگ تقریباً برابر می‌شود.
  - در انتهای مویرگ (*سمت سیاهرگی*) ← مقدار اختلاف فشار اسمزی دو طرف رگ از فشار تراوشی درون رگ بیشتر می‌شود ← مواد بیشتر به رگ وارد می‌شود.



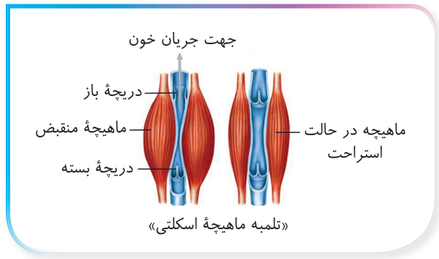
«جریان توده‌ای در مویرگ‌ها»

- **خیز یا ادم**
  - عواملی که فشار اسمزی پلاسما را کاهش می‌دهند
    - کمبود پروتئین‌های پلاسما
    - افزایش فشار درون سیاهرگ‌ها
    - ← بازگشت مواد به رگ را کاهش می‌دهند.
  - عواملی که فشار خون یا فشار تراوشی درون رگ را می‌افزایند
    - مصرف زیاد نمک (*زیادی سدیم*)
    - مصرف کم مایعات
    - ← همگی سبب افزایش حجم مایع در خارج خون شده ← بخش‌هایی از بدن متورم شده و بیماری خیز یا ادم می‌دهد.
  - مصرف زیاد نمک ← فشار اسمزی مایعات بدن ↑ ← مصرف آب ↑ ← فشار خون ↑
  - مصرف کم مایعات ← بازجذب آب در کلیه ↓ ← دفع ادرار ↓ ← آب میان‌بافتی ↑

تکات سیاهرگ‌ها

- چون دیوارهٔ کم‌مقاومت و فضای داخلی وسیع دارند ← بیشتر حجم خون بدن را در خود جای داده‌اند.
- بیشتر آن‌ها که در دست‌ها و مناطق زیر قلب هستند، به سمت بالا و برخلاف نیروی گرانش زمین خون را به سمت قلب می‌برند ← این سیاهرگ‌ها فشار خون کمی دارند و به عوامل کمکی در جریان خون نیاز دارند.
- مهم‌ترین عامل در جریان خون سیاهرگی، باقی‌ماندهٔ فشار خون سرخرگی در آن‌هاست.

- **عوامل مؤثر در جریان خون سیاهرگی**
  - **تلمبهٔ ماهیچه اسکلتی**
    - در جریان خون سیاهرگ‌های عبوری از بین ماهیچه‌های دست‌ها، پاها، شکم و دیافراگم اهمیت زیادی دارد.
    - انقباض ماهیچه اسکلتی ← قطور شدن ماهیچه ← تنگ شدن سیاهرگ ← جریان خون به سمت بالا ← خون به سمت قلب می‌رود.
    - انقباض ماهیچه‌ها از پایین به سمت بالا صورت می‌گیرد و دریچهٔ لانه کبوتری بالایی را باز می‌کند.
  - **دریچه‌های لانه کبوتری**
    - در سیاهرگ‌های دست‌ها و پاها وجود دارد و منشأ آن‌ها از لایه داخلی یا پوششی سیاهرگ‌ها می‌باشد.
    - با انقباض ماهیچه اسکلتی ← دریچهٔ بالایی باز و پایینی بسته می‌ماند.
    - با استراحت ماهیچه ← دریچهٔ بالایی نیز بسته می‌شود تا خون پایین نیاید.
  - **فشار مکش قفسهٔ سینه** ← در هنگام دم
    - دیافراگم با انقباض، پایین آمده و مسطح می‌شود.
    - قفسهٔ سینه به سمت جلو و بالا می‌رود.
    - ← فشار روی سیاهرگ قفسهٔ سینه کم می‌شود ← فشار مکش درون سیاهرگ قفسهٔ سینه ایجاد می‌شود ← خون به سمت بالا مکش می‌شود.



«تلمبه ماهیچهٔ اسکلتی»

دستگاه لنفی

- شامل لنف، رگ‌های لنفی، مجاری لنفی، گره‌های لنفی و اندام‌های لنفی می‌باشد ← لنف حاوی مواد متفاوت و گویچهٔ سفید و بیگانه‌خوارهاست.
- وظیفهٔ اصلی آن یکی تصفیه میکروب‌ها و دیگری برگرداندن آب و مواد دیگر به جریان خون است که در اثر جریان توده‌ای به مویرگ خونی برنگشته‌اند.
- این دستگاه در انتقال چربی‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی جذب شده از روده و همچنین از بین بردن میکروب‌ها و یاخته‌های سرطانی نیز مؤثرند.

اجزا:

رگ‌های لنفی

- اندازه‌های متفاوتی دارند و حاوی مویرگ‌های نازک منفذدار می‌باشند که در متاستاز یا پخش یاخته سرطانی مؤثرند.
- تقریباً در سراسر بدن وجود دارند.
- مویرگ‌های لنفی، به‌هم‌بسته‌اند ← لنف را با عبور از گره‌های لنفی به رگ‌های لنفی بزرگ‌تر می‌رسانند ← دو مجرای لنفی اصلی راست (*کوتاه‌تر*) و چپ (*طولانی‌تر*) در بالای دیافراگم ← به سیاهرگ‌های بزرگ زیرترقوه‌ای چپ و راست می‌ریزند ← در نهایت لنف کل بدن وارد سیاهرگ خونی بزرگ زبرین می‌شوند
- لنف بالا و پایین قلب همگی از راه بزرگ سیاهرگ زبرین وارد قلب می‌شوند.
- لنف چشم و پاها هر دو از بزرگ سیاهرگ زبرین وارد دهلیز راست می‌شوند ولی خون آن‌ها مسیر بزرگ سیاهرگی متفاوتی دارند.
- مجرای لنفی چپ در مسیر خود از زیر قلب و تیموس عبور می‌کند و فاقد گرهٔ لنفی می‌باشد.

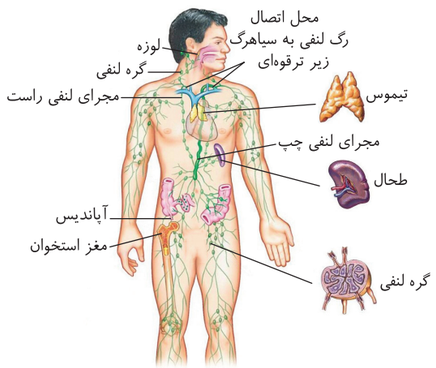
گره‌های لنفی

- در مسیر رگ‌های لنفی می‌باشند و پر از درشت‌خوارها و یاخته‌های بیگانه‌خوار بافتی می‌باشند.
- در از بین بردن میکروب‌ها مؤثرند.
- رگ‌های ورودی و خروجی آن‌ها دریچه‌دار است.
- تعداد رگ‌های ورودی آن از خروجی بیشتر است.
- در برخی مناطق بدن تراکم بیشتری دارد.

اندام‌های لنفی

- لوزه‌ها
- تیموس
  - بالغ کنندهٔ لنفوسیت‌های T
  - تولیدکنندهٔ هورمون تیموسین
- طحال ← از بین برندهٔ گویچه‌های قرمز پیر و فرسوده
- آپاندیس ← زائده‌ای در انتهای رودهٔ کور

← به مجموعهٔ آن‌ها اندام‌های لنفی گفته می‌شود.



«اجزای دستگاه لنفی، مسیر لنف و چگونگی اتصال آن به دستگاه گردش خون»

- لنف مایعی است که چربی زیاد و پروتئین کمی دارد. در حقیقت، لنف مجموعهٔ همان مایعاتی هستند که پس از تراوش از مویرگ، دوباره به خون برنگشته‌اند بلکه وارد رگ لنفی ته‌بسته شده‌اند.
- در ورزش و برخی بیماری‌ها، تراوش مواد از مویرگ‌ها و تولید لنف زیاد می‌شود.

تنظیم عمل دستگاه گردش خون

- در حالت عادی بدن، حجم ضربه‌ای و برون‌ده عادی قلب که حاصل عمل ماهیچه‌های قلبی می‌باشند، نیاز O_2 و غذایی بدن را مرتفع می‌کنند.

تنظیم در حالت فعالیت ورزشی یا استراحت بدن

نقش اعصاب خودمختار در گردش خون

- سمپاتیک تعداد ضربان قلب و فشار خون را بالا می‌برد ← جریان خون به قلب را زیاد می‌کند (*سرخرگ کرونر را گشاد می‌کند*).
- پاراسمپاتیک ← تعداد ضربان قلب، حجم ضربه‌ای و فشار خون را کم می‌کند.
- مرکز هماهنگی این اعصاب، در بصل‌النخاع و پل مغزی و در نزدیکی مرکز تنفسی می‌باشد.

نقش هورمون‌ها

- در شرایط فشار روانی (*نگرانی و استرس، امتحان و ...*) ← افزایش ترشح هورمون‌های بخش مرکزی غدهٔ فوق کلیه ← ترشح اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین ← اثر بر قلب و کلیه‌ها ← فشار خون و ضربان قلب را بالا می‌برند ← حالت آماده‌باش به بدن می‌دهند (*پاسخ آنی*).

تنظیم موضعی جریان خون در بافت‌ها

- مقدار زیاد CO_2 خون بدون دخالت عصب ← **استراحت** ماهیچه‌های صاف حلقوی سرخرگ کوچک ← گشادی سرخرگ کوچک، باز شدن بنداره مویرگی ← خون‌رسانی به بافت به صورت موضعی ↑↑
- در این مکانیسم، گیرنده‌های شیمیایی دیوارهٔ سرخرگ‌های کوچک مؤثرند.

سازوکارهای انعکاسی حفظ فشار سرخرگی

- تحریک گیرندهٔ **فشاری** سرخرگ‌های گردش عمومی خون (*آئورت و گردنی*)
- تحریک گیرندهٔ **شیمیایی** حساس به کمبود O_2 در این سرخرگ بزرگ
- زیادی CO_2 و یون هیدروژن خون با تحریک گیرنده شیمیایی حساس در بصل‌النخاع

← مرکز عصبی ← تنظیم فشار سرخرگی در حد طبیعی ← تأمین نیاز بدن در شرایط خاص

نکته در سازوکار انعکاسی سرخرگ‌های بزرگ به کمک مرکز عصبی تغییر قطر می‌دهند ولی در تنظیم موضعی، سرخرگ‌های کوچک بدون تأثیر مرکز عصبی واکنش می‌دهند.

افزایش CO_2
- اثر بر ماهیچهٔ سرخرگ کوچک ← گشادی رگ ← تنظیم موضعی جریان خون بافتی
- اثر بر گیرندهٔ بصل‌النخاع ← افزایش تنفس و تنظیم فشار سرخرگی ← سازوکار انعکاسی

گفتار ۳

خون

- نوعی بافت پیوندی با فضای بین‌یاخته‌ای زیاد می‌باشد ← به‌طور منظم و یک‌طرفه در رگ‌های خونی جریان دارد.
- وظیفهٔ انتقال غذا، گاز تنفسی، هورمون و ارتباط شیمیایی بین یاخته‌ها دارد.
- خون به تنظیم دمای بدن و یکسان کردن دما در نواحی مختلف بدن کمک می‌کند.

خوناب (پلاسما)

- حالت مایع دارد و معمولاً ٪۵۵ خون سالم را پس از سانتریفیوژ در بالای لوله و روشن‌تر شامل می‌شود.
- بیش از ٪۹۰ آن **آب** است ← در آن پروتئین‌ها، مواد غذایی، یون‌ها و مواد دفعی، حل شده‌اند.
- اعمال پروتئین‌های خوناب:
  - حفظ فشار اسمزی خون (*با کمک آلبومین*)
  - انتقال برخی داروها مثل پنی‌سیلین (*با کمک آلبومین*)
  - انعقاد خون مثل فیبرینوژن و پروترومبین
  - گلوبولین‌ها (*پادتن‌ها*): ایمنی و مبارزه با عوامل بیماری‌زا
  - جذب و انتقال یون‌ها برای تنظیم *pH* به کمک گلوبولین‌ها
- مواد غذایی آن شامل آمینواسیدها و کربوهیدرات می‌باشد.
- اوره، CO_2 و اسید لاکتیک دفعی دارد.
- یون‌های مختلف دارد ← سدیم و پتاسیم در فعالیت یاخته‌های بدن نقش کلیدی دارد.



«بخش‌های خون پس از گریزانه»

بخش یاخته‌ای

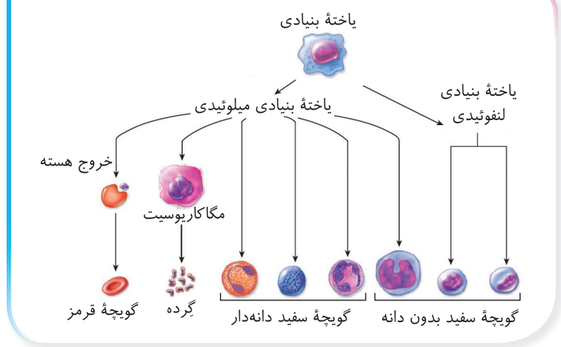
- اغلب خون‌بهر و درصد حجمی گویچه‌های قرمز است که حدود ٪۴۵ خون سالم را شامل می‌شود ← در بخش پایینی لولهٔ سانتریفیوژ قرار می‌گیرد ← کمی هم گویچهٔ سفید و پلاکت دارد.
- همانند خوناب در ایمنی بدن (*به‌کمک گویچه‌های سفید*)، انعقاد خون (*توسط پلاکت‌ها*)، تنظیم *pH* (*توسط هموگلوبین*) و انتقال گازهای تنفسی (*توسط گویچه‌های قرمز*) نقش دارد.
- **هماتوکریت یا خون‌بهر:** فقط درصد حجمی گویچه‌های قرمز خون می‌باشند.

محل تولید

- **در دوران جنینی:** کبد، طحال، مغز استخوان
- **پس از تولد:** فقط در مغز استخوان تولید می‌شود.

یاخته بنیادی مغز قرمز استخوان

- لنفوئیدی ← لنفوسیت‌ها را می‌سازند.
- میلوئیدی ← سایر یاخته‌های خونی و پلاکت‌ها را می‌سازند.
- گویچه‌های سفید بدون دانه، برخی منشأ لنفوئیدی (*لنفوسیت‌ها*) و برخی منشأ میلوئیدی (*مونوسیت‌ها*) دارند.



دو قسمت دارد

- یاختهٔ کامل:
  - گویچهٔ قرمز ← هماتوکریت (*خون‌بهر را تشکیل می‌دهد*).
  - گویچهٔ سفید
- قطعاتی سیتوپلاسمی یاخته‌ای (*گِرده یا پلاکت*)

یاخته‌های کامل خونی

گویچه‌های قرمز (RBC)

- بیش از ٪۹۹ یاخته‌های خونی را شامل می‌شود:
  - به خون ظاهری قرمز می‌دهد.
  - هسته و میتوکندری ندارند ← ژنوم و تنفس هوازی ندارند.
- درصد حجمی آن هماتوکریت است.
- کروی و از دو طرف فرورفته می‌باشد ← در هنگام تشکیل توسط یاختهٔ میلوئیدی در مغز استخوان:
  - هستهٔ خود را از دست می‌دهد.
  - سیتوپلاسم آن پر از هموگلوبین می‌شود.
  - سپس وارد خون می‌شود.
- نقش اصلی ← انتقال گازهای تنفسی
- متوسط عمر ← حدود ۱۲۰ روز است (*روزانه یک درصد آن‌ها از بین می‌روند و جایگزین می‌شوند*).

تولید

- **عوامل مورد نیاز:**
  - آهن ← به صورت هِم (*مادهٔ معدنی*) به پروتئین گلوبین می‌چسبد و هموگلوبین می‌سازد.
  - فولیک اسید:
    - نوعی ویتامین *B* است ← برای تقسیم طبیعی یاخته‌ای لازم است.
    - کمبود آن ← تکثیر یاخته‌ها، به ویژه در مغز استخوان کم می‌شود ← تعداد گویچهٔ قرمز کم می‌شود (*هماتوکریت ↓*)
    - منابع ← همانند آهن در سبزیجات دارای برگ سبز تیره، حبوبات، جگر و گوشت قرمز وجود دارد (*منابع آهن و فولیک اسید از مواد جانوری و گیاهی است*).
    - کارکرد آن به وجود **ویتامین** B_{12} وابسته است.
  - ویتامین B_{12}:
    - فقط در غذاهای جانوری یافت می‌شود.
    - کمی نیز توسط باکتری‌های رودهٔ بزرگ تولید می‌شود.
    - سبب کارکرد صحیح فولیک اسید در تقسیم یاخته می‌شود.
    - در معده به کمک فاکتور داخلی از اثر اسید حفظ شده و در رودهٔ باریک آندوسیتوز می‌شود.
  - دو نوع ویتامین *B* یعنی B_{12} و فولیک اسید در ایجاد آن نقش دارند.
- منشأ آن، یاخته میلوئیدی مغز استخوان است.

گردش مواد در بدن

- **تنظیم تولید گویچهٔ قرمز**
  - به ترشح هورمون اریتروپویتین بستگی دارد
    - به‌طور طبیعی، کمی در خون وجود دارد.
    - **توسط گروه ویژه‌ای از یاخته‌های کبد و کلیه‌ها ساخته و وارد خون می‌شود.**
      - از کبد وارد سیاهرگ فوق‌کبدی شده و سپس همانند ترشحات کلیه‌ها وارد بزرگ سیاهرگ زیرین می‌شود.
      - روی مغز قرمز استخوان اثر می‌کند. ← سرعت تولید گویچهٔ قرمز را بالا می‌برد.
      - در هنگام کاهش O_2 خون مثل کم‌خونی‌ها، بیماری‌های تنفسی قلبی، ورزش طولانی یا صعود به ارتفاعات به طرز معنی‌داری مقدار آن زیاد می‌شود.
      - کمبود آن هماتوکریت را کاهش می‌دهد.
- **مرگ گویچهٔ قرمز**
  - در مویرگ‌های ناپیوسته باریک کبد و طحال آسیب می‌بیند ← آهن آزاد شده آن
    - به مغز استخوان می‌رود ← دوباره گویچهٔ قرمز می‌سازد.
    - یا
    - در کبد ذخیره می‌شود.
  - در دوران جنینی، کبد و طحال هم محل تولید و هم محل تخریب گویچه‌های قرمز می‌باشد.
  - در فرد بالغ، کبد و طحال محل تخریب و مرگ گویچه‌های قرمز می‌باشد و در تولید آن نقشی ندارد.
- **گویچه‌های سفید (WBC)**
  - یاخته‌های هسته‌دار کاملی می‌باشند که در خون و بافت‌های مختلف گردش دارند ← ژنوم کامل و تنفس هوازی دارند.
  - نقش اصلی ← دفاع از عوامل خارجی می‌کنند ← منشأ میلوئیدی یا لنفوئیدی دارند.
  - همگی دیاپدز و قدرت خروج از مویرگ خونی دارند.
  - یاخته‌های دارای هستهٔ چندقسمتی ← دفاع غیراختصاصی را انجام می‌دهند و منشأ **میلوئیدی** دارند.
    - بازوفیل‌ها
      - هستهٔ دوقسمتی روی هم افتاده دارند ← سیتوپلاسم با دانه‌های تیره دارند.
      - برخی دانه‌های آن ← هپارین ترشح می‌کنند ← ضد انعقاد خون می‌باشند.
      - در حساسیت‌ها سبب ترشح هیستامین از دانه‌های خود می‌شوند ← در سد دوم دفاع غیراختصاصی نقش دارند.
    - ائوزینوفیل‌ها
      - هستهٔ دوقسمتی دمبلی دارند ← سیتوپلاسم با دانه‌های روشن درشت دارند.
      - محتویات دانهٔ خود را روی انگل می‌ریزند ← خاصیت ضد انگلی دارند ولی بیگانه‌خواری ندارند.
    - نوتروفیل‌ها
      - هستهٔ چندقسمتی دارند ← سیتوپلاسم با دانه‌های روشن ریز دارند.
      - به عنوان نیروی واکنش سریع و همواره با خاصیت بیگانه‌خواری به دفاع غیراختصاصی می‌پردازند.
      - چابک هستند ولی مواد دفاعی زیادی را حمل نمی‌کنند.
  - یاخته‌های دارای هستهٔ یک‌قسمتی و سیتوپلاسم بدون دانه
    - مونوسیت‌ها
      - هستهٔ تکی خمیده یا لوبیایی ← میان‌یاخته بدون دانه دارند ← از سایر گویچه‌های سفید بزرگ‌تر است.
      - منشأ میلوئیدی از یاخته بنیادی مغز قرمز استخوان دارند.
      - دفاع غیراختصاصی دارند.
      - در خارج خون منشأ ماکروفاژ (*درشت‌خوار*) و یاخته بیگانه‌خوار دندریتی می‌شوند.
    - لنفوسیت‌ها
      - اغلب منشأ لنفوئیدی در یاخته بنیادی مغز استخوان دارند.
      - همگی هستهٔ تک گرد یا بیضی دارند ← میان‌یاخته بدون دانه دارند.
      - در مغز استخوان و در برخی اندام‌های لنفی ساخته می‌شوند.
      - در دفاع غیراختصاصی ← لنفوسیت کشندهٔ طبیعی
        - پرفورین و آنزیم مرگ برنامه‌ریزی شده دارد.
        - بر علیه انواع مختلف سرطان یا یاختهٔ آلوده به ویروس اثر دارد.
      - در دفاع اختصاصی
        - لنفوسیت *B* ← سبب تولید پادتن می‌شود.
        - لنفوسیت *T*
          - سبب تولید پرفورین و آنزیم مرگ برنامه‌ریزی شده می‌شود.
          - بر یک نوع یاختهٔ سرطانی یا آلوده به ویروس خاص اثر می‌گذارد.




مونوسیت


لنفوسیت

قطعاتی از یاخته‌ها

پلاکت‌ها (گِرده‌ها) (PLT)

- قطعات یاخته‌ای بی‌رنگ و بی‌هسته‌ای با منشأ مگاکاریوسیتی از یاخته‌های بنیادی **میلوئیدی** مغز قرمز استخوان می‌باشند.
- از گویچه‌های خونی کوچک‌ترند و درون خود دانه‌های زیادی دارند.
- از قطعه قطعه‌های سیتوپلاسم در یاخته‌های مگاکاریوسیت‌های مغز استخوان ایجاد می‌شوند.
- هر قطعهٔ سیتوپلاسمی منشأ پلاکت ← دانه**های** کوچک پر از ترکیبات **فعال** دارد ← آزاد شدن این ترکیبات ← وارد **خوناب** می‌شود ← با شروع فرایندی سبب ایجاد لخته در محل خونریزی می‌شود.

راه‌های جلوگیری از هدر رفتن خون در رگ آسیب‌دیده

در خونریزی‌های محدود

- دیوارهٔ رگ آسیب جزئی می‌بیند.
- در محل آسیب، پلاکت‌ها دور هم جمع شده و به هم می‌چسبند ← ایجاد **درپوش** می‌کنند ← جلوی خروج خون را می‌گیرند.
- در این خونریزی‌ها، خوناب و پروتئین‌های آن نقشی ندارند.

در خونریزی‌های شدید

- همانند خونریزی محدود، گرده‌ها (*پلاکت‌ها*) در جلوگیری از خونریزی، نقش اصلی دارند.
- بافت‌ها و پلاکت‌های آسیب‌دیده سبب ترشح آنزیم پروترومبیناز برای انعقاد خون می‌شوند.
- پروترومبین و فیبرینوژن همواره در خوناب به صورت غیرفعال وجود دارند.
- آنزیم پروترومبیناز سبب تبدیل پروترومبین به ترومبین می‌شود.
- ترومبین به کمک ویتامین K و یون کلسیم سبب تبدیل فیبرینوژن به رشته‌های نامحلول فیبرین می‌شود.
- رشته‌های فیبرین به همراه گویچه‌های خونی و گرده‌ها، سبب ایجاد لخته می‌شود ← در این حالت گویچه‌های قرمز پلاسمولیز می‌شوند.

بافت‌ها و گِرده‌های آسیب‌دیده
↓
ترشح آنزیم پروترومبیناز
↓
پروترومبین ← ترومبین
↓
فیبرینوژن ← فیبرین به همراه گویچه‌های خونی و گرده‌ها لخته را می‌سازند.

- عوامل انعقادی که
  - همیشه در خون وجود دارند ← فیبرینوژن، پروترومبین، ویتامین K، یون Ca^{2+} و گرده‌ها
  - هنگام انعقاد تولید می‌شوند ← ترومبین، فیبرین و لخته
  - مثل آنزیم پروترومبیناز
    - همواره درون پلاکت‌ها وجود دارند.
    - در هنگام آسیب شدید رگ خونی از پلاکت وارد پلاسما می‌شود.

اعمال خون

- انتقال مواد غذایی و گازهای تنفسی
- ارتباط شیمیایی بین یاخته‌ها با انتقال هورمون‌ها
- تنظیم دمای بدن و یکسان کردن آن در نواحی مختلف بدن
- ایمنی و دفاع بدن
- جلوگیری از هدر رفتن خون

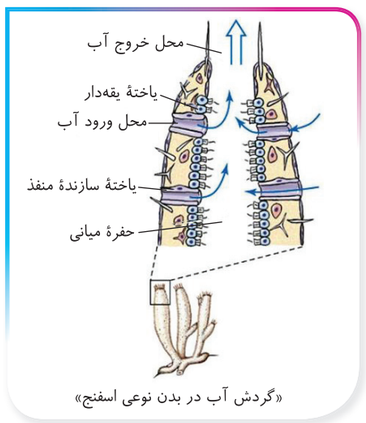
گفتار ۴

گردش مواد در جانداران

تک‌یاخته‌ای
- اندازهٔ کوچک ولی نسبت سطح به حجم بالایی دارند.
- تبادل گاز، تغذیه و دفع آن‌ها مستقیماً از سطح غشای یاخته با محیط انجام می‌شود.

پریاخته‌ای‌ها ← دستگاه گردش مواد دارند

سامانهٔ گردش آب
- در ساده‌ترین جانوران پریاخته‌ای یعنی در اسفنج‌ها دیده می‌شود. ...
- بدن آن‌ها از یاخته‌هایی متنوع و یک حفرهٔ میانی پرآب تشکیل شده است.
- در بدن آن‌ها یاخته‌های تاژک‌دار (یقه‌دار) و بدون تاژک (*سازندهٔ منفذ ورود آب*) و ... وجود دارد.
- یاخته‌های یقه‌دار، در سطح درونی حفرهٔ بدن تاژک دارند ← وظیفهٔ خروج آب از منافذ بزرگ‌تر دارد.
- از سوراخ‌های متعدد دیوارهٔ خود، از محیط بیرون آب و مواد می‌گیرند و گردش درونی مایعات ندارند.
- پس از تبادل مواد با آب ورودی ← سوراخ یا سوراخ‌های خروجی بزرگ‌تر برای دفع مواد دارند.
- عامل حرکت آب، حرکت تاژک یاخته‌های یقه‌دار می‌باشد ← گردش درونی مایعات ندارند.

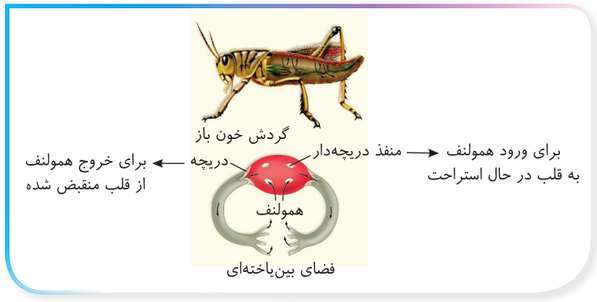


«گردش آب در بدن نوعی اسفنج»

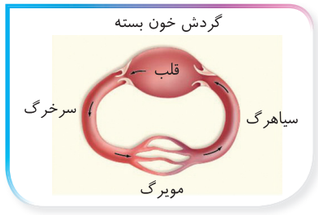
حفرهٔ گوارشی
- یک کیسهٔ گوارشی و گردش مواد با یک منفذ **مشترک** دهانی و مخرجی دارند.
- درون کیسه، گوارش مکانیکی و شیمیایی برون‌یاخته‌ای دارند ولی گوارش نهایی درون یاخته‌های درونی کیسه انجام می‌شود.
- در مرجانیان (*کیسه‌گوارانِ*) ← هیدر آب شیرین ← یاخته تاژک‌دار درونی و کیسهٔ گوارشی پر از مایعات برای گوارش و گردش مواد دارند.
- در کرم پهن پلاناریا:
  - آزادی می‌باشد ← فاصله انتشار مواد تا یاخته‌ها، بسیار کوتاه می‌باشد.
  - انشعابات حفرهٔ گوارشی آن در **تمام** نواحی بدن پخش است.
  - حرکات بدن آن‌ها به جابه‌جایی مواد کمک می‌کند.

سامانهٔ گردش مواد تخصص یافته

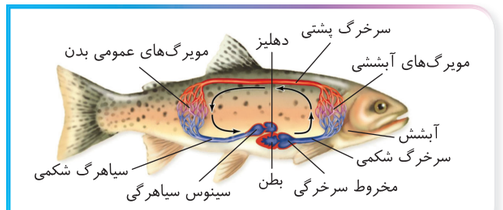
سامانهٔ گردش باز
- در بندپایان دیده می‌شود ← آب میان‌بافتی، خون و لنف آن‌ها مخلوط بوده و به نام همولنف می‌باشد.
- مویرگ ندارند و همولنف از انتهای باز رگ‌های خروجی از قلب به حفره‌ها پمپ زده می‌شود.
- همولنف مستقیماً با یاخته‌ها در تماس می‌باشد و پس از تبادل، توسط رگ‌هایی به قلب برمی‌گردد.
- قلب پشتی آن‌ها، منافذ دریچه‌داری دارد که باز می‌شوند تا همولنف را وارد قلب کنند (*سیاهرگ ندارند*).
- در این جانوران، همولنف از راه دریچه‌هایی به قلب می‌رسد و از راه دریچه‌های ابتدای سرخرگی از قلب خارج می‌شود.
- بیش از دو دریچهٔ قلبی منفذدار دارند.



سامانهٔ گردش بسته
- مویرگ دارند ولی قلب آن‌ها منفذ دریچه‌دار برای ورود خون ندارند.
- خون فقط در تماس مستقیم با سطح درونی قلب و رگ‌ها می‌باشد.
- خون و لنف جدا هستند ← ساده‌ترین آن در کرم خاکی وجود دارد.
- مویرگ آن‌ها در کنار یاخته‌ها و به کمک آب میان‌بافتی رخ می‌دهد.
- ساده‌ترین نوع ← در کرم خاکی با قلب پشتی است ← در انتهای سیاهرگ متصل به قلب و ابتدای سرخرگی دریچه دارد.



- در مهره‌داران
  - همگی گردش خون بسته به دو نوع ساده یا مضاعف دارند.
  - گردش خون ساده
    - خون ضمن یک‌بار گردش در بدن، یک‌بار از قلب دوحفره‌ای آن‌ها می‌گذرد.
    - در ماهی و نوزاد دوزیست دیده می‌شود ← خون تیره قلب آن‌ها ابتدا به آبشش‌ها و پوست دوزیست می‌رود.
    - خون اکسیژن‌دار بدون عبور از قلب، به تمام مویرگ‌های بدن می‌رسد.
    - گردش خون ماهی
      - قلب دوحفره‌ای شکمی، با یک دهلیز، یک بطن و یک دریچهٔ دهلیزی بطنی دارند ← خون درون دو حفرهٔ قلب آن‌ها از نوع تیره می‌باشد.
      - خون تیره درون بطن ← انقباض بطن ← مخروط سرخرگی ← سرخرگ شکمی (*خون تیره*) ← مویرگ آبشش‌ها در دو طرف سر جانور ← تبادل گازهای تنفسی در آبشش‌ها ← سرخرگ پشتی با خون روشن
      - دهلیز ← سینوس سیاهرگی ← سیاهرگ شکمی ← خون تیرهٔ تمام بدن ← تبادل مواد غذایی و گازها در مویرگ بافت‌ها ← خون روشن را به همهٔ جای بدن می‌دهد.
    - مویرگ آبششی ماهی‌ها، فاقد بخش سیاهرگی می‌باشد ← ابتدای آن خون تیره و در انتها خون روشن دارد.
    - سرخرگ شکمی ماهی، خون تیره را به طرف سر می‌برد ولی سرخرگ پشتی، خون روشن را به همه جای بدن منتقل می‌کند.
  - گردش خون مضاعف
    - در دوزیست بالغ، خزندگان، پرندگان و پستانداران وجود دارد.
    - خون ضمن یک‌بار گردش در بدن، دوبار از قلب عبور می‌کند.
    - دوزیستان بالغ، قلب سه‌حفره‌ای (*دو دهلیز و یک بطن*) دارند ولی پرنده، خزنده و پستاندار، قلب چهارحفره‌ای دارند.
    - قلب آن‌ها به صورت **دو تلمبه** عمل می‌کند
      - تلمبه با فشار کمتر ← برای گردش ششی (*یا پوستی دوزیست*) و تبادل گاز تنفسی می‌باشد.
      - تلمبه با فشار بیشتر ← برای گردش عمومی بدن و رساندن خون به کل بدن می‌باشد.
    - در دوزیستان به دلیل تنفس پوستی و ششی
      - بطن در تلمبه اول، خون را به شش‌ها و پوست می‌دهد.
      - بطن در تلمبه دوم، خون را به بقیه بخش‌های بدن می‌دهد.
      - خون تیره و روشن در دهلیزها مجزا است ولی در بطن مشترک، کمی با هم مخلوط می‌شوند.
    - در همه پرندگان و پستانداران
      - جدایی **کامل** دو بطن وجود دارد
        - مواد غذایی و گاز تنفسی با فشار بالا به اندام‌های آن‌ها می‌رسد.
        - حفظ فشار در سامانهٔ گردشی مضاعف را آسان می‌کند.
    - در خزندگان
      - کروکودیل‌ها
      - سایر خزندگان (*مار، سوسمار و لاک‌پشت*) ← دیوارهٔ بین دو بطن کاملاً جدا نیست ← انرژی رسیدن خون از قلب به بافت‌ها مانند کروکودیل‌ها نمی‌باشد.
    - فشار خون بالا ← برای رساندن سریع مواد غذایی و خون پر O_2 به بافت‌های پرانرژی نقش مهمی دارد.



«گردش خون ماهی»



گفتار ۱

هم‌ایستایی

- به مجموعه اعمالی که برای پایدار نگه داشتن وضعیت درونی **هر جاندار** با وجود محیط متغیر آن صورت می‌گیرد، هم‌ایستایی یا هومئوستازی می‌گویند.
- بسیاری از بیماری‌ها در نتیجهٔ برهم خوردن هم‌ایستایی پدید می‌آیند.
- در اثر خروج وضعیت بدن از تعادل ← ورود یا خروج مواد به یاخته‌ها از کنترل خارج می‌شود.

در همهٔ جانداران

- یاخته (ها) در محیطی مایع زندگی می‌کند.
- غلظت یا فشار اسمزی درون یاخته با مایع بیرون یاخته **مشابه** است.
- همواره مانند هر جانداری هومئوستازی (*هم‌ایستایی*) دارد.

وظایف دستگاه دفع ادرار

- حفظ تعادل آب
- حفظ تعادل اسید - باز
- حفظ تعادل یون‌ها
- دفع مواد سمی و زائد نیتروژن‌دار

← همگی در حفظ هم‌ایستایی یا هومئوستازی بدن نقش اساسی دارند.

در محیط گرم

- عرق کردن زیاد شده ← خروج آب از بدن زیاد می‌شود.
- بازجذب آب از کلیه‌ها زیاد شده تا بدن دچار کمبود آب نشود ← حجم ادرار کاهش می‌یابد.

در محیط سرد

- ورزش و فعالیت بدنی کم شده
- خون بیشتر به اندام‌های داخلی می‌رسد.
- حجم ادرار زیاد می‌شود.

اعمال کلیه‌ها

- تولید ادرار
- تولید هورمون اریتروپویتین ← تنظیم‌کنندهٔ تولید گویچهٔ قرمز در مغز استخوان
- حفظ محیط داخلی بدن در محدودهٔ ثابت

بررسی کلیه‌ها

- دو عدد اندام لوبیایی‌شکل در طرفین ستون مهره‌ها، پشت شکم و زیر دیافراگم می‌باشند ← اندازهٔ هرکدام آن در فرد بالغ به اندازهٔ مشت بسته اوست.
- به دلیل موقعیت و شکل **کبد** ← کلیه **راست** مقداری از کلیه چپ پایین‌تر است.

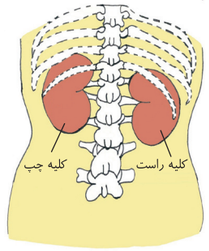
محافظ‌های کلیه

۱. استخوان دنده ← از **بخشی** از کلیه‌ها محافظت می‌کنند
- دو دنده از کلیهٔ سمت چپ و یک دنده از کلیهٔ سمت راست محافظت می‌کنند.
- بافت پیوندی استخوانی در دنده‌ها در حفاظت از کلیه‌ها مؤثرند.
- این دنده‌ها از جلو به جناغ متصل نیستند ولی از پشت به ستون مهره متصلند.

۲. کپسول کلیه ← پرده از بافت پیوندی در اطراف هر کلیه است ← به راحتی از روی کلیه جدا می‌شود.

۳. چربی اطراف کلیه
- بافتی **پیوندی** برای محافظت از ضربه خوردن و حفظ موقعیت کلیه می‌باشد.
- تحلیل زیاد چربی‌ها ← در اثر کاهش وزن سریع و شدید رخ می‌دهد.
  - سبب افتادگی کلیه‌ها شده ← احتمال تاخوردگی **میزنای** زیاد می‌شود
    - بسته شدن میزنای
    - عدم تخلیه مناسب ادرار
  - ← سبب آسیب به کلیه می‌شود. ← هومئوستازی را به هم می‌زند.

- هر عامل محافظت‌کننده از کلیه‌ها، بافت پیوندی و مادهٔ زمینه‌ای دارد.
- البته این موارد محافظت اندام و بافت را بررسی می‌کند ولی سیستم ایمنی همیشه در محافظت هر اندام مؤثر است.



«موقعیت کلیه‌ها در انسان از نمای پشت»

غدهٔ فوق‌کلیه

روی هر کلیه یک غدهٔ درون‌ریز فوق‌کلیه وجود دارد
- غدهٔ فوق‌کلیه در تولید هورمون‌های اپی‌نفرین، آلدوسترون، کورتیزول و هورمون‌های جنسی مؤثر است (*یازدهم*).
- غدهٔ فوق‌کلیه به کمک هورمون آلدوسترون خود در تنظیم کار کلیه و سدیم بدن مؤثر است ← سبب تنظیم فشار خون و حجم خون می‌شود (*یازدهم*).

رگ‌ها و اعصاب هر کلیه

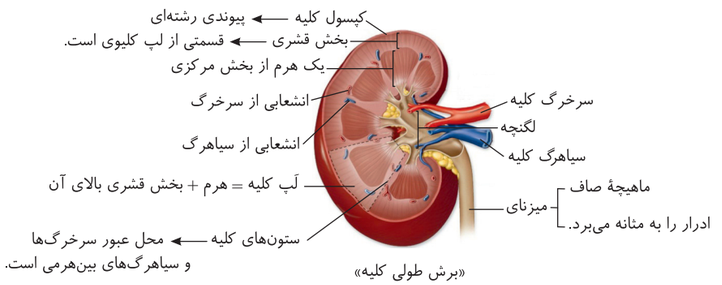
- به همراه میزنای از **مرکز** کلیه عبور کرده ← با کلیه ارتباط غذایی و عصبی برقرار می‌کنند.
- سرخرگ کلیه در مقطع بالاتر از سیاهرگ کلیه قرار گرفته است و مواد زائد نیتروژن‌دار زیادی دارد.
- محل خروج میزنای از رگ‌های کلیه پایین‌تر است.

ساختار درونی کلیه‌ها

بخش قشری
- از خارج به کپسول کلیه متصل می‌باشد.
- حاوی رگ‌های خونی و بخش‌هایی از گردیزه می‌باشد.
- شبکهٔ مویرگی کلافکی و بخشی از مویرگ‌های دورلوله‌ای در آن قرار دارد.

بخش مرکزی
- تعدادی ساختار هرمی‌شکل دارد ← هر هرم کلیه
  - فقط در بخش مرکزی کلیه قرار دارد.
  - حاوی شبکهٔ مویرگی دورلوله‌ای و بخش‌های لولهٔ هنله گردیزه‌ای است.
  - قاعدهٔ آن به سمت قشر کلیه است.
  - رأس آن به سمت لگنچه در داخل کلیه است.
  - هر هرم و ناحیه قشری بالای آن یک لَپ کلیه است.
- حاوی هرم‌ها و مناطق بین آن‌ها می‌باشد ← سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های بین‌هرمی از آن عبور می‌کنند.
- سرخرگ و سیاهرگ بین‌هرمی و شبکهٔ مویرگی دورلوله‌ای دارد.

لگنچه
- ساختاری شبیه **قیف** دارد.
- ادرار تولید شده را از طریق میزنای از کلیه خارج می‌کند.
- به سرخرگ، سیاهرگ و اعصاب کلیه نزدیک می‌باشد.
- مجاری جمع‌کنندهٔ ادرار به آن وارد می‌شود.



«برش طولی کلیه»

تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

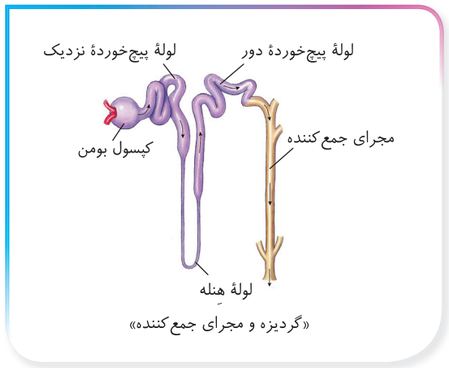
تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

نفرون‌ها (گردیزه‌ها)

- به عنوان واحد ساختاری هر کلیه می‌باشند ← فرایند تولید ادرار را آغاز می‌کنند.
- در هر کلیه حدود یک میلیون عدد وجود دارد ← به اندازهٔ تعداد فولیکول‌های درون هر تخمدان نوزاد دختر می‌باشد (*یازدهم*).

اجزای آن‌ها

- کپسول بومن ← بخش **قیف**مانند در ابتدای گردیزه است
  - قطورترین قسمت گردیزه است.
  - در بخش قشری کلیه می‌باشد.
  - سبب تراوش می‌شود و شروع فرایند تشکیل ادرار در آن می‌باشد.
- لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک
  - به‌طور معمول در بخش قشری کلیه واقع شده است ← سبب بازجذب و ترشح مواد می‌شود.
  - شروع کنندهٔ بخش لوله‌ای گردیزه می‌باشد.
  - یاخته‌های ریزپرزدار فراوان دارد.
- لولهٔ *U* شکل هنله ← در بخش قشری و مرکزی کلیه است ← سبب بازجذب و ترشح می‌شود
  - ابتدای پایین‌رو و انتهای بالاروی آن قطورتر است.
  - طول منطقه قطور در بخش بالارو از پایین‌رو بیشتر است.
- لولهٔ پیچ‌خوردهٔ دور
  - به‌طور معمول در بخش قشری کلیه است ← سبب بازجذب و ترشح می‌شود.
  - آخرین بخش گردیزه می‌باشد.



«گردیزه و مجرای جمع‌کننده»

- لوله‌های پیچ‌خوردهٔ دور چند گردیزه مجاور هم، به یک مجرای جمع‌کننده ادرار در بخش مرکزی کلیه متصل می‌شوند ← این مجرا قسمتی از گردیزه نمی‌باشد ولی آخرین مراحل ادرارسازی را انجام می‌دهد.
- همهٔ اجزای گردیزه حاوی مویرگ منفذدار می‌باشند.

بخش قیف‌مانند

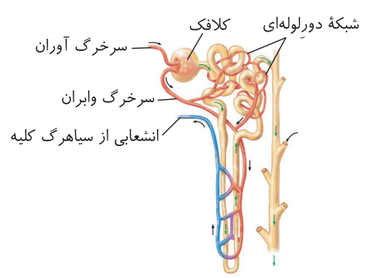
- در ساختار کلیه ← لگنچه است.
- در ساختار گردیزه ← کپسول بومن است.

گردش خون در کلیه‌ها

مسیر

- سرخرگ کلیه:
  - O_2 و غذای زیادی دارد.
  - مواد دفعی نیتروژن‌دار زیادی دارد.
  - از آئورت منشأ می‌گیرد.
  - از ناف وارد کلیه می‌شود.
  - به بخش مرکزی کلیه وارد می‌شود.
- سرخرگ‌های بین هرم‌ها:
  - در بخش مرکزی کلیه‌ها است.
  - در فاصلهٔ بین هرم‌ها قرار دارد.
- سرخرگ‌های قشری:
  - وارد بخش قشری کلیه شده‌اند.
- سرخرگ‌های آوران:
  - سرخرگ‌های کوچک در بخش قشری هستند.
  - به نزدیکی کپسول بومن هر گردیزه می‌رسند.
  - در دیوارهٔ آن‌ها ماهیچهٔ حلقوی صاف وجود دارد.
- کلافک (*گلومرول*):
  - شبکهٔ اول مویرگی است که فاقد بخش سیاهرگی می‌باشد.
  - مویرگ منفذدار با غشای پایهٔ ضخیم دارد.
  - درون حفرهٔ کپسول بومن می‌باشد.
  - عمل تراوش را انجام می‌دهد.
- سرخرگ‌های وابران:
  - سرخرگ‌های کوچک‌تر از آوران هستند که از گلومرول خارج می‌شوند.
  - مواد زائد و قطر کمتری از سرخرگ آوران دارند.
  - در دیوارهٔ آن‌ها ماهیچهٔ صاف حلقوی وجود دارد.
- شبکهٔ مویرگی دورلوله‌ای:
  - شبکهٔ مویرگی از نوع منفذدار می‌باشند.
  - در بخش قشری و مرکزی کلیه هستند.
  - در اطراف هنله و لوله‌های پیچ‌خورده هستند.
  - بازجذب و ترشح انجام می‌دهند.
- سیاهرگ‌های کوچک:
  - از اجتماع مویرگ‌های دورلوله‌ای می‌باشند.
  - مواد زائد نیتروژن‌دار کمی دارند.
  - CO_2 زیاد و O_2 کمی دارند.
- سیاهرگ‌های بین‌هرمی:
  - در بخش مرکزی کلیه هستند.
  - در بین هرم‌های کلیه می‌باشند.
- سیاهرگ کلیه:
  - از ناف کلیه خارج می‌شود.
  - به بزرگ سیاهرگ زیرین می‌ریزند.
  - CO_2 زیاد ولی مواد زائد نیتروژن‌دار کمی دارند.

- هر دو شبکهٔ مویرگی موجود در اطراف گردیزه‌ها از نوع منفذدار می‌باشند که یاخته‌های سنگ‌فرشی دیوارهٔ آن، منافذ زیاد و غشای پایهٔ ضخیم دارند (*ارتباط تنگاتنگ یاخته‌ای ندارند*).
- بین گردیزه و شبکه‌های مویرگی، ارتباط تنگاتنگ یاخته‌ای وجود دارد.
- مویرگ‌های کلافکی (*گلومرول‌ها*)، فقط بخش سرخرگی و خون روشن دارند ولی مویرگ‌های دورلوله‌ای ابتدای سرخرگی با خون روشن و انتهای سیاهرگی با خون تیره دارند.
- سرخرگ وابران پس از خروج از کپسول بومن، ابتدا دو شاخه می‌شود، یک شاخه به بخش‌های پیچ‌خوردهٔ قشری و یک شاخه به سمت لولهٔ هنله می‌رود.
- اطراف مجاری جمع‌کنندهٔ ادرار، مویرگ‌های کلافکی و دورلوله‌ای وجود ندارد.
- مویرگ کلافکی بین دو سرخرگ کوچک آوران و وابران با قطر متفاوت قرار دارد.
- سرخرگ وابران بین دو شبکهٔ مویرگی کلافکی و دورلوله‌ای قرار دارد.
- سیاهرگ کوچک و خون تیره اولین‌بار از قسمت بالای لولهٔ هنله ایجاد می‌شود.



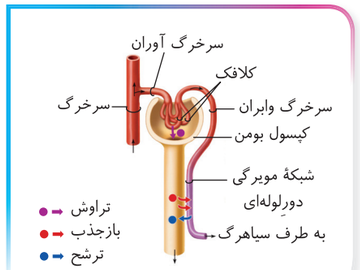
«شبکه‌های مویرگی مرتبط با گردیزه»



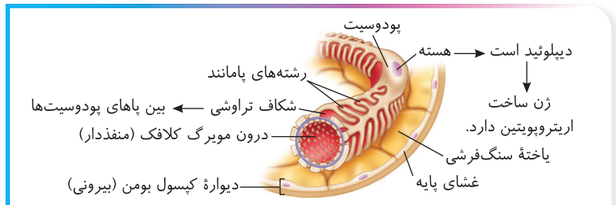
فرایندهای تشکیل ادرار

تراوش

- نخستین مرحلهٔ تشکیل ادرار است.
- آب و مواد محلول در خوناب (*پلاسما*) در اثر **فشار خون** از کلافک مویرگی وارد کپسول بومن می‌شود.
- پروتئین‌ها تراوش نمی‌شوند و از غشای پایه مویرگ‌های گلومرول سالم عبور نمی‌کنند.
- اگر کمی پروتئین از منافذ گلومرول عبور کند، غشای پایه ضخیم، مانع تراوش کامل آن به کپسول بومن می‌شود.
- بیشتر بودن قطر سرخرگ آوران از وابران باعث ایجاد فشار خون تراوشی در گلومرول می‌شود.
- در تراوش، مواد زائد و غیرزائد برحسب **اندازهٔ** خود از کلافک و کپسول بومن عبور می‌کنند. یعنی عبور آن‌ها به صورت انتخابی صورت نمی‌گیرد.
- یاخته‌های **بیرونی** کپسول بومن به صورت سنگ‌فرشی ساده هستند که در تراوش نقشی ندارند ← این یاخته‌ها در خارج خود یک غشای پایه دارند.
- یاخته‌های **درونی** کپسول بومن در مجاورت گلومرول هستند
  - شکاف‌های **فراوان** در فواصل بین پاهای خود برای ورود مواد به گردیزه دارند (*به‌جای منافذ، شکاف تراوشی دارند*).
  - یاخته‌هایی پوششی به نام پودوسیت با رشته‌های کوتاه و پامانند فراوان دارند.
  - پاهای پودوسیت‌ها در اطراف گلومرول (*کنار مویرگ*) قرار دارند.
  - این یاخته‌ها تراوش را آسان می‌کنند چون شکاف‌های متعددی بین پاهای خود دارند.
  - غشای پایهٔ مویرگی بین مویرگ‌های کلافکی و یاخته‌های پودوسیتی به صورت ضخیم وجود دارد.
- هرچه فشار و مقدار خون در شبکهٔ اول مویرگی بیشتر باشد، تراوش بیشتر می‌شود و حجم ادرار تولیدی نیز در نهایت بیشتر می‌شود.



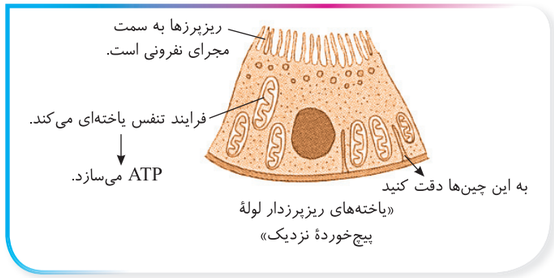
«فرایند تشکیل ادرار»



«دیوارهٔ بیرونی و درونی کپسول بومن»

بازجذب

- دومین فرایند برای تشکیل ادرار است.
- برگشتن مواد مورد نیاز بدن از لوله‌های ادرارساز به شبکهٔ مویرگی دورلوله‌ای می‌باشد.
- در کپسول بومن بازجذب صورت نمی‌گیرد. این عمل به محض ورود مایع به بخش لوله‌ای گردیزه شروع می‌شود.
- اغلب به صورت فعال و با صرف انرژی و کمی نیز به صورت غیرفعال (*مثل بازجذب آب*) صورت می‌گیرد.
- از لولهٔ پیچیده نزدیک آغاز می‌شود که در این قسمت یک لایه پوششی مکعبی **ریزپرزدار** وجود دارد
  - ورود مواد از گردیزه به یاختهٔ ریزپرزدار ← از سمت ریزپرزدار صورت می‌گیرد.
  - خروج مواد از یاختهٔ ریزپرزدار به خون ← از سمت فاقد ریزپرز صورت می‌گیرد.
- ریزپرزهای فراوان در لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک ← سبب بیشترین مقدار بازجذب می‌شوند.
- هرچه تراوش در کپسول بومن بیشتر صورت بگیرد، مقدار بازجذب نیز بیشتر می‌شود.



«یاخته‌های ریزپرزدار لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک»

ترشح

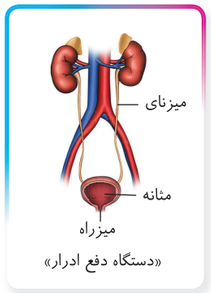
- در کپسول بومن صورت نمی‌گیرد. این فرایند در جهت مخالف بازجذب انجام می‌شود ولی هم‌جهت با تراوش به سمت درون گردیزه صورت می‌گیرد.
- طی آن مواد دفعی از مویرگ‌های دورلوله‌ای و یاخته‌های **گردیزه‌ای** به درون گردیزه وارد می‌شوند.
- موادی که ترشح یافته‌اند، قبلاً تراوش نیز داشته‌اند ولی در ترشح نفوذپذیری **انتخابی** وجود دارد.
- اغلب به صورت فعال و با صرف انرژی صورت می‌گیرد (*یعنی در خلاف جهت شیب غلظت صورت می‌گیرد*).
- بعضی از سموم، داروها، یون‌های هیدروژن و پتاسیم اضافی با ترشح دفع می‌شوند که همان‌طور که گفته شد، این مواد قبلاً در تراوش هم وارد گردیزه شده‌اند.
- این فرایند در تنظیم pH خون نقش مهم دارد
  - در pH پایین خون ← ترشح H^+ به گردیزه کلیه‌ها زیاد می‌شود.
  - در pH بالای خون ← دفع بیکربنات (*نه ترشح!*) توسط کلیه‌ها بیشتر می‌شود.

- تنگی سرخرگ آوران ← سبب کاهش مقدار و فشار خون در مویرگ‌های کلافکی و دورلوله‌ای می‌شود ← تراوش، بازجذب و ترشح کم می‌شود ← حجم ادرار نیز کم می‌شود.
- تنگی سرخرگ وابران
  - مقدار و فشار خون در مویرگ کلافکی زیاد می‌شود ← تراوش و بازجذب زیاد می‌شود.
  - مقدار و فشار خون در مویرگ دورلوله‌ای کم می‌شود ← ترشح کم می‌شود.

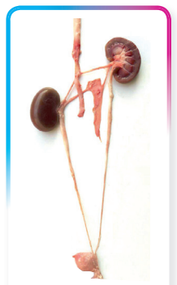
  ← حجم ادرار زیاد می‌شود.
- دقت کنید که لفظ **ادرار** وقتی صحیح می‌باشد که مایع وارد لگنچه شده باشد. پس مایع درون گردیزه‌ها و مجاری جمع‌کننده هنوز ترکیب نهایی ادرار را ندارند.

مکانیسم تخلیهٔ ادرار

- **تکات میزنای**
  - ادرار موجود در لگنچهٔ کلیه‌ها ← از طریق دو میزنای ← از طریق دریچه وارد بخش پشتی مثانه می‌شود ← از راه بندارهٔ داخلی وارد یک میزراه می‌شود ← دفع ادرار
  - تحریک اعصاب خودمختار ← انقباض ماهیچه‌های صاف میزنای ← حرکت کرمی میزنای ← جلو بردن ادرار از لگنچه تا مثانه
  - کاهش سریع چربی اطراف کلیه‌ها ← افتادگی کلیه‌ها ← تاخوردن میزنای‌ها ← اشکال در خروج ادرار از کلیه‌ها ← نارسایی کلیه‌ها
  - دریچه‌ای در انتهای میزنای وجود دارد
    - حاصل چین‌خوردگی مخاط پوششی مثانه روی دهانه میزنای می‌باشد.
    - مانع برگشت ادرار از مثانه به میزنای می‌شود.
  - هر میزنای پس از خروج از کلیه از جلوی رگ‌های انشعاب یافته از آئورت نزولی عبور می‌کند تا به مثانه برسد.
- زیادی ورود ادرار به مثانه ← کشیدگی زیاد دیوارهٔ مثانه ← تحریک گیرندهٔ کششی دیوارهٔ مثانه ← شروع سازوکار تخلیهٔ ادرار ← پیام حسی به نخاع می‌رود. ← انعکاس نخاعی تخلیهٔ ادرار فعال می‌شود. ← پیام حرکتی از نخاع سبب انقباض ماهیچهٔ صاف مثانه می‌شود.
  - سبب باز شدن بندارهٔ داخلی صاف غیر ارادی ابتدای میزراه می‌شود. ← ادرار وارد میزراه می‌شود. ← پیام حرکتی ارادی از قشر مخ ← سبب باز شدن بندارهٔ خارجی میزراه به صورت ارادی می‌شود (*ماهیچهٔ این بندار مخطط است*). ← تخلیهٔ مثانه کامل می‌شود.
- تحریک اعصاب خودمختار نخاعی ← شروع انقباض ماهیچه‌های صاف مثانه
- افزایش شدت انقباضات مثانه ← خروج ادرار از مثانه و ورود به میزراه
- **بندارهٔ داخلی**
  - ماهیچهٔ صاف حلقوی دارد.
  - تحت کنترل اعصاب خودمختار می‌باشد.
  - در محل اتصال مثانه به میزراه قرار دارد.
  - با افزایش انقباضات مثانه، به استراحت می‌رسد و باز می‌شود.
- **بندارهٔ خارجی**
  - در انتهای مجرای ادرار میزراه زنان و مردان وجود دارد.
  - از جنس ماهیچهٔ مخطط حلقوی می‌باشد.
  - تحت کنترل قشر مخ و اعصاب پیکری ارادی می‌باشد (*یادآوری*).
  - در انتهای میزراه قرار دارد و تحت کنترل قشر مخ می‌باشد.
  - در مردان سبب خروج اسپرم و ادرار می‌شود.
- **بنداره‌های میزراه**
- کلیهٔ راست به دلیل وجود کبد از کلیهٔ چپ پایین‌تر می‌باشد و به مثانه نزدیک‌تر است.
- طول میزنای سمت چپ از راست بلندتر است.
- طول سیاهرگ کلیوی سمت چپ از راست کوتاه‌تر است.
- سیاهرگ کلیوی سمت چپ برخلاف راست با یک مسیر نزولی از کلیه به سمت بزرگ‌سیاهرگ زیرین می‌رود.
- سرخرگ کلیوی سمت راست از چپ کمی طویل‌تر است و مسیر نزولی از آئورت تا کلیه دارد ولی مسیر سرخرگ کلیوی چپ، صعودی است.
- در نوزادان و کودکان
  - ارتباط مغز با نخاع کامل نشده است.
  - تخلیه مثانه کاملاً (*در تمام مراحل*) غیرارادی است.
  - روی بندارهٔ خارجی کنترل کاملی ندارند.
- در بالغین
  - ورود ادرار به میزراه از راه مثانه و بندارهٔ داخلی غیرارادی است.
  - تخلیهٔ کامل مثانه با رفع انقباض بندارهٔ خارجی به صورت ارادی صورت می‌گیرد.
  - می‌توانند تخلیه مثانه خود را به تأخیر بیاندازند.



«دستگاه دفع ادرار»



ترکیب شیمیایی ادرار

واژهٔ ادرار وقتی به کار می‌رود که مایع تراوش، بازجذب و ترشح شده وارد لگنچه شود. در حقیقت مادهٔ موجود در لگنچه، میزنای، مثانه و میزراه را می‌توان ادرار نامید.

بخش معدنی
- ۹۵٪ آن آب است
- ۵٪ املاح (*یون‌ها*) ← سبب تعادل آب و یون‌های بدن می‌شوند.

مواد آلی نیتروژن‌دار

بیشترین ماده

اوره
- اوره در کبد از ترکیب دو مادهٔ معدنی یعنی آمونیاک سمی با CO_2 ایجاد می‌شود.
- سمیت اوره از آمونیاک، بسیار کمتر می‌باشد.
- امکان انباشته شدن آن و دفع **متناوب** آن وجود دارد.
- کلیه‌ها ضمن تراوش، اوره را از خون گرفته و به وسیلهٔ ادرار دفع می‌کنند.

در کبد $+CO_2$ ← **آمونیاک سمی** ایجاد می‌شود. ← تجمع آن در خون به سرعت سبب مرگ می‌شود (*آمونیاک در خون و کبد وجود دارد ولی در ادرار وجود ندارد*).

تجزیهٔ موادی مثل آمینواسیدها

اوریک اسید
- انحلال‌پذیری زیادی در آب ندارد ← تمایل زیادی به رسوب و تشکیل بلور دارد.
- رسوب بلور آن
  - در کلیه‌ها ← سبب سنگ کلیه می‌شود.
  - در مفاصل ← دردناک شدن و التهاب مفاصل ← بیماری نقرس می‌دهد
    - نوعی بیماری مفصلی است.
    - طی آن مفاصل دردناک می‌شود.
    - در مفاصل، التهاب با نشانه‌های قرمزی، تورم و درد ایجاد می‌شود.

یکی از سازوکارهای تنظیم آب

بالا رفتن از حد بیشتر غلظت مواد حل شده در پلاسما ← فشار اسمزی بالای خون ← تحریک گیرنده‌های اسمزی در هیپوتالاموس

- فعال شدن مرکز تشنگی در هیپوتالاموس ← نوشیدن آب ← تنظیم فشار اسمزی پلاسما
- افزایش ترشح هورمون ضدادراری تولید شده در هیپوتالاموس توسط هیپوفیز پسین به خون ← بازجذب آب در کلیه‌ها ← دفع ادرار غلیظ
  - تنظیم فشار اسمزی پلاسما
  - کاهش دفع آب از بدن

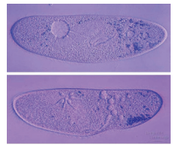
دیابت بی‌مزه

- در اثر عدم ترشح هورمون ضدادراری (*آنتی دیورتیک* = *ADH*) به هر دلیلی می‌باشد.
- مقدار زیادی ادرار **رقیق** از بدن دفع می‌شود ← برخلاف دیابت شیرین (*مرض قند*)، ادرار در این بیماری فاقد قند می‌باشد.
- تشنگی و نوشیدن آب در آن زیاد است ← در دیابت شیرین نیز دفع ادرار زیاد وجود دارد.
- در این بیماری توازن آب و یون‌ها در بدن دچار مشکل جدی شده است.
- بدن قادر به تنظیم محیط داخلی خود در هنگام غلیظ شدن خوناب نمی‌باشد.
- می‌تواند اشکال
  - در تولید هورمون ضدادراری در هیپوتالاموس باشد.
  - در ترشح هورمون ضدادراری از هیپوفیز پسین باشد.
  - در عدم پاسخ یاخته‌های گردیزه به هورمون ضدادراری باشد.



تنوع دفع و تنظیم اسمزی در جانداران

تک‌یاخته‌ای‌ها
دفع در **بیشتر** آن‌ها با **انتشار** صورت می‌گیرد. ← برخی مانند پارامسی، واکوئول‌های **انقباضی** برای دفع آب و مواد دفعی دارند.


«واکوئول انقباضی در پارامسی»

در بی‌مهرگان
بیشتر بی‌مهرگان ساختار مشخصی برای دفع دارند که ساختارهای نفریدی، آبششی و مالپیگی می‌توانند دیده شوند.

نفریدی
- نفریدی لوله‌ای است که با منفذی به بیرون باز می‌شود و راه خروجی دارد. این ساختار برای دفع، تنظیم اسمزی یا هر دو مورد می‌باشد.
- همانند گردیزهٔ انسان ابتدای بسته و انتهای باز دارد.

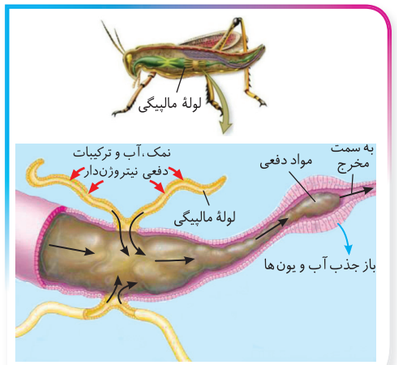
بی‌مهرگان
- لولهٔ مالپیگی و آبشش ← در ادامه بررسی می‌شوند.

بندپایان

سخت‌پوستان
- آبشش در مناطق خاص بدن برای دفع مادهٔ زائد نیتروژن‌دار با انتشار ساده دارند.

حشرات

لوله‌های مالپیگی
- سامانهٔ دفعی متصل به روده در **حشرات** می‌باشد.
- نمک از هموللنف وارد این لوله‌ها می‌شود.
- آب نیز از طریق اسمز از راه هموللنف وارد این لوله‌ها می‌شود.
- اوریک اسید نیز از هموللنف به این لوله‌ها ترشح می‌شود.
- همهٔ محتویات وارد شده به چند لولهٔ مالپیگی از منفذ مشترکی وارد دو طرف روده می‌شود ← آب و یون‌ها در روده و راست‌روده بازجذب شده ← اوریک اسید و مواد دفعی مخلوط شده ادرار و مدفوع از دستگاه گوارش خارج می‌شود.



«لوله‌های مالپیگی»

همهٔ مهره‌داران کلیه دارند.
در همهٔ مهره‌داران به دلیل گردش خون بسته، مواد پلاسما از غشای مویرگ به کلیه‌ها تراوش می‌شود.

تنظیم اسمزی در مهره‌داران بدون آبشش

ماهیان غضروفی
- تنها مهره‌دارانِ فاقد استخوان هستند (*ویژه‌ی دهم*).
- از کلیه‌های خود، مواد غلیظ نمکی و نیتروژن‌دار دفع می‌کنند.
- غدد راست‌روده‌ای دارند ← محلول نمک $NaCl$ بسیار غلیظ ← وارد روده می‌کنند ← از راه لولهٔ گوارش دفع می‌کنند.
- کوسه‌ها و سفره‌ماهی از آن‌ها بوده که ساکن **آب شور** هستند.
- همانند حشرات، لولهٔ گوارش آن‌ها نیز در تنظیم اسمزی جانور نقش دارد.

تنظیم اسمزی در ماهی‌ها
سامانهٔ دفعی مرتبط با لولهٔ گوارش هم در حشرات و هم در ماهی‌های غضروفی وجود دارد.

ماهی آب شیرین (ماهی قرمز)
- فشار اسمزی درون بدن آن‌ها از محیط بیشتر است
  - آب تمایل به ورود به بدن جانور دارد.
  - آب شیرین فشار اسمزی کمی دارد.
- برای مقابله با ورود آب زیاد به بدن ← معمولاً آب زیادی نمی‌نوشند ← باز و بسته شدن دهان آن‌ها **تنها** برای تبادل آب و گاز تنفسی با آبشش است.
- **جذب** نمک و یون‌ها را با انتقال فعال از آبشش‌ها انجام می‌دهند ← ادرار رقیق حجیمی را از طریق کلیه‌ها دفع می‌کنند.

ماهیان دریازی (آب شور)
- فشار اسمزی محیط بیرون آن‌ها از محیط درون بدن آن‌ها بیشتر است ← آب تمایل به خروج از بدن دارد.
- این ماهی‌ها آب زیادی می‌نوشند.
- برخی از یون‌ها ← از آبشش‌ها دفع می‌شوند.
- برخی از یون‌ها ← به صورت ادرار غلیظ ← از کلیه‌ها دفع می‌شوند.

دوزیستان بالغ
- مثانهٔ آن‌ها ذخیرهٔ آب و یون دارد ← در خشکی محیط ← دفع ادرار کم ← ذخیرهٔ آب در مثانه زیادتر شده ← بازجذب زیاد آب از مثانه به خون دارند (*ویژه‌ی دوزیستان*).
- تنها مهره‌دارانی با توانایی تغییر در ترکیبات ادرار موجود در **مثانهٔ** خود می‌باشند.

خزندگان و پرندگان
- توانمندی بازجذب آب زیادی در کلیه‌های خود دارند.
- در برخی انواع بیابانی و دریازی آن‌ها املاح زیادی با آب یا غذا به بدن وارد می‌کنند ← نمک اضافی را از غدد نمکی نزدیک چشم یا زبان
  - به صورت قطره‌های **غلیظ** دفع می‌کنند.
  - مجرای غدهٔ نمکی چشم آن‌ها در انتها به جلوی دهان آن‌ها راه دارد.



«غدهٔ نمکی»

تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

گفتار ۱

یاختهٔ گیاهی

نکات اولیه گیاهان
- امروزه نهان‌دانگان (*گل‌دار*) بیشترین گونه‌های گیاهی روی زمین هستند.
- گیاهان علاوه بر تأمین غذا، در ایجاد مواد اولیهٔ صنایعی مثل داروسازی و پوشاک نیز نقش دارند.
- در جای خود ثابت هستند، ولی مانند سایر جانداران به ماده و انرژی نیاز دارند.
- به‌جز نوع انگل (*مانند سرخ*) بقیه فتوسنتزکننده‌اند.
- فاقد کلسترول در غشای یاخته هستند و سانتریول ندارند.

رابرت هوک
- اولین‌بار با میکروسکوپ ساده یاخته را مشاهده کرد.
- بافت مردهٔ چوب‌پنبه را مشاهده کرد.
- در یاختهٔ مرده حفراتی وجود داشت.
- حفرات توسط دیواره از هم جدا شده بودند.
- پروتوپلاستی مشاهده نکرد.

پروتوپلاست
- بخش زنده و دارای متابولیسم (*سوخت‌وساز*) یاخته می‌باشد.
- شامل غشا، سیتوپلاسم و هسته می‌باشد. ← (*سیتوپلاسم، مجموعهٔ مادهٔ زمینه‌ای و اندامک‌های غشادار (به‌جز هسته) می‌باشد.*)
- توسط دیواره احاطه شده است. ← هم‌ارز یاخته در جانوران می‌باشد چون دیواره ندارد.
- تولید دیواره را انجام می‌دهد.

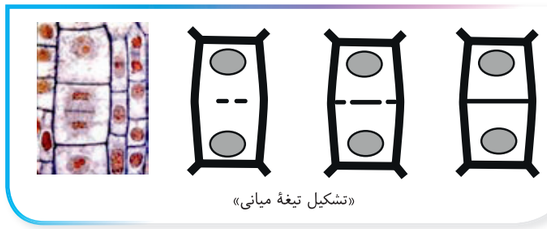
دیوارهٔ یاخته‌ای

در بافت‌های زنده، پروتوپلاست را دربر می‌گیرد ← ترکیب شیمیایی آن در یاخته‌های متفاوت در طول عمر گیاه تغییر می‌کند.

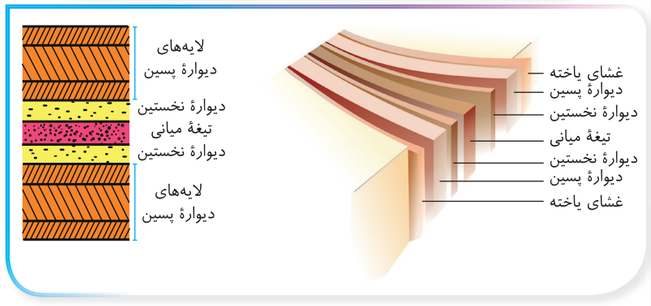
عملکرد دیواره
- توسط پروتوپلاست زنده تولید می‌شود.
- حفظ شکل یاخته
- استحکام یاخته ← استحکام پیکر گیاه
- کنترل تبادل مواد بین یاخته‌ها در گیاه
- جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا

ساختار و انواع دیواره‌ها

تیغهٔ میانی
- یک لایه مشترک بین دو یاخته تقسیم شده می‌باشد که تولید پیش‌سازهای آن قبل از اتمام تقسیم یاخته شروع شده است.
- اولین لایه دیواره است که پس از تقسیم هسته ایجاد می‌شود ← قدیمی‌ترین دیواره است.
- سیتوپلاسم یاخته را به دو بخش تقسیم می‌کند. این دیواره در ابتدای ساخت در تماس با غشا می‌باشد.
- از پلی‌ساکاریدی به نام **پکتین** ساخته شده است.
- پکتین مانند چسب دو یاخته را کنار هم قرار می‌دهد که درون ریزکیسه‌های غشادار قرار دارند.
- به صورت ریزکیسه‌هایی منفذدار توسط شبکهٔ آندوپلاسمی و **گلژی** یاختهٔ اولیه ایجاد می‌شود ← به تدریج تعداد منافذ تیغهٔ میانی کاهش می‌یابد.


«تشکیل تیغهٔ میانی»

دیوارهٔ نخستین
- به صورت یک لایه توسط **پروتوپلاست** هر یاخته ساخته می‌شود.
- به سمت داخل تیغهٔ میانی ساخته می‌شود ← از خارج به تیغهٔ میانی متصل می‌باشد.
- رشته‌های **سلولز** به همراه پکتین دارد.
- در بدو تشکیل مانند **قالبی** پروتوپلاست را دربر می‌گیرد و به دلیل **کشش** و **گسترش**، مانع رشد یاخته نمی‌شود.
- اندازه آن با افزایش رشد پروتوپلاست و اضافه شدن ترکیبات دیواره، زیاد می‌شود.
- در بافت کلانشیم، از همه ضخیم‌تر است.
- رشته‌های سلولزی موازی مانند دیوارهٔ پسین ندارد.

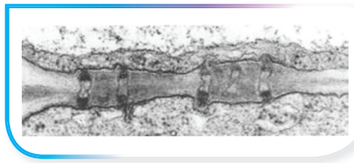


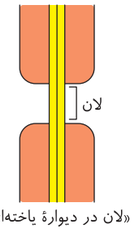
دیوارهٔ پسین
- در برخی یاخته‌ها توسط پروتوپلاست و به سمت داخل دیوارهٔ نخستین ساخته می‌شود.
- **چند لایه‌ای** می‌باشد ← تا وقتی یاخته زنده است از داخل به غشای یاخته نزدیک می‌باشد.
- رشته‌های **سلولزی** دارد که جهت رشته‌ها درون **هر لایه** به صورت موازی است.
- جهت رشته‌های سلولزی هر لایه با لایه مجاور آن متفاوت و زاویه‌دار است ← این ویژگی سبب استحکام و تراکم زیاد آن می‌شود.
- رشد یاخته پس از تشکیل آن‌ها متوقف می‌شود.
- در بافت اسکلرانشیم و آوند چوبی، حاوی ترکیبات لیگنینی شده و استحکامی می‌شود.

هرچه دیواره‌سازی بیشتر شود ← تیغهٔ میانی از پروتوپلاست دورتر می‌شود و پروتوپلاست کوچک‌تر می‌گردد.

ارتباط دیواره‌ای بین یاخته‌ای

پلاسمودسم
- کانال‌هایی سیتوپلاسمی در دیواره‌ها می‌باشند که مخصوص یاخته‌های **زنده** هستند.
- مواد مغذی و سایر ترکیبات از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر می‌روند.
- در انتقال مواد اسیدی C_3 و C_4 بین یاختهٔ میانبرگ و غلاف آوندی گیاهان C_4 مؤثر است (*دوازدهم*).
- در انتقال مواد به روش سیمپلاستی در عرض ریشه مؤثر است (*فصل ۷*).
- با میکروسکوپ **الکترونی** دیده می‌شوند.
- در یاختهٔ چوبی شده یا مرده وجود ندارد.





«لان در دیوارهٔ یاخته‌ای»

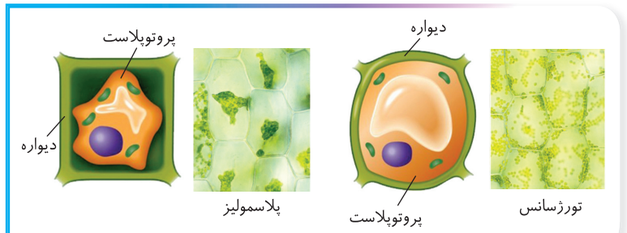
لان‌ها
- منطقه‌ای است که دیوارهٔ یاخته در آن **نازک مانده** است (*نه نازک شده است*).
- دیوارهٔ دوم در محل لان تشکیل نمی‌شود. ← در محل لان لیگنینی شدن رخ نمی‌دهد (*گفتار ۲*).
- در بافت زنده حاوی تعداد زیادی پلاسمودسم می‌باشد.

پلاسمودسم‌ها و لان‌ها در هنگام تشکیل دیوارهٔ جدید پایه‌گذاری می‌شوند (*نه اینکه بعداً ایجاد شوند*).

از یاخته تا گیاه

واکوئول

- اندامکی تک‌غشایی در سیتوپلاسم یاخته‌های گیاهی برای **ذخیرهٔ مواد** می‌باشد.
- درون آن مایعی به نام شیرهٔ واکوئولی دارد
  - آب و مواد دیگر دارد.
  - مقدار و ترکیب آن در بافت‌های مختلف یک گیاه و بین گیاهان مختلف، متفاوت می‌باشد.
- وقتی آب محیط زیاد باشد ← واکوئول برخی یاخته‌ها آب جذب می‌کنند ← پروتوپلاست آن‌ها به دیواره می‌چسبد ← دیوارهٔ یاخته تا حدی کشیده می‌شود ولی پاره نمی‌شود ← یاخته دچار تورژسانس (*تورم*) می‌شود.
- تورژسانس بافت‌ها در اندام‌های **غیر**چوبی (*برگ و ساقهٔ علفی*) ← سبب استواری آن اندام‌ها می‌شود (*در هویج گیاهی، برگ چوبی نمی‌شود*).
- کمبود آب محیط ← کاهش حجم واکوئول ← جمع شدن پروتوپلاست ← افزایش فاصلهٔ دیواره از غشا ← پلاسمولیز یاخته
- اگر پلاسمولیز طولانی مدت باشد ← پژمردگی گیاه ایجاد می‌شود ← حتی با آبیاری نیز رفع نمی‌شود ← مرگ یاخته‌ها ← مرگ گیاه



«تورژسانس و پلاسمولیز در یاختهٔ گیاهی»

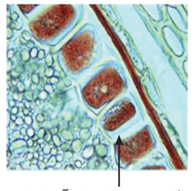
مواد مختلف درون شیرهٔ واکوئول‌ها

- آب
  - در غشای واکوئول‌ها، پروتئین تسهیل‌کنندهٔ اختصاصی برای عبور آب وجود دارد (*فصل ۷*).
  - تنظیم حجم یاخته را انجام می‌دهد.
  - می‌تواند از غشای پروتوپلاست و واکوئول، آزادانه و بدون صرف انرژی عبور کند.

موادی که در سایر بخش‌های یاخته گیاه ساخته می‌شوند (نه در واکوئول)

ترکیبات رنگی

- **یکی** از ترکیبات رنگی واکوئول‌هاست.
- در واکوئول‌ها **ذخیره** می‌شوند (*نه اینکه ساخته می‌شوند*).
- رنگ آن‌ها در *pH*های مختلف، متفاوت می‌باشد.
- **مثلاً آنتوسیانین‌ها**
  - در ریشهٔ چغندر قند قرمز، کلم بنفش و پرتقال توسرخ به فراوانی وجود دارد.
  - نقش پاداکسندگی ضدسرطان دارند ← مانع اثر رادیکال‌های آزاد راکیزه بر مولکول‌های زیستی می‌شوند (*دوازدهم*).
  - باز هم یادتون باشه که آنتوسیانین **یکی از** مواد رنگی واکوئول‌هاست و پروتئین یا کربوهیدرات نیست.


«یاخته‌هایی که گلوتن در واکوئول آن‌ها ذخیره شده است.»

پروتئین

- یکی از پروتئین‌های درون واکوئول است که در ریبوزوم روی شبکهٔ آندوپلاسمی تولید می‌شود.
- در بذر گندم و جو ذخیره می‌شود ← هنگام رویش بذر برای رشد و نمو رویان مصرف می‌شود.
- در خارجی‌ترین لایهٔ آندوسپرم دانهٔ غلات وجود دارد که به هورمون جیبرلین حساس است.
- **گلوتن**
  - ارزش غذایی دارد ← برخی به آن حساسیت دارند ← بیماری سلیاک را ایجاد می‌کند
    - یاختهٔ پرز و ریزپرزهای رودهٔ آن‌ها تخریب می‌شود.
    - سطح جذب غذا کم می‌شود.
    - تشخیص قطعی آن با انجام آزمایشات پزشکی است.
    - حساسیت به آن سبب اختلال در رشد و مشکل سلامتی می‌شود.

ترکیبات اسیدی

رنگ‌ها در گیاهان

رنگ‌های واکوئولی

- مثل آنتوسیانین‌ها ← فقط این گروه در *pH* مختلف تغییر رنگ می‌دهد. (*آنتوسیانین فقط یکی از رنگ‌های واکوئول است.*)
- همگی از جمله آنتوسیانین پاداکسنده بوده و در **پیشگیری** از سرطان و بهبود کار مغز و اندام‌های دیگر نقش دارد. (*در درمان سرطان موثر نیستند.*)

دیسه‌ها و انواع رنگ‌های (رنگیزه‌های) درون آن‌ها

- رنگ زرد یا نارنجی ریشهٔ هویج و قرمز میوهٔ گوجه‌فرنگی در نتیجهٔ رنگیزهٔ کاروتنوئیدی این اندامک‌هاست.
- در بخش‌های هوایی و زیرزمینی وجود دارند.
- دیسه (*پلاست*) اندامکی **دوغشایی** در سیتوپلاسم است که انواع متفاوتی دارد
  - کلروپلاست (*سبزدیسه*)
    - حاوی دنای حلقوی، دو غشای صاف، همانندسازی، رونویسی و ترجمه می‌باشد.
    - محل انجام واکنش‌های فتوسنتزی و شروع تنفس نوری می‌باشد (*دوازدهم*).
    - سبزینهٔ زیادی دارد و علت رنگ سبز گیاهان است.
    - کمی کاروتنوئید هم دارند که توسط سبزینه پوشیده شده است.
  - کروموپلاست (*رنگ‌دیسه*) ← رنگیزهٔ کاروتنوئید ذخیره‌ای دارد
    - ریشهٔ هویج ← کاروتن نارنجی دارد.
    - برخی گلبرگ‌ها ← رنگیزهٔ زرد دارند.
    - میوهٔ رسیدهٔ گوجه‌فرنگی ← رنگیزهٔ قرمز دارد.
    - ترکیبات پاداکسنده ضد سرطان دارد ← مانع حملهٔ رادیکال‌های آزاد به مولکول‌های زیستی می‌شوند (*دوازدهم*).
  - بدون رنگیزه ← آمیلوپلاست (*نشاسته‌دیسه*)
    - ذخیره نشاسته زیادی در یاخته‌های بخش خوراکی غدهٔ سیب‌زمینی دارند.
    - هنگام رشد جوانهٔ سیب‌زمینی ← افزایش مصرف ذخیره نشاسته ← شروع رشد جوانه و ایجاد پایه‌های جدید از غده یا ساقهٔ زیرزمینی

نکته کاهش طول روز در پاییز ← کم شدن نور ← تجزیهٔ سبزینه در برگ و افزایش کاروتنوئیدها ← سبب تبدیل کلروپلاست به کروموپلاست می‌شود.

نکته برگ‌هایی که علاوه بر سبز، رنگ‌های دیگر نیز دارند ← در اثر کاهش نور ← مساحت بخش سبز آن‌ها زیاد می‌شود.

گفتار ۲

انواع سامانه‌های بافتی در بخش‌های رویشی گیاه آوندی

ترکیبات دیگر گیاهی

ترکیبات غیرمصرف غذایی
- تولید رنگ برای رنگ‌آمیزی الیاف فرش
- شیرابهٔ سفید میوه و دمبرگ انجیر (*رونیاک*) ← لاستیک‌سازی، از ترکیبات متفاوت شیرابهٔ نوعی درخت می‌باشد.
- این رنگ‌ها در روناس، نعنا و گل محمدی وجود دارند.
- ترکیب شیرابه در گیاهان متفاوت، فرق می‌کند (*مصرف غذایی ندارد*).

ترکیبات دفاعی
- آلکالوئیدها
  - از ترکیبات گیاهی هستند که در شیرابهٔ برخی گیاهان فراوانند.
  - ساخت داروهای مسکن، آرامش‌بخش و ضد سرطان + ترکیبات دفاعی
  - برخی اعتیادآورند (*شیرابهٔ خشخاش*)
  - در دفاع گیاه در برابر گیاه‌خواران مؤثر است.
  - نیکوتین از آلکالوئیدهاست که سبب دور کردن گیاه‌خواران می‌شود.
  - در درمان سرطان (*تومور بدخیم*) مؤثرند (*نه پیشگیری مثل پادآکنده‌ها*).
  - در مقادیر مختلف ممکن است سرطان‌زا، مسموم‌کننده یا کشنده باشند.

بافت
مجموعه یاخته‌های کم و بیش مشابه می‌باشد. (*پارانشیم، مریستم، کلرانشیم، اسکلرانشیم و بافت آوندی*)

سامانهٔ بافتی
مجموعه چند نوع بافت و یاخته‌های گوناگون با کار متفاوت می‌باشند. (*سامانهٔ پوشش، زمینه‌ای و آوندی*)
هر سامانهٔ بافتی عملکرد خاصی دارد ولی بافت‌های متفاوت با کار متفاوت دارند.



سامانهٔ بافت پوششی

پوششی
- در اندام جوان ← روپوست نامیده می‌شود.
- در اندام مسن ← پیراپوست (*پریدرم*) نامیده می‌شود (*البته در گیاهان دارای رشد پسین*).
- اندام‌های رویشی را از خطرهای محیطی حفظ می‌کند.

زمینه‌ای
- بین سامانهٔ پوششی و آوندی قرار دارد.
- بافت‌های پارانشیم، کلانشیم و اسکلرانشیم دارد.
- مجموعهٔ پوست و بخش محصور شده توسط آوندها را در ریشه، ساقه و میانبرگ را در برگ‌ها ایجاد می‌کند.

آوندی
- ترابری مواد را در گیاه برعهده دارد.
- آوند چوبی مرده و آوند آبکش زنده دارد.
- یاخته‌های فیبری، پارانشیمی (*پرانشیم*) و آوندی دارد.
- در ریشه به صورت متمرکز ولی در برگ و ساقه، به صورت پراکنده در سامانهٔ زمینه‌ای است.



1. سراسر اندام گیاه را می‌پوشاند.
2. همانند پوست جانوران نقش دفاعی دارد و به عنوان سد اول دفاعی می‌باشد.
3. در برگ، ریشه‌ها و ساقه‌های **جوان**، روپوست نامیده می‌شود که معمولاً یک‌لایه‌ای است.
4. در اندام‌های مسن گیاهان دارای رشد پسین پیراپوست (*پریدرم*) نامیده می‌شود که بافتی چوب‌پنبه‌ای است.
5. پوستک، لیپیدی روی روپوست اندام‌های هوایی، سبب کاهش تبخیر آب می‌شود (*پوستک همانند غشای پایه، یاخته ندارد*).
6. نکات روپوست
   - سبب کاهش تبخیر آب از اندام‌های **هوایی** گیاه می‌شود.
   - لایه‌ای از جنس کوتین لیپیدی در روی خود در اندام‌های هوایی دارد که پوستک نامیده می‌شود.
   - پوستک نسبت به آب نفوذناپذیر است.
   - پوستک توسط اندامک‌های یاخته‌های روپوستی تولید شده و به سطح بیرونی در مجاور هوا ترشح می‌شود.
   - پوستک از نفوذ عوامل بیگانه جلوگیری کرده و سبب حفظ گیاه در مقابل سرما می‌شود.
   - گیاهان مناطق خشک پوستک ضخیم دارند (*مثل خزهره، کاکتوس و آنانس*)
7. یاخته‌های روپوستی
   - در اندام‌های هوایی
     - یاخته‌های بدون تمایز
     - یاخته‌های تمایز یافته
       - نگهبان روزنه
         - تنظیم‌کنندهٔ باز و بسته شدن روزنهٔ هوایی است.
         - کلروپلاست‌دار است ← دو دیواره با ضخامت نابرابر دارد (*فصل ۷*).
         - در بین دو نگهبان مجاور، روزنهٔ هوایی وجود دارد.
         - توانایی تولید *NADPH*، چرخهٔ کالوین و مواد آلی از معدنی دارد (*دوازدهم*).
       - کرک ← تبخیر آب را کاهش می‌دهد و کلروپلاست ندارد.
       - یاختهٔ ترشحی به ترشح مواد دفاعی، محافظ و ... می‌پردازد.
   - در ریشه
     - تار کشنده تمایز یافته دارد ولی نگهبان روزنه، کرک و پوستک ندارد.
     - هر تار کشنده، یک یاختهٔ روپوستی طویل در ریشه می‌باشد.

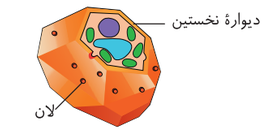
نکات سامانه‌های بافتی در گیاه آوندی

سامانهٔ بافت زمینه‌ای

فضای بین روپوست و بافت آوندی را پر می‌کند.

پارانشیم

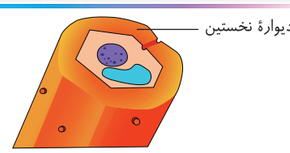
۱) رایج‌ترین بافت در سامانهٔ زمینه‌ای است.
۲) دیوارهٔ نخستین نازک غیرچوبی دارد. ← دیوارهٔ نخستین پروتوپلاست را دربر گرفته است.
۳) به آب نفوذپذیر است و فاقد دیوارهٔ پسین می‌باشد.
۴) در زخم بافتی قدرت تقسیم و ترمیم دارد.
۵) ذخیرهٔ مواد و فتوسنتز می‌کند.
۶) نوع سبزینه‌دار در برگ‌ها زیاد است. ← به صورت نرده‌ای یا اسفنجی در میانبرگ به فتوسنتز می‌پردازد (*دوازدهم*).
۷) لان دارد و دارای سوخت‌وساز می‌باشد.
۸) در اندوختهٔ (*آندوسپرم*) دانهٔ نهان‌دانگان، معمولاً حاوی یاخته‌های تریپلوئید می‌باشد (*یازدهم*).
۹) در گیاهان آبزی، فاصلهٔ بین‌یاخته‌ای زیاد و پرهوا برای تنفس یاخته‌ای دارند (*مانند ریشهٔ درختان حرا*).



«ترسیمی از یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای»

کلانشیم

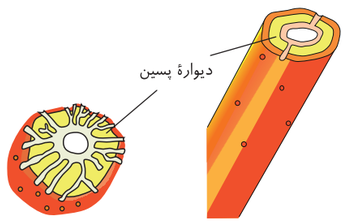
۱) یاخته‌هایی بدون دیوارهٔ پسین دارند که به نام یاختهٔ کلانشیمی می‌باشد.
۲) دیوارهٔ نخستین ضخیم دارند ← استحکامی است ولی لیگنینی نمی‌شود.
۳) استحکام دارد ولی انعطاف‌پذیر است.
۴) مانع رشد گیاه نمی‌شود.
۵) معمولاً زیر **روپوست** هستند.
۶) اندامک و سوخت‌وساز دارند.



«ترسیمی از یاختهٔ چسب‌آکنه‌ای»

اسکلرانشیم

۱) یاخته‌هایی با نام اسکلرانشیمی دارند که دو نوع اسکلرئید و فیبر می‌باشند.
۲) دیوارهٔ پسین ضخیم چوبی دارند. ← چوبی شدن، سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود.
۳) در حالت زنده، دیوارهٔ پسین آن‌ها، پروتوپلاست را دربر گرفته است (*دیوارهٔ نخستین نازک دارند*).
۴) همانند یاختهٔ کلانشیمی استحکام دارند ولی برخلاف آن‌ها انعطاف‌پذیر نیستند.
۵) یاختهٔ اسکلرئید کوتاه‌تر و لان‌دار می‌باشد.
۶) یاختهٔ فیبری آن‌ها دراز و لان‌دار می‌باشد.
۷) فیبر در تولید طناب و پارچه استفاده می‌شود.
۸) ذره‌های سخت میوهٔ گلابی، مجموعه‌ای از یاخته‌های اسکلرئیدی است.
۹) در حالت بلوغ مرده‌اند و فاقد اندامک و متابولیسم می‌باشند.



«ترسیمی از اسکلرئید»

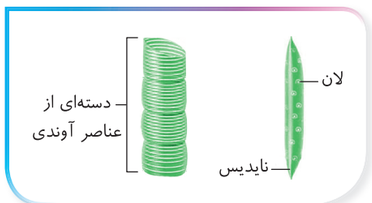
سامانهٔ بافت آوندی

ترابری مواد معدنی (*شیرهٔ خام*) و آلی (*شیرهٔ پرورده*) را در گیاه برعهده دارد که در هر اندام رویشی و زایشی وجود دارد.
از دو بافت آوندی چوبی و آبکش به وجود آمده است.
هر بافت آوندی، یاخته‌های اصلی آوندی به همراه یاخته‌های پارانشیمی و فیبرهای اسکلرانشیمی وجود دارد.

اجتماع یاخته‌های اصلی بافت آوندی

آوندهای چوبی

یاخته‌های مرده به دنبال همدیگر هستند.
فقط دیوارهٔ چوبی آن‌ها باقی مانده است.
لیگنین به شکل‌های مختلف در دیوارهٔ این یاخته‌ها وجود دارد.
دو نوع یاختهٔ تراکئید و عنصر آوندی دارند.
یاختهٔ تراکئید دوکی مرده دارند. ← آوند حاصل از آن‌ها لولهٔ پیوسته نیست و دیوارهٔ بین‌یاخته‌ای لان‌دار دارد.
یاخته‌های عنصر آوندی کوتاه مرده دارند. ← آوند حاصل از آن‌ها فاقد دیوارهٔ عرضی بوده و لولهٔ پیوسته ایجاد کرده است.
در نوع لان‌دار، دیواره در محل لان، غیرچوبی است.
شیرهٔ خام را از عرض ریشه گرفته و به کمک تعرق و فشار ریشه‌ای به اندام‌های هوایی می‌رسانند.
یاخته‌های فیبر و پارانشیم در اطراف آن‌ها وجود دارد.



آوندهای آبکش

دیوارهٔ نخستین سلولزی دارند.
دیوارهٔ آن‌ها غیرچوبی است.
دیوارهٔ عرضی به صورت **صفحهٔ آبکشی** دارند. ← آوند آن‌ها لولهٔ پیوسته و بدون دیوارهٔ عرضی نمی‌باشد.
یاختهٔ بدون هسته ولی زنده دارند. ← فرایند همانندسازی و رونویسی از ژنوم خطی ندارند (*دوازدهم*).
یاختهٔ آن‌ها سیتوپلاسم به همراه واکوئول بزرگ برای نگهداری شیرهٔ پرورده دارد.
در نهان‌دانگان ← کنار آوند آبکش، یاختهٔ همراه وجود دارد.
یاخته‌های همراه به ترابری شیرهٔ پرورده در گیاهان گل‌دار کمک می‌کنند.
در اطراف آوندها، دسته‌های فیبر آوندها را دربر گرفته است.
یاخته‌های پارانشیمی نیز در اطراف آن‌ها وجود دارد.



در آوند چوبی، یاختهٔ بالغ زنده وجود ندارد ولی در **بافت** آوند چوبی، یاخته‌های پارانشیمی زنده وجود دارد.

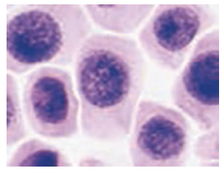
در بافت آوند آبکش:
یاختهٔ اصلی آبکشی ← زندهٔ بدون هسته است.
یاختهٔ همراه ← زندهٔ هسته‌دار است.
یاختهٔ پارانشیمی ← زندهٔ هسته‌دار است.
یاختهٔ فیبری ← مردهٔ بدون هسته با دیوارهٔ چوبی است.
این سه نوع یاخته، لیگنینی نمی‌شوند.

گفتار ۴

انواع مریستم‌ها

ویژگی یاخته‌های مریستمی

- منشأ سامانه‌های مختلف بافتی گیاهان می‌باشند.
- در نوک ساقه و ریشه بسیار بااهمیت هستند.
- به‌طور فشرده نسبت به هم قرار دارند و فضای بین‌یاخته‌ای اندکی دارند.
- هستهٔ درشت در مرکز یاخته دارند ← هسته، بیشتر حجم یاخته را تشکیل داده است.
- دائماً تقسیم می‌شوند ← یاخته‌های بافت‌های مختلف را می‌سازند.
- در صورت شرایط
  - نامساعد محیط
  - تولید محصولات زیاد
  - ← سرعت تقسیم آن‌ها کاهش می‌یابد (*یاخته‌ها پیر می‌شوند*).



یاخته‌های مریستمی

مریستم‌های نخستین

سبب رشد طولی ساقه، ریشه و تولید برگ می‌شوند و تا حدودی عرض ساقه، شاخه و ریشه را نیز زیاد می‌کنند.

مریستم نخستین ریشه

- نزدیک به انتهای ریشه قرار دارد.
- توسط کلاهک پوشیده شده است
  - کلاهک بخش یاخته‌دار، به صورت انگشتانه‌مانند است.
  - ترکیب **پلی‌ساکاریدی** ترشح می‌کند
    - سطح کلاهک را لزج می‌کند.
    - نفوذ ریشه در خاک را آسان می‌کند.
  - یاخته‌های سطح بیرونی آن به‌طور مداوم می‌ریزند و جانشین می‌شوند.
  - مریستم نوک ریشه را در برابر آسیب‌های محیطی حفظ می‌کند.
- سبب رشد طولی و تا حدی رشد قطری ریشه در خاک می‌شود.
- به سمت پایین، کلاهک می‌سازد و از بالای خود به ساخت و تمایز سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی می‌پردازد.
- سه بخش اصلی روپوست، پوست و استوانهٔ مرکزی را تشکیل می‌دهد.



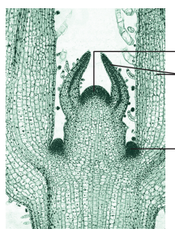
«سرلاد نزدیک به نوک ریشه در مشاهده با میکروسکوپ نوری»

مریستم نخستین ساقه

- عمدتاً در **جوانه‌ها** قرار دارند ← هر جوانه
  - یاخته‌های مریستمی دارد.
  - برگ‌های بسیار جوان دارد.
  - سبب رشد طولی ساقه می‌شود ← سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی را می‌سازد.
  - به ایجاد شاخه‌ها و برگ‌های جدید کمک می‌کند.
- محل
  - جوانهٔ انتهایی
    - محل تولید هورمون اکسین می‌باشد.
    - سبب رشد طولی ساقهٔ گیاه می‌شود.
  - جوانهٔ جـانبی
    - محل تولید هورمون سیتوکینین می‌باشد.
    - تولید شاخه و برگ جدید می‌کند.
    - هورمون اکسین در رشد آن اثر مهاری دارد.
  - فاصلهٔ بین دو گرهٔ ساقه (*میان‌گره*) ← مریستم میان‌گرهی ← تولید انشعابات جدید در ساقه
- **گره**: محلی است که برگ به ساقه یا شاخه متصل است.



«ترسیمی از ساقه و محل سرلادها در آن»



«مریستم ساقه در مشاهده با میکروسکوپ **نوری**»

مریستم‌های پسین (کامبیوم‌ها)

سبب رشد عرضی و ضخیم شدن زیاد ساقه و ریشهٔ نهان‌دانگان **درختی دولپه‌ای** می‌شود ← سبب تولید مداوم یاخته‌ها و بافت‌ها می‌شود.

در برگ و اندام‌های زایشی (*گل، میوه و دانه*) وجود ندارند.

انواع مریستم پسین (کامبیوم‌ها)

کامبیوم آوندساز

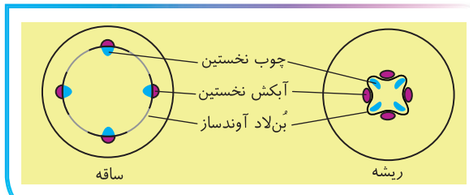
- منشأ بافت‌های آوندی **پسین** چوبی و آبکش ساقه و ریشه در گیاه درختی دولپه‌ای می‌شود.
- بین آوند آبکش و چوب نخستین تشکیل می‌شود (*در سامانهٔ بافت آوندی تشکیل می‌شود*).
- به سمت داخل بافت آوندی چوب‌های پسین قطور و به سمت خارج بافت آوندی، آبکش‌های پسین نازک‌تر می‌سازد.
- در ریشه ابتدا حلقوی نیست ولی در ساقه از ابتدا حلقوی‌شکل است (*گل مقابل*).
- پس از تولید ساقهٔ ضخیم درخت، خارجی‌ترین بخش تنهٔ درخت می‌باشد یعنی در زیر پوست درخت قرار دارد.
- به هر سمت، فیبر و پارانشیم نیز می‌سازد.

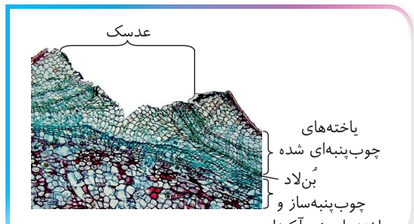
کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز

- در سامانهٔ بافت زمینه‌ای ساقه و ریشهٔ دولپه‌ای‌های درختی تشکیل می‌شود.
- به سمت درون، یاخته‌های پارانشیمی (*پارانشیم*) می‌سازد.
- به سمت بیرون، یاخته‌هایی می‌سازد که به تدریج چوب‌پنبه‌ای و مرده می‌شوند (*کوتینی شدن دیواره دارند*).
- به بن‌لاد چوب‌پنبه‌ساز و یاخته‌های پارانشیمی و چوب‌پنبه‌ای حاصل از آن پریدرم (*پیراپوست*) می‌گویند.

پیراپوست (پریدرم)

- در اندام‌های مسن، جانشین روپوست می‌شود.
- به دلیل چوب‌پنبه‌ای شدن، به آب و گازها نفوذناپذیر است.
- بافت‌های زیر چوب‌پنبهٔ آن، زنده هستند و نیاز به گاز تنفسی دارند.
- عدسک‌ها که مناطق برآمده در بین چوب‌پنبه‌ها است برای انتقال گاز دارند.

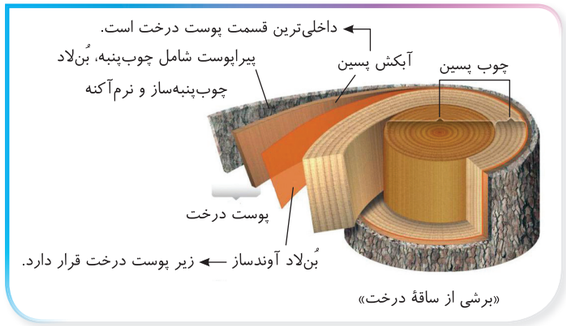




در برش ساقهٔ درخت دارای چند سال رشد پسین

پوست درخت

- داخلی‌ترین لایه آن ← بافت آبکش‌های پسین (*یاختهٔ آبکش - همراه - پارانشیم - فیبر*)
- پیراپوست (*پریدرم*) از داخل به خارج
  - یاخته‌های پارانشیمی
  - کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز پسین
  - چوب‌پنبه‌های پسین و عدسک‌ها ← خارجی‌ترین لایه
- پوست درخت از بن‌لاد آوندساز در برابر عوامل محیطی مراقبت می‌کند.
- در بین بافت‌های مختلف، فقط آوند چوبی و کامبیوم آوندساز جزء آن نمی‌باشد.



«برشی از ساقهٔ درخت»

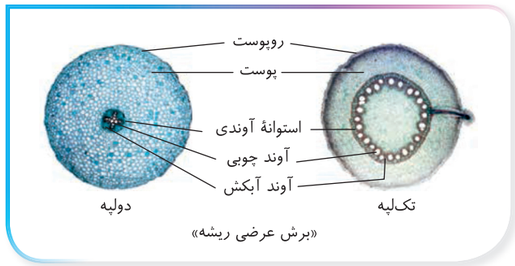
تنهٔ درخت

- وسیع‌ترین بخش درخت است.
- بن‌لاد (*کامبیوم*) آوندساز ← خارجی‌ترین لایه
- آوندهای چوبی پسین بیشترین حجم درخت را تشکیل می‌دهند.
- چوب نخستین
  - از نوع تراکئیدها و عناصر آوندی پسین می‌باشد.
  - درونی‌ترین لایه است.
  - بیشترین حجم درخت را دربر می‌گیرد.

بررسی ساختارهای نخستین

ریشه

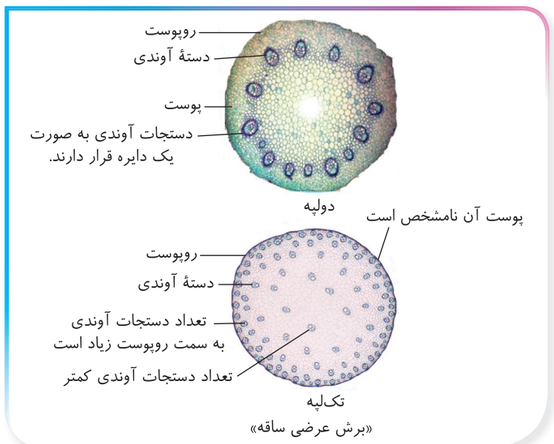
- تک‌لپه‌ای‌ها
  - روپوست و تار کشنده دارد.
  - سامانهٔ زمینه‌ای
    - پوست مشخص دارد
      - پوستک و روزنهٔ هوایی ندارد.
      - از بافت پارانشیم ذخیره‌ای و اسکلرانشیم استحکامی تشکیل شده است.
    - بافت محصور در آوندهای تک‌لپه‌ای‌ها
  - بافت آوندی یک در میان
    - چوبی
    - آبکش
  - به صورت افشان می‌باشد.
- دولپه‌ای‌ها
  - روپوست و تار کشنده دارد ← پوستک و روزنهٔ هوایی ندارد.
  - بیشترین نسبت پوست به بخش آوندی در آن دیده می‌شود.
  - در انواع درختی آن‌ها دو نوع کامبیوم ایجاد می‌شود.
  - بخش آوندی بسیار کم‌حجم و درونی‌ترین است.



«برش عرضی ریشه»

ساقه

- تک‌لپه‌ای‌ها
  - روپوست ← نگهبان، کرک، کوتین (*پوستک*) و روزنه دارد.
  - پوست تحلیل رفته است و حد بین آن و دسته‌های آوندی نامشخص است.
  - دستجات آوندی
    - بیشتر حجم ساقه را فرا گرفته است.
    - آوند چوبی درونی و آبکش بیرونی در یک امتداد دارند.
    - به صورت دسته‌هایی در محیط دوایر متعدد وجود دارند که به سمت روپوست تعداد بیشتری با اندازهٔ کوچک‌تری دارند.
- دولپه‌ای‌ها
  - روپوست ← نگهبان، کرک، پوستک و روزنه دارند.
  - پوست نازک ولی مشخص دارند.
  - دستجات آوندی ← آوندهای در امتداد هم (*چوب درونی و آبکش بیرونی*)
    - فاصلهٔ روپوست با هر دستهٔ آوندی با سایر دستجات تفاوتی ندارد.
    - دسته‌های آوندی مجزا در محیط یک دایره ولی در دستجات مجزا قرار دارد.
  - در انواع درختی آن‌ها دو نوع کامبیوم ایجاد می‌شود.



«برش عرضی ساقه»

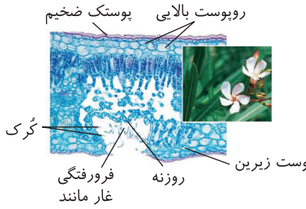
سازش گیاهان با محیط

سازش در مناطق کم‌آب

- مساحت زیادی از ایران را مناطق خشک و کم‌آب تشکیل داده است که انواعی از گیاهان در آن وجود دارد.
- پوشش گیاهی در این مناطق اندک است.
- باید توانایی کم کردن تبخیر و جذب آب بالا داشته باشند. ← فعالیت هورمون **آبسیزیک اسید** در گیاهان این مناطق زیاد است.
- گیاهان *CAM* مثل آناناس و برخی کاکتوس‌ها از آن‌ها می‌باشند که روزنهٔ هوایی خود را در شب باز کرده و در روز می‌بندند.

روزنه در غار

- در خرزهره خودرو دیده می‌شود.
- پوستک ضخیم در مجاورت روپوست بالایی و پایینی برگ خود دارند.
- روزنه‌های هوایی آن در فرورفتگی غارمانند قرار می‌گیرند.
- کرک فراوان در فرورفتگی‌ها دارند.
- کرک‌ها رطوبت هوا را گرفته و اطراف روزنه را مرطوب کرده ← زیادی رطوبت سبب بسته شدن روزنهٔ هوایی و کاهش تعرق می‌شود.
- ضخامت پوستک در روپوست بالایی برگ آن‌ها بیشتر است.



«روزنه‌ها در برگ خرزهره در فرورفتگی‌های غار مانند قرار دارند»

- برخی گیاهان این مناطق، ترکیبات پلی‌ساکاریدی در واکوئول برای جذب فراوان آب دارند. ← در دورهٔ کم‌آبی از آن استفاده می‌کنند.
- در این گیاهان برگ، ساقه یا هر دو دارای حالت گوشتی و پرآب می‌باشند.

سازش در مناطق پرآب

- گیاهان موجود در آب فراوان، مشکل کمبود اکسیژن دارند.
- پارانشیم (*پِرانشیم*) هوادار در ریشه، ساقه و برگ دارند. ← در فضای بین‌یاخته‌ای خود، حفره‌های بزرگ پرهوا دارند.
- ریشهٔ درختان جنگل حرا در سیستان و بلوچستان در آب و گل قرار دارد
  - شُش ریشه‌ها یعنی ریشه‌های بیرون آمده از سطح آب برای گرفتن اکسیژن دارند.
  - این گیاهان آبزی می‌باشند.

گفتار ۱ تغذیهٔ گیاهی

نکته در پاراگراف اول کتاب درسی چند نکتهٔ بسیار مهم نهفته بود
- همهٔ گیاهان فتوسنتزکننده نیستند (*بیشترآن‌ها هستند*).
- فتوسنتز همهٔ نیازهای غذایی را برطرف نمی‌کند (*آب و مواد معدنی باید از بیرون گرفته شوند*).
- گیاه ابتدا با فتوسنتز کربوهیدرات می‌سازد و سپس با تبدیل آن و مواد دیگر، سایر مولکول‌های زیستی را می‌سازد.
- جذب مواد مورد نیاز فقط از ریشه صورت نمی‌گیرد.

بیشتر گیاهان
- مواد معدنی مورد نیاز خود را از ریشه می‌گیرند. ← خزه و گیاهان انگل مثل سس، ریشه ندارند.
- با فتوسنتز، بخشی از مواد آلی مورد نیاز خود را تولید می‌کنند ← ولی همگی به مواد مغذی مثل آب و مواد معدنی نیاز دارند.

جذب CO_2
- همراه سایر گازها از هوا جذب می‌کنند ← در فتوسنتز به کمک آن، مواد آلی می‌سازند (*کربن اساس مواد آلی است که طی فتوسنتز تثبیت می‌شود*).
- از فضاهای بین‌یاخته‌ای و اغلب از روزنه‌های هوایی وارد گیاه می‌شود.
- مقداری با حل شدن در آب ← محلول بیکربنات می‌شود ← توسط گیاه جذب می‌شود.

ساختار خاک

ترکیبی از مواد آلی، غیرآلی و ریزجانداران (*میکروارگانیسم‌ها*) می‌باشد ← به علت تفاوت در ترکیبات خود، در مناطق مختلف ویژگی‌های متفاوتی در نگهداری آب، *pH*، هوا و مواد مختلف دارند.

بخش آلی خاک
- همان گیاخاک (*هوموس*) است
  - لایهٔ سطحی خاک است.
  - بیشتر از بقایای جانداران و اجزای در حال تجزیه شدن آن‌ها ایجاد می‌شود.
- برخی اجزای آلی گیاخاک ← موادی بار منفی دارند ← با نگه داشتن یون‌های مثبت در سطح خاک، مانع شستن این یون‌ها می‌شوند.
- گیاخاک باعث نرمی و اسفنجی شدن خاک می‌شود ← نفوذ ریشه را آسان می‌کند (*گیاخاک و پلی‌ساکارید کلوچک، دو عامل برای تسهیل ورود ریشه در خاک می‌باشند*).

ذرات غیرآلی خاک

در اثر هوازدگی سنگ‌ها با تخریب فیزیکی یا شیمیایی سنگ ایجاد می‌شوند.
از ذرات بسیار کوچک رس تا درشت شن و ماسه می‌باشد ← خاک رسی برخلاف ماسه‌ای در انتقال مواد به درون خود مقاومت می‌کند.

انواع هوازدگی
- فیزیکی ← با تغییرات متناوب یخ زدن و ذوب شدن آب ← سبب خرد شدن سنگ‌ها می‌شود ← ذرات معدنی را آزاد می‌کند.
- شیمیایی ← در اثر اسیدهای تولید شده برخی جانداران یا ریشهٔ گیاهان ایجاد می‌شوند ← مواد معدنی خاک را تأمین می‌کنند.

جذب نیتروژن

به همراه کربن، هیدروژن، اکسیژن و فسفر در ساختار مولکول‌های وراثتی یا پروتئین‌ها دیده می‌شود.
۷۸٪ جو زمین گاز N_2 است ← N_2 به صورت گازی توسط گیاه جذب نمی‌شود (*مگر در گیاهان تراآرنی شده*).
گیاه، بیشتر نیتروژن مورد نیاز را به صورت نیترات (NO_3^-) یا آمونیوم (NH_4^+) می‌گیرد (*یون مثبت یا منفی*).
نیترات و آمونیوم بیشتر در خاک و توسط ریزجانداران (*میکروارگانیسم‌ها*) تولید می‌شوند.

تثبیت نیتروژن

بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد زیستی باکتری‌هاست.
فرایند تبدیل N_2 گازی جو به آمونیوم (NH_4^+) می‌باشد که توسط برخی باکتری‌های آزاد خاکزی یا همزیست با گیاهان انجام می‌شود.
مقدار قابل توجهی از نیتروژن تثبیت شده از باکتری‌ها دفع می‌شود و مقداری نیز پس از مرگ قابل دسترس گیاه قرار می‌گیرد.

دو گروه مهم باکتری‌های همزیست با گیاهان برای تثبیت نیتروژن
- ریزوبیوم‌ها
  - با ریشهٔ گیاه پروانه‌واران همزیستی می‌کنند.
  - قدرت تثبیت کربن ندارند.
  - مواد معدنی را به آلی تبدیل نمی‌کنند.
  - قدرت تثبیت نیتروژن دارند.
- سیانوباکتری‌ها
  - با اندام هوایی گیاهان همزیستی می‌کنند.
  - همگی قدرت تثبیت کربن دارند.
  - برخی قدرت تثبیت نیتروژن دارند.

امروزه تلاش دارند ژن تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن را از باکتری‌ها جدا کنند و به گیاهان اضافه کنند ← در این حالت گیاه به تثبیت نیتروژن می‌پردازد.

باکتری‌های آمونیاک‌ساز

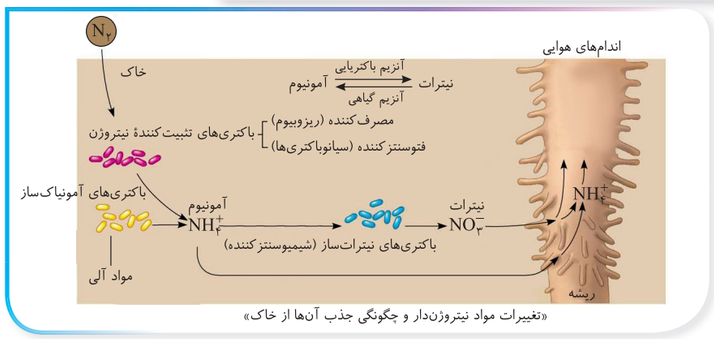
سبب تولید آمونیوم از مواد آلی خاک می‌شوند.
قدرت تثبیت نیتروژن و کربن (*متوسنتز*) ندارند.

باکتری‌های نیترات‌ساز

در خاک سبب تبدیل آمونیوم (NH_4^+) به نیترات (NO_3^-) می‌شوند.
باکتری‌های شیمیوسنتزکننده هستند که توانایی تثبیت کربن (*بدون متوسنتز*) دارند.
انرژی تولیدکنندگی خود را از اکسایش مواد معدنی به دست می‌آورند.

نیترات اگر وارد گیاه شود، دوباره در ریشهٔ گیاه به آمونیوم (NH_4^+) تبدیل می‌شود تا مصرف شود.
باکتری‌های آمونیوم‌ساز می‌توانند آمونیاک‌سازها یا تثبیت‌کننده‌های نیتروژن باشند که هیچ‌کدام شیمیوسنتزکننده نیستند.

جذب مواد معدنی خاک



«تغییرات مواد نیتروژن‌دار و چگونگی جذب آن‌ها از خاک»

جذب و انتقال مواد در گیاهان

جذب و انتقال مواد در گیاهان

جذب فسفر
- کمبود آن رشد گیاهان را محدود می‌کند.
- گیاهان این عنصر را به صورت یون‌های فسفات (*یون منفرد*) از خاک می‌گیرند. ← اسید گیاخاک، فسفات را حفظ می‌کند.
- فسفات در خاک فراوان است ولی اغلب برای گیاهان غیرقابل دسترس می‌باشد ← چون به‌طور محکم با برخی ترکیبات معدنی خاک اتصال دارد.
- برخی گیاهان با گسترش انشعابات ریشه و تارهای کشنده، سبب جذب بهتر فسفات می‌شوند.

انواع کودها برای بهبود کمبودهای خاک
- اصلاح خاک ← آماده کردن آن برای کشت گیاه
- زیست‌شناسان برای تشخیص نیازهای تغذیه‌ای گیاهان ← آن‌ها را در محلول‌های مغذی رشد می‌دهند
  - این شیوه برای تشخیص اثرات عناصر بر رشد و نمو گیاهان نیز استفاده می‌شود.
  - این محلول‌ها، آب و عناصر مغذی را به مقدار معین دارند.
  - در محلول مغذی، حباب‌های هوا ایجاد می‌شود.
- ویژگی کودها
  - به خاک‌هایی که کمبود مواد دارند، اضافه می‌شوند تا حاصلخیز شوند.
  - همگی سبب افزایش **مواد معدنی** در درون خاک می‌شوند.
  - چون در اغلب خاک‌ها مقدار **نیتروژن**، **فسفر** و **پتاسیم قابل دسترس** محدود است ← **بیشتر** کودها این عناصر را دارند.

کود آلی
- **اجزاء**: بقایای در حال تجزیه جانداران می‌باشند. ← مقدار هوموس خاک را زیاد می‌کنند.
- **ویژگی**:
  - مواد معدنی به **آهستگی** از مواد آلی آن آزاد می‌شود (*سبب تسهیل هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها می‌شوند*).
  - چون به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند ← استفادهٔ زیاد از آن‌ها به گیاه آسیب **کمتری** می‌زند.
- **معایب**: احتمال **آلودگی** آن‌ها به عوامل بیماری‌زا زیاد است.

کود شیمیایی
- **اجزاء**: حاوی مواد معدنی هستند.
- **ویژگی**: **به راحتی** مواد معدنی را وارد خاک می‌کند ← به **سرعت** کمبود مواد مغذی خاک را جبران می‌کنند.
- **معایب**:
  - مصرف زیاد آن سبب **آسیب به خاک** و محیط زیست شده و بافت خاک را تخریب می‌کند.
  - با ریزش باران ← مواد معدنی آن وارد آب شده ← سبب رشد سریع باکتری، جلبک و گیاه آبزی می‌شود ← مانع نفوذ نور و O_2 به آب شده ← سبب مرگ‌ومیر **جانوران** آبزی می‌شوند.

کود زیستی
- حاوی **باکتری** می‌باشد ← برای خاک مفیدند ← ضمن فعالیت و تکثیر خود، مواد معدنی خاک را افزایش می‌دهند.
- ویژگی ← استفاده از آن‌ها بسیار ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر از سایر کودهاست ← معمولاً با کود **شیمیایی** استفاده می‌شوند.
- معایب ← معایب دو نوع کود دیگر یعنی آلودگی یا آسیب به خاک را ندارند.

سازش با زیادی مواد در خاک
- بعضی گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از مواد سمی را درون خود به صورت ایمن نگه دارند.
- **نوعی** سرخس، **آرسنیک** سمی خاک را در خود جمع می‌کند.
- گیاه گل ادریسی ← در خاک **اسیدی** ← **آلومینیوم** در بافت و **واکوئل‌ها** ذخیره کرده ← گلبرگ‌شان در خاک اسیدی شده، از صورتی به آبی تغییر می‌کند.
- گلبرگ گیاه گل ادریسی
  - در خاک خنثی و قلیایی ← صورتی‌رنگ است.
  - در خاک اسیدی ← به علت تجمع آلومینیوم ← آبی‌رنگ می‌شود
  - با یک نوع ژنوتیپ، برحسب محیط دو نوع شکل ظاهری یا فنوتیپ را نشان می‌دهد.
  - نمونه‌ای از سازش جاندار با محیط می‌باشد.
- برخی گیاهان ← با جذب و ذخیرهٔ نمک ← با کاشت و برداشت چند سال به صورت پی‌درپی ← سبب کاهش شوری خاک و بهبود کیفیت آن می‌شوند.



ارتباط گیاهان با سایر جانداران محیط

همزیستی

همزیستی گیاه با دو گروه مهم از باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن (در محیط دارای نیتروژن کم)

- همزیستی ریشهٔ گیاهان با **انواعی** از قارچ‌هاست. ← (*خزه‌گیان ریشه ندارند و همانند گیاهان آوند در این همزیستی شرکت نمی‌کنند.*)
- در ٪۹۰ گیاهان دانه‌دار برای جذب آب و مواد مغذی دیده می‌شود.
- رشته‌های قارچ علاوه بر دور، به درون ریشه می‌روند و تبادل مواد می‌کنند.
- قارچ‌ها در سطح ریشه‌اند و رشته‌های ظریف خود را وارد ریشه می‌کنند.
- ریشهٔ گیاه، مواد آلی به قارچ می‌دهد، قارچ نیز مواد معدنی (*مخصوصاً فسفات*) را به گیاه وارد می‌کند.
- رشته‌های بدن قارچ نسبت سطح به حجم زیاد برای گرفتن مواد دارد.
- در وضعیت برابر محیطی، گیاهان همزیستی‌کننده با قارچ، رشد بیشتری از گیاه فاقد این رابطه دارند.

قارچ ریشه‌ای (میکوریزا)

- از گذشته برای تقویت خاک، کشت پی‌درپی گیاهان زراعی مختلف مثل تیرهٔ پروانه‌واران صورت می‌گرفت.
- این همزیستی بین گیاهان **زراعی** تیرهٔ پروانه‌واران با باکتری‌های مصرف‌کنندهٔ ریزوبیوم است.
- **گل** این گیاهان به پروانه شباهت دارد.
- سویا، نخود و یونجه از این تیره می‌باشند.
- این باکتری‌ها در **گرهک**‌های برجسته روی **ریشهٔ** آن‌ها زندگی می‌کنند.
- این باکتری‌ها، با تثبیت نیتروژن، آمونیوم زیادی را وارد گیاه می‌کنند.
- هنگام مرگ این گیاهان یا برداشت بخش‌های هوایی آن‌ها ← گرهک ریشه‌ها که پر از باکتری و آمونیوم است در خاک می‌ماند ← گیاخاک (*هوموس*) غنی از نیتروژن ایجاد می‌کند.
- گیاه، مواد آلی ساخته شده طی فتوسنتز را از طریق ریشهٔ خود به باکتری‌ها می‌رساند.

همزیستی ریشهٔ گیاه پروانه‌واران با ریزوبیوم‌ها

همزیستی اندام هوایی گیاه با سیانوباکتری‌ها

- همهٔ این باکتری‌ها فتوسنتز می‌کنند (*قدرت تثبیت کربن CO_2 دارند*) و **برخی** از آن‌ها نیتروژن را تثبیت می‌کنند.

همیاری سیانوباکتری با گیاه آزولا

- گیاهی آبزی کوچک در تالاب‌های شمال ایران است. ← این گیاه معضل کنونی تالاب‌های شمال کشور می‌باشد.
- گیاه در مزارع برنج شمال کشور می‌باشد. ← گیاه آزولا پارانشیم‌ها با فضای بین‌یاخته‌ای فراوان و پرهوا دارد.
- با سیانوباکتری‌ها همزیستی می‌کند و نیتروژن تثبیت کردهٔ آن‌ها را به صورت آمونیوم می‌گیرد.
- رشد سریع دارد و سبب کاهش O_2 آب شده است. ← سبب مرگ بسیاری از آبزیان می‌شود.

همیاری گونرا

- رشد بسیار زیادی همراه همزیستی با سیانوباکتری‌ها در مناطق غیرحاصلخیز دارند.
- باکتری‌های فتوسنتزکننده در حفرات **کوچک** شاخه، ساقه و دمبرگ آن‌ها رشد می‌کنند.
- در نواحی فقر نیتروژن به دلیل همزیستی با سیانوباکتری‌ها، رشد بسیار زیادی دارند.
- باکتری از محصولات فتوسنتزی گیاه نیز استفاده می‌کند.

ویژگی سیانوباکتری‌ها

- باکتری‌های فتوسنتزکننده و اکسیژن‌زا می‌باشند.
- تنها باکتری‌های فتوسنتزکننده هستند که سبزینهٔ a دارند.
- منبع انرژی فتوسنتز آن‌ها نور خورشید است.
- منبع الکترون فتوسنتز آن‌ها از آب است.
- سبزدیسه ندارند ولی سبزینهٔ a دارند.
- همگی طی فتوسنتز به تثبیت کربن (CO_2) می‌پردازند.
- بعضی از آن‌ها توانایی تثبیت نیتروژن دارند.
- با گیاهان بزرگ و کوچک همزیستی می‌کنند.

رابطهٔ صیادی گیاهان حشره‌خوار

- گیاهانی مثل توبره‌واش هستند (*توبره‌واش گیاه آبزی با برگ کوزه‌مانند است*).
- فتوسنتزکننده‌اند و توانایی تثبیت کربن دارند.
- در مناطق دارای فقر نیتروژن زندگی می‌کنند (*مانند گونرا*).
- **برخی** برگ‌های آن‌ها زوائد حساسی برای شکار و گوارش جانوران کوچک (*حشرات*) دارند.
- حشرات و لارو کوچک آن‌ها را به سرعت وارد بخش کوزه‌مانند برگ خود می‌کنند.
- حشرات را توسط آنزیم‌های گیاه، گوارش می‌دهند و از نیتروژن آن‌ها بهره می‌برند.

گیاهان انگل

- **همه** یا **بخشی** از آب و مواد غذایی خود را از گیاهان فتوسنتزکننده دریافت می‌کنند.
- توانایی فتوسنتز ندارند (*کربن را تثبیت نمی‌کنند*).

گیاه سس

- ریشه ندارد (*از این نظر مانند خزه‌گیان می‌باشد*).
- ساقهٔ نارنجی یا زردرنگ دارد.
- به دور گیاه سبز میزبان می‌پیچد.
- بخش‌های مکنده ایجاد کرده و آن را به درون آوند گیاه میزبان وارد می‌کند.
- از آوند گیاه میزبان، مواد مورد نیاز را می‌گیرد.

گل جالیز

- نوعی گیاه انگل می‌باشد.
- اندام مکنده و نفوذکننده به ریشهٔ گیاه جالیزی (*گوجه‌فرنگی*) دارد.
- مواد مغذی را از **ریشهٔ** گیاهان میزبان می‌گیرد.

- گل جالیز نام یک گیاه انگل است که فتوسنتز نمی‌کند ولی گیاهان جالیزی (*گوجه‌فرنگی*)، قدرت فتوسنتز دارند و میزبان گل جالیز می‌باشند.

گفتار ۳

انتقال مواد در گیاه

انتقال از خاک به برگ

آب و مواد مورد نیاز گیاه ← اغلب از راه خاک وارد ریشه می‌شود ← بخش **زیادی** از این آب جذب شده ← بخار آب، در نهایت از اندام‌های هوایی مخصوصاً سطح برگ تبخیر می‌شود.

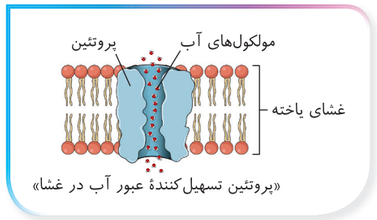
تعرق
- خروج آب به صورت **بخار** از سطح اندام‌های **هوایی** گیاه است.
- سازوکار لازم برای جابه‌جایی آب و مواد معدنی به برگ می‌باشد.
- مهم‌ترین عامل در صعود شیرهٔ خام در آوندهای چوبی گیاهان می‌باشد.

انواع مسیر انتقال مواد
- (۱) مسیر کوتاه ← جابه‌جایی مواد و آب در سطح یک یا چند یاخته می‌باشد
  - سرعت آن چند میلی‌متر در روز است.
  - عبور شیرهٔ خام از خاک تا آوند ریشه
  - انتقال مواد بین بخش‌های مختلف برگ
- (۲) مسیر بلند ← به کمک آوندها و تا مسیرهای طولانی از ریشه تا برگ می‌باشد (*جریان توده‌ای*) ← سرعت آن چند متر در روز است.

ویژگی‌های آب
- عامل اصلی و نقش اساسی برای انتقال مواد در گیاه دارد.
- هر قسمتی آب بیشتری دارد و مواد محلول کمتری دارد ← نسبت مقدار آب بیشتری دارد ← به مناطق کم‌آب‌تر، آبدهی می‌کند.
- همواره آب از منطقه با مقدار آب بیشتر به سمت کمتر می‌رود.
- تراکم و غلظت مواد در آب خالص صفر است که خاصیت آبدهی آن از محلول‌ها بیشتر است.
- هرچه مواد حل شده در آب بیشتر باشد، فشار اسمزی آن محلول و تمایل به جذب آب آن زیادتر می‌شود.

انتقال مواد در سطح یک‌یاخته

- جابه‌جایی مواد به صورت فعال یا غیرفعال در حد یاخته صورت می‌گیرد.
- انتشار، اسمز و انتقال فعال در عبور مواد آن‌ها مؤثرند.
- برخی یاخته‌های گیاهی، جانوری و غشای واکوئول برخی یاخته‌های گیاهی ← کانال پروتئینی سراسری مخصوص آب دارند
  - به سر آبدوست و دم‌های آب‌گریز فسفولیپیدهای غشا متصل است.
  - مخصوص عبور آب از عرض غشا است.
  - سرعت عبور آب را زیاد می‌کند.
  - در کم‌آبی، ساخت آن زیاد می‌شود.
  - تولید آن‌ها با مقدار آبسیزیک اسید گیاه رابطهٔ مستقیم دارد.

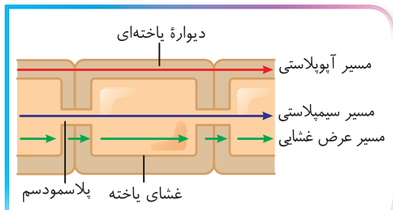


«پروتئین تسهیل‌کنندهٔ عبور آب در غشا»

انتقال مواد در عرض ریشه (چند یاخته)

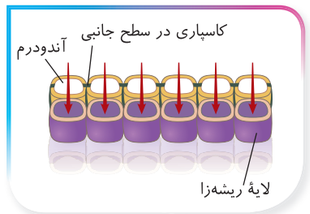
مسیر کوتاه

سه روش عبور دارد
- انتقال از عرض غشا ← از فضای بین رشته‌های سلولزی دیواره و در ادامه فضای بین فسفولیپیدهای غشای پلاسمایی عبور می‌کنند تا از سیتوپلاسم رد شود.
- سیمپلاستی ← از راه پلاسمودسم است
  - آب و بسیاری مواد محلول کوچک و بزرگ را عبور می‌دهد ← مواد را از دیواره و غشا عبور نمی‌دهد.
  - پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی را عبور می‌دهد.
- آپوپلاستی
  - فقط از دیواره و فضای بین‌یاخته‌ای است ← از غشا، فسفولیپیدها و پروتئین‌های آن عبور نمی‌کند.
  - مواد مضر و ناخواسته را نیز عبور می‌دهد چون غشایی برای آن محدودیت ایجاد نمی‌کند.
  - در دیواره‌های چوبی یا چوب‌پنبه‌ای شده به بن‌بست می‌خورد.
- پروتوپلاست در انتقال از مسیرهای عرض غشایی و سیمپلاستی نقش دارد.

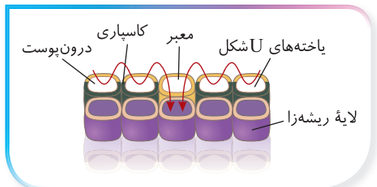


«شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه»

ویژگی درون‌پوست (آندودرم) ریشه و راه عبور مواد از آن
- درونی‌ترین لایه پوست ریشه است ← استوانهٔ **ظریف** از یاخته‌های به هم **فشرده** است ← سدی چوب‌پنبه‌ای در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کند.
- از داخل به لایه‌ای یاخته‌ای به نام لایهٔ ریشه‌زا متصل است.
- انتقال مواد را به درون گیاه کنترل می‌کند.
- در چهار سطح جانبی خود نوار کاسپاری چوب‌پنبه‌ای (*سوبرینی*) دارد
  - به راه آپوپلاستی اجازهٔ انتقال مواد به درون آندودرم نمی‌دهند.
  - مانند صافی مانع عبور مواد از دیواره می‌شوند ← مانع از ورود مواد ناخواسته یا مضر از مسیر آپوپلاستی می‌شوند.
  - مانع بازگشت مواد به سمت پوست ریشه می‌شوند.
  - معمولاً مواد از راه سیمپلاستی به آن وارد می‌شوند.



یاختهٔ معبر
- در آندودرم ریشهٔ برخی گیاهان وجود دارد.
- در هر سطوحی از خود فاقد نوار کاسپاری می‌باشد.
- با هر سه مسیر به مواد اجازه عبور می‌دهد و آن‌ها را وارد بخش داخلی‌تر از پوست می‌کند.
- در یاخته‌های کنار آن یاخته‌های *U* مانند با ۵ سطح نوار کاسپاری وجود دارد.
  - علاوه بر دیواره‌های جانبی، دیوارهٔ پشتی آن نیز کاسپاری دارد.
  - مواد معمولاً از روش سیمپلاستی وارد یاختهٔ *U*مانند شده ولی از آن عبور نمی‌کنند.
  - مواد وارد شده به یاختهٔ *U*شکل از راه سیمپلاستی به یاخته‌های قبلی و سپس مجاور می‌رود تا در نهایت برای ورود به استوانهٔ آوندی به یاختهٔ معبر برسد.



انواع مسیر جابه‌جایی مواد

بعد از آندودرم، هر سه مسیر عبوری در رساندن شیرهٔ خام به آوند چوبی ریشه یا همان بارگیری چوبی نقش دارند.

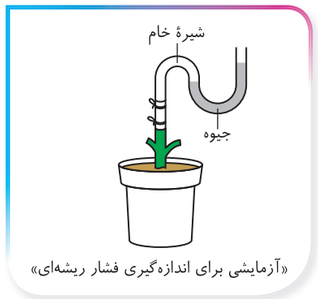
جذب و انتقال مواد در گیاهان

عوامل مؤثر در صعود شیرهٔ خام در آوند چوبی

سرعت عبور آب
- با انتشار در مسیر کوتاه ← چند میلی‌متر در روز
- با جریان توده‌ای در مسیر بلند ← چند متر در روز

جریان توده‌ای مسیرهای بلند
- با انتشارها مقدور نمی‌باشد.
- به جریان توده‌ای مواد برای عبور در آوندها نیاز دارد.
- در آوند چوبی ← جریان توده‌ای شیرهٔ خام تحت تأثیر چند عامل است
  - فشار ریشه‌ای
  - تعرق (*مهم‌ترین عامل*)
  - خواص ویژه آب (*هم‌چسبی و دگرچسبی*)
  - تعریق
- در آوند آبکش ← جریان توده‌ای ویژه برای عبور فعال شیرهٔ پرورده وجود دارد که سرعت آن از آوند چوبی کمتر است.
- آوند چوبی در انتقال مواد برخلاف آوند آبکش، نقش فعال ندارد و مواد را فقط به سمت بالا هدایت می‌کند.

فشار ریشه‌ای
- در اثر انتقال فعال یون‌های معدنی از آندودرم و یاخته‌های زندهٔ استوانهٔ آوندی ریشه به آوندهای چوبی وارد می‌شوند.
- به دنبال ورود یون‌ها به آوند چوبی ← نسبت مقدار آب به املاح در آوند چوبی کم می‌شود ← آب وارد آوند چوبی می‌شود ← فشار ریشه‌ای، شیرهٔ خام را از پایین به سمت بالا هُل می‌دهد.
- در بیشتر گیاهان ← نقش **کمی** در صعود شیرهٔ خام دارد.
- در بهترین حالت ← **چند متر** شیرهٔ خام را بالا می‌برد.
- شکل روبه‌رو نشان می‌دهد که اگر رابطهٔ ساقهٔ گیاه را با بخش‌های هوایی قطع کنیم ← باز هم به دلیل فشار ریشه‌ای، صعود شیرهٔ خام در گیاه مشاهده می‌شود.



«آزمایشی برای اندازه‌گیری فشار ریشه‌ای»

تعرق

عوامل مؤثر در باز و بسته شدن روزنهٔ هوایی

عوامل درونی
- مقدار آب گیاه ← هرچه آب گیاه ↑ ← باز شدن روزنه ↑
- هورمون‌های گیاهی ← آبسیزیک اسید ↑ ← باز شدن روزنه ↓
- موقعیت روزنه‌ها
  - سطحی یا برآمده‌ها ← تعرق را زیاد می‌کنند.
  - فرو رفته در روپوست یا پوشیده از کرک ← تعرق را کم می‌کنند.
- تعداد روزنه‌ها ↑ ← تعرق ↑
- کاهش سطح برگ ← تعداد روزنه‌ها ↓ ← تعرق ↓
- تعداد روزنه‌ها در سطح تحتانی برگ از فوقانی آن بیشتر است.

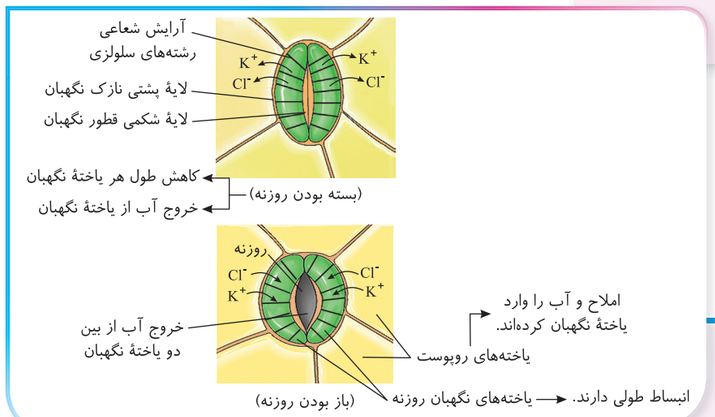
عوامل بیرونی
- نور ↑ ← سبب باز شدن روزنه‌ها می‌شود.
- دما ↑ ← سبب باز شدن روزنه‌ها می‌شود. ← تعرق را بالا می‌برد.
- CO_2 ↓ ← سبب باز شدن روزنه‌ها می‌شود.
- رطوبت محیط ↑ ← تعرق کمتر می‌شود و روزنه‌ها مسدودتر هستند.
- روزنهٔ هوایی گیاهان *CAM* مثل آناناس و برخی کاکتوس‌ها ← در روز بسته و در شب باز می‌شود ← مانع تعرق شدید در مناطق گرم و خشک می‌شود.

محل تعرق
- از پوستک، عدسک‌ها و مخصوصاً از روزنه‌های هوایی صورت می‌گیرد.

ویژگی روزنه‌های هوایی
- منفذ بین دو یاختهٔ نگهبان روپوستی در اندام‌های هوایی می‌باشد.
- باز و بسته شدن آن‌ها به دلیل ساختار خاص یاخته‌های نگهبان و تغییر فشار تورژسانس در این یاخته‌هاست.

مکانیسم باز شدن روزنه‌ها ← انباشت ساکارز و یون‌های محلول K^+ و Cl^- در یاخته‌های نگهبان ← انتقال آب از یاختهٔ روپوستی به نگهبان روزنه ← تورژسانس یاخته‌های نگهبان و رشد طولی آن‌ها ← رشته‌های شعاعی سلولزی دیوارهٔ نگهبان، مانع گسترش عرضی می‌شود. ← کشیده شدن دو یاختهٔ نگهبان به سمت لایهٔ نازک پشتی خود ← باز شدن روزنهٔ هوایی ← خروج آب از بین دو یاختهٔ نگهبان یا همان روزنهٔ هوایی

- ضخامت دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان در سمت دهانهٔ روزنه (*لایهٔ شکمی*) بیشتر از سمت خارجی آن (*لایهٔ پشتی*) است.
- تورژسانس نگهبان ← انبساط بیشتر دیوارهٔ پشتی نگهبان ← سبب خمیدگی نگهبان‌ها به سمت روپوست و باز شدن روزنهٔ هوایی می‌شود.
- ورود آب به درون یاختهٔ نگهبان ← افزایش طول نگهبان‌ها ← باز شدن روزنهٔ هوایی ← تعرق ↑
- خروج آب از درون یاختهٔ نگهبان ← کاهش طول نگهبان‌ها ← بسته شدن روزنهٔ هوایی ← تعرق ↓
- خروج آب از بین دو یاختهٔ نگهبان ← نشان دهندهٔ افزایش طول نگهبان‌ها و انباشت مواد محلول در آن‌هاست.



تعریق
- ضمن تعرق کم و فشار ریشه‌ای بالا صورت می‌گیرد.
- در شب هنگام یا در هوای بسیار مرطوب رخ می‌دهد.
- خروج آب به صورت **قطرهٔ آبی** از روزنهٔ **آبی** صورت می‌گیرد.
- روزنهٔ آبی برخلاف روزنهٔ هوایی **همیشه باز** می‌باشد.
- تعریق از انتها یا لبهٔ برگ‌های **برخی** گیاهان **علفی** صورت می‌گیرد.
- شرایط ایجاد کننده آن با فرایند شبنم یکسان است.
- فشار ریشه‌ای بالا ← اگر با تعرق کم همراه شود ← آب اضافی گیاه از راه تعریق و روزنهٔ آبی خارج می‌شود.
- فشار ریشه‌ای پایین ← ورود آب به گیاه کم می‌شود ← تعریق هم کم می‌شود.

شیرهٔ پرورده
- شیره‌ای شامل مواد محلول آلی و کمی آب می‌باشد.
- این شیره در اثر فرایند فتوسنتز و در بخش‌های سبز ساخته می‌شود ← چرخهٔ کالوین در تبدیل شیرهٔ خام به شیرهٔ پرورده مؤثر است.
- در آوندهای آبکش به سمت بالا و پایین (*همهٔ جهات*) رفته تا به همهٔ قسمت‌های زندهٔ گیاه برسد.

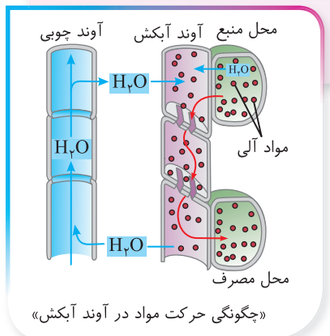
محل منبع
- بخشی است که مواد **آلی** را در اختیار بخش‌های دیگر گیاه قرار می‌دهد.
- برگ‌ها از مهم‌ترین محل‌های **منبع** هستند.
- بخش‌های ذخیره کنندهٔ مواد آلی (*ریشه*)، هنگام آزاد کردن مواد آلی، از محل‌های منبع هستند.

محل مصرف
- هر بخش زندهٔ گیاه است که مصرف‌کننده یا ذخیره‌کنندهٔ مواد آلی می‌باشد.
- بخش‌هایی که مواد آلی را هنگام ذخیره وارد خود می‌کنند، محل مصرف هستند.
- گل، میوه و دانه فقط اندام مصرف هستند.

برای تعیین سرعت و ترکیب شیرهٔ پرورده از حشره‌ای به نام شته‌ها استفاده می‌کنند
- شته، خرطوم خود را وارد آوند **آبکش** ساقهٔ **علفی** می‌کند.
- شته را بی‌حس کرده و خرطوم آن را قطع می‌کنیم.
- شیرهٔ پرورده از خرطوم آن خارج می‌شود. ← این نشان دهندهٔ نقش فعال آوند آبکش در حرکت شیرهٔ پرورده می‌باشد.

چگونگی حرکت شیرهٔ پرورده
- شیرهٔ پرورده از سیتوپلاسم یاخته‌های زنده به یاختهٔ دیگر صورت می‌گیرد.
- حرکت شیرهٔ پرورده **کندتر** و **پیچیده‌تر** از شیرهٔ خام می‌باشد. ← درون آوند آبکش این شیره باید از صفحات آبکشی سلولزی منفذدار عبور کند.

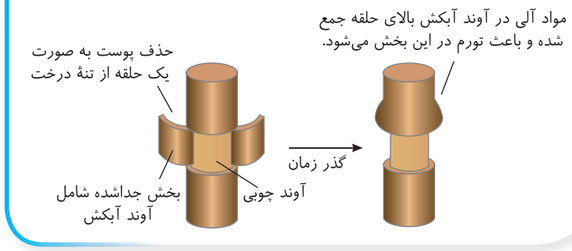
الگوی جریان فشاری (مدل مونش)
- مرحلهٔ ۱ (*بارگیری آبکش*) ← قند و مواد آلی محل منبع، با انتقال فعال وارد آوند آبکش می‌شوند.
- مرحلهٔ ۲ (*آبگیری آبکش*) ← به دنبال بارگیری آبکشی، پتانسیل آب در آوند آبکش کم شده ← آب با اسمز هم از آوند چوبی مجاور و هم از محل منبع وارد آوند آبکش می‌شود.
  - آب از یاختهٔ منبع زنده ← آوند آبکش زنده
  - آب از آوند چوبی مرده ← آوند آبکش زنده
- مرحلهٔ ۳ (*جریان توده‌ای*) ← مواد شیرهٔ پرورده با فشار زیاد از صفحات آبکشی گذشته و به سمت فشار کمتر در مجاور اندام‌های مصرف می‌روند.
- مرحلهٔ ۴ (*بارپرداری آبکش*)
  - مواد آلی شیرهٔ پرورده با انتقال فعال به اندام مصرف می‌روند
    - یا مصرف می‌شوند.
    - یا ذخیره می‌شوند.
  - به دنبال باربرداری آبکشی، آب نیز با اسمز از آوند آبکش به سمت آوند چوبی مجاور وارد می‌شود (*انرژی کار*).
- در بین این چهار مرحله، فقط فرایند انتقال آب از راه اسمز و بدون صرف انرژی زیستی می‌باشد.



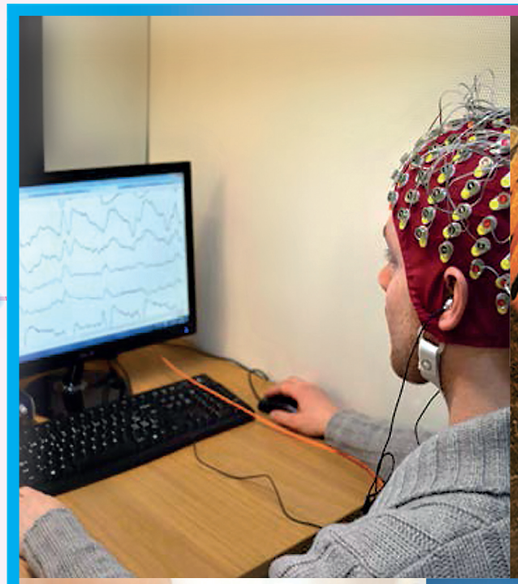
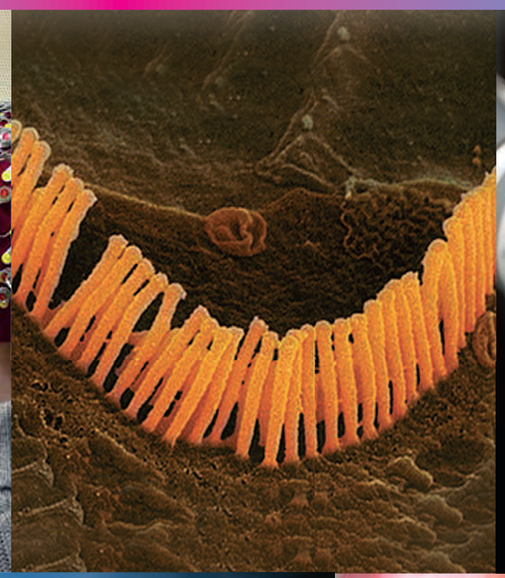
«چگونگی حرکت مواد در آوند آبکش»

تنظیم تولید و مصرف مواد آلی در گیاه

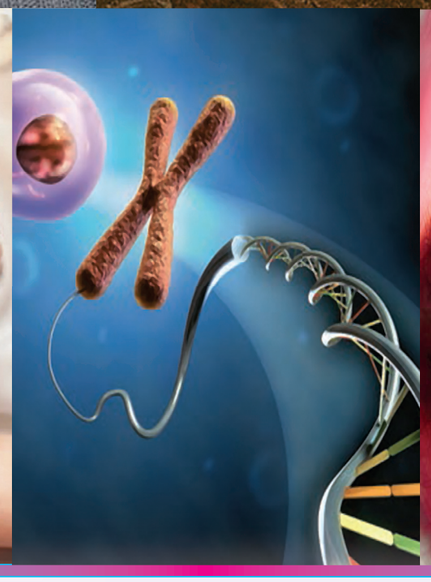
اگر مقدار مواد آلی گیاه یا محل منبع کمتر از مصرف باشد
- گیاه به حذف برخی بخش‌های زایشی مثل گل‌ها، دانه‌ها یا میوه‌های خود اقدام می‌کند ← با این کار مواد آلی به محل‌های مصرف باقی‌مانده می‌رسد.
- باغبان‌ها برای داشتن میوه‌های درشت‌تر
  - تعدادی از گل‌ها را می‌چینند.
  - تعدادی از میوه‌های جوان را می‌چینند. ← میوهٔ کمتر ولی درشت‌تر می‌دهند.

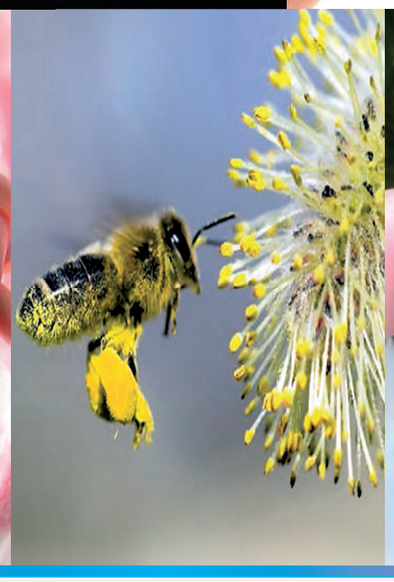


اگر قسمتی از پوست درخت که شامل پیراپوست و بافت آبکش است را ببریم ← شیرهٔ خام به اندام فتوسنتزکننده می‌رسد ← شیرهٔ پرورده در آوند آبکش بالا جمع می‌شود و پایین‌تر نمی‌رود.








درسنامهٔ درختی زیست‌شناسی یازدهم

گفتار ۱

یاخته‌های بافت عصبی

نوار مغزی
- بررسی فعالیت‌های مغز را از طریق آن انجام می‌دهند.
- جریان الکتریکی ثبت شدهٔ یاخته‌های عصبی مغز می‌باشد.

یاختهٔ عصبی (نورون)
- خاصیت تحریک‌پذیری، تولید پیام عصبی و هدایت پیام عصبی در همان یاخته و انتقال پیام عصبی در یاخته‌های دیگر را دارند.

اجزاء

جسم یاخته‌ای
- واجد هسته می‌باشد و محل سوخت‌وساز یاختهٔ عصبی است.
- پیام عصبی را مستقیماً یا از طریق دندریت دریافت می‌کند.
- در هستهٔ خود معمولاً پس از تولد، همانندسازی ندارد.

دندریت (*دارینه*) ← رشته‌ای است که پیام عصبی دریافتی را به جسم یاختهٔ عصبی وارد می‌کند.

آکسون (*آسه*)
- رشته‌ای است که پیام عصبی را از جسم یاخته‌ای تا انتهای پایانهٔ آکسون خود هدایت می‌کند.
- پیام عصبی را از انتهای آکسون خود به یاختهٔ دیگری منتقل می‌کند.

- معمولاً بعد از تولد قدرت تقسیم شدن ندارند. ← فقط ژنوم حلقوی راکیزهٔ آن همانندسازی دارد.

یاختهٔ غیرعصبی یا پشتیبان (نوروگلیاها)
- یاخته‌ای هسته‌دار با قدرت تقسیم می‌باشد که در اطراف نورون‌ها وجود دارد ولی پیام عصبی تولید نمی‌کند.
- پوششی به نام غلاف میلین می‌سازد و دور رشته‌های بسیاری از نورون‌ها را می‌پوشاند.
- این یاختهٔ غیرعصبی، به دور رشتهٔ عصبی نورون می‌پیچد و میلین ناپیوسته عایق را می‌سازد.
- انواع گوناگونی دارند و تعداد آن‌ها چند برابر یاخته‌های عصبی می‌باشد (*از نورون‌ها کوچک‌ترند*).
- این یاخته‌ها، **داربست‌هایی** برای استقرار یاخته‌های عصبی ایجاد می‌کنند.
- علاوه بر عایق‌بندی، در دفاع از یاخته‌های عصبی و حفظ هم‌ایستایی یون‌های مایع **اطراف** نورون‌ها نیز نقش دارد.
- غلاف میلین در حقیقت خود یاختهٔ پشتیبان است که به دور بخشی از نورون پیچیده است.

گرهٔ رانویه
- منطقه‌ای در غشای بخش رشته‌ای نورون‌ها می‌باشد که در تماس با مایع بین‌یاخته‌ای می‌باشد.
- میلین در این گره‌ها وجود ندارد.
- پیام عصبی در این گره‌ها به صورت جهشی به سمت انتهای رشتهٔ دندریتی یا آکسونی هدایت می‌شود.
- در نورون‌های بدون میلین و در جسم یاخته‌ای هر نورونی وجود ندارند.

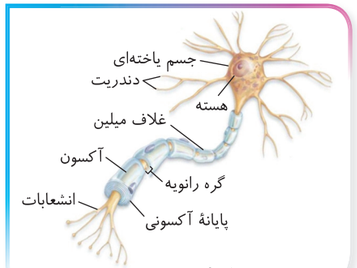
انواع یاخته‌های عصبی

نورون حسی
- پیام‌های حسی را از گیرنده‌های حسی به بخش **مرکزی** دستگاه عصبی (*مغز و نخاع*) می‌آورند.
- اغلب دندریت دراز میلین‌دار و آکسون کوتاه میلین دارند که هر دو از یک نقطهٔ جسم یاخته‌ای خارج می‌شوند.
- پیام عصبی خود را از طریق آکسون، به یاختهٔ عصبی دیگری منتقل می‌کند.

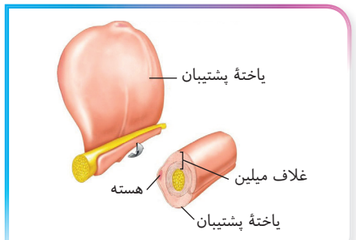
نورون رابط
- در مغز و نخاع وجود دارند و ارتباط بین یاخته‌های عصبی حسی و حرکتی را فراهم می‌کنند.
- در بخش محیطی دستگاه عصبی وجود ندارند.
- دندریت آن‌ها همواره با نورون حسی و آکسون آن‌ها همواره با نورون حرکتی ارتباط سیناپسی دارد.
- یک آکسون ولی تعداد زیادی دندریت دارد.

نورون حرکتی
- پیام عصبی را از بخش **مرکزی** دستگاه عصبی (*مغز و نخاع*) به سوی اندام‌های عمل‌کننده (*غدد و ماهیچه‌ها*) می‌برند.
- دندریت‌های کوتاه بدون میلین و یک آکسون دراز میلین‌دار دارند.
- پیام عصبی را به یاختهٔ غیرعصبی منتقل می‌کنند.

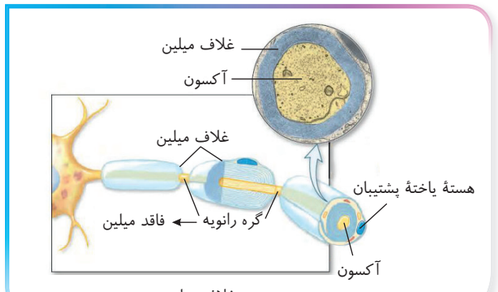
- هر نوع نورونی، می‌تواند میلین داشته باشد یا نداشته باشد.
- انتهای آزاد دندریت‌ها و آکسون‌ها همانند جسم یاخته‌ای، همواره و در هر نورونی فاقد میلین می‌باشند.



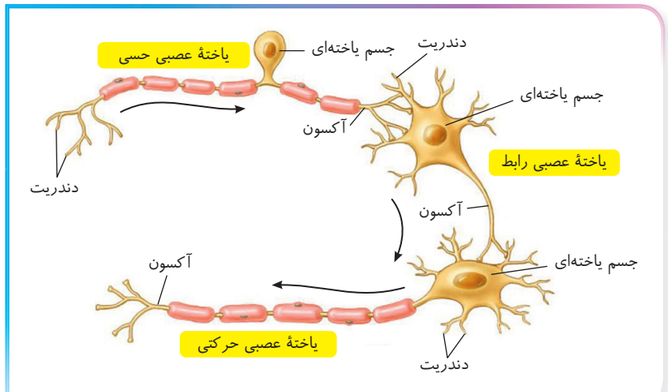
«یاختهٔ عصبی»



«چگونگی ساخت غلاف میلین»



«غلاف میلین»



«انواع یاخته‌های عصبی»

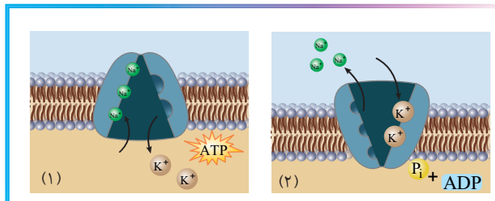
تحریک‌پذیری و ایجاد پیام عصبی در نورون‌ها

ویژگی نورون‌ها
- تحریک‌پذیری و ایجاد پیام عصبی
- هدایت پیام عصبی
- انتقال پیام عصبی

علت ایجاد پیام عصبی
- در اثر تغییر مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یاختهٔ عصبی به وجود می‌آید.
- مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یاخته‌ها یکسان نمی‌باشد و اختلاف پتانسیل الکتریکی دارند.
- همواره مقدار سدیم در خارج نورون و مقدار پتاسیم در داخل نورون بیشتر می‌باشد.

پتانسیل آرامش
- در حالتی که یاخته فاقد فعالیت عصبی یا پیام عصبی است و درون نورون نسبت به بیرون آن اختلاف پتانسیلی تقریباً معادل ۷۰− میلی‌ولت وجود دارد.
- در حالت پتانسیل آرامش کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته می‌باشند و عبور یون‌ها فقط از کانال، فقط از پروتئینی **نشتی** غشایی صورت می‌گیرد.
- در حالت آرامش از طریق کانال‌های نشتی، یون‌های سدیم به سمت درون نورون و یون‌های پتاسیم به سمت بیرون نورون منتشر می‌شوند (*در جهت شیب غلظت*).
- کانال‌های نشتی و دریچه‌دار در غشای نورون‌های اختصاصی برای عبور یک نوع یون می‌باشد.
- در حالت آرامش، درون غشا از بیرون آن منفی‌تر می‌باشد و در حدود ۷۰− میلی‌ولت اختلاف وجود دارد.
- نفوذپذیری و خروج مقدار یون‌های **پتاسیمی** نسبت به ورود یون‌های سدیمی در حالت پتانسیل آرامش **بیشتر** صورت می‌گیرد.
- کانال‌های نشتی **همواره** باز می‌باشند ولی کانال‌های دریچه‌دار غشایی قدرت باز و بسته شدن دارند ولی هیچ‌کدام انرژی زیستی مصرف نمی‌کنند.

پمپ سدیم – پتاسیم
- پروتئینی در کل عرض غشای یاخته‌ها می‌باشد.
- عبور سدیم و پتاسیم را برخلاف شیب غلظت و با مصرف *ATP* (*انرژی زیستی*) انجام می‌دهد.
- در هر بار فعالیت پمپ، سه یون سدیم از یاخته خارج و دو یون پتاسیم وارد یاخته می‌شود.
- در هنگام پتانسیل آرامش سبب برقراری تعادل شیب غلظت سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا می‌شوند.
- با هیدرولیز *ATP*، ابتدا سه یون سدیم با انتقال فعال خارج می‌شود و سپس دو یون پتاسیم با انتقال فعال وارد یاخته می‌شود.



«چگونگی کار پمپ سدیم - پتاسیم»

کانال‌های غشایی مخصوص سدیم یا پتاسیم
- همگی در جهت شیب غلظت یون خود را بدون صرف انرژی منتقل می‌کنند.
- نشتی سدیمی ← فاقد دریچه است ← همواره سدیم را به سمت داخل یاخته می‌آورد.
- نشتی پتاسیمی ← فاقد دریچه است ← همواره پتاسیم را به سمت خارج یاخته می‌برد ← تعداد آن از نشتی سدیمی بیشتر است.

دریچه‌دار سدیمی
- دریچهٔ آن به سمت خارج غشای یاخته می‌باشد.
- فقط در هنگام شروع پتانسیل عمل و ایجاد پیام عصبی باز می‌شود.
- سدیم‌ها را به سمت داخل یاخته می‌آورد.
- در قلهٔ پتانسیل عمل بسته می‌شوند.

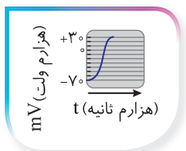
دریچه‌دار پتاسیمی
- دریچهٔ آن‌ها به سمت داخل غشا (*سیتوپلاسم*) می‌باشد.
- فقط بعد از قلهٔ پتانسیل عمل باز می‌شود.
- پتاسیم‌ها را به سمت خارج یاخته می‌برد.
- با بسته شدن آن پتانسیل عمل به آرامش تبدیل می‌شود.

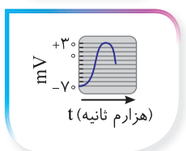
پتانسیل عمل
- در اثر تحریک یاختهٔ عصبی، در محل تحریک به‌طور ناگهانی، داخل نورون ابتدا مثبت‌تر می‌شود و پس از زمان کوتاهی دوباره به آرامش می‌رسد.

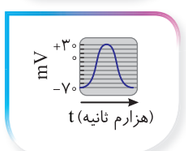
ابتدای پتانسیل عمل (بالاروی نمودار)
- ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و ورود سدیم زیاد به نورون درون یاخته را از ۷۰− تا ۳۰+ تغییر می‌دهد.
- کانال‌های نشتی همواره بازند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌مانند.

ادامهٔ پتانسیل عمل (پایین‌روی نمودار)
- با بسته شدن کانال دریچه‌دار سدیمی و باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی صورت می‌گیرد.
- درون نورون از اختلاف پتانسیل ۳۰+ دوباره به سمت ۷۰− می‌رود.
- خروج پتاسیم به صورت انتشار تسهیل شده عامل آن می‌باشد.

بعد از پایان پتانسیل عمل
- با بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی دوباره پتانسیل عمل به پتانسیل آرامش تبدیل می‌شود.
- در ابتدا تفاوت غلظت سدیم و پتاسیم با حالت آرامش اختلاف زیادی پیدا می‌کند.
- فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم موجب می‌شود که دوباره غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم به حالت آرامش دربیایند.





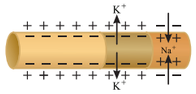


هدایت پیام عصبی

هدایت **پیام عصبی** ایجاد شده در رشتهٔ عصبی در اثر پتانسیل **عمل** می‌باشد که نقطه به نقطه به صورت پیوسته یا جهشی تا انتهای دندریت یا آکسون می‌رسد.

هدایت پیوستهٔ پیام عصبی

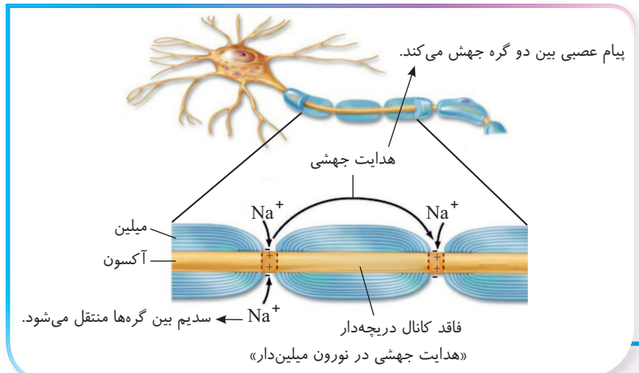
- در نورون‌های بدون میلین و در جسم یاخته‌ای هر نورونی صورت می‌گیرد.
- هر قسمتی که دارای پتانسیل عمل می‌شود، در قسمت قبلی آن آرامش ایجاد می‌شود و سبب تحریک قسمت بعد از خود می‌شود.
- در نورون‌های هم‌قطر، سبب جلو رفتن پیام عصبی با سرعت کمتر از هدایت جهشی می‌شود.



در محل گره‌های رانویه، تعداد زیادی کانال دریچه‌دار وجود دارد ولی در فاصلهٔ بین دو گره، این کانال‌ها وجود ندارند.

هدایت جهشی پیام عصبی

- در نورون‌های میلین‌دار صورت می‌گیرد و سرعت **بیشتری** از هدایت پیوسته در نورون‌های **هم‌قطر** دارد.
- از یک گره رانویه به گره رانویه دیگر به صورت پرشی، پتانسیل عمل منتقل می‌شود.
- در قسمت‌های میلین‌دار آن، عبور یون‌ها و پتانسیل عمل صورت نمی‌گیرد.
- در ماهیچه‌های اسکلتی و نورون‌های حرکتی مربوط به آن‌ها اهمیت بسیاری دارد.
- بین دو گرهٔ رانویه، پیام عصبی هدایت می‌شود ولی در هر گره، انتقال سدیم سبب پتانسیل عمل می‌شود.



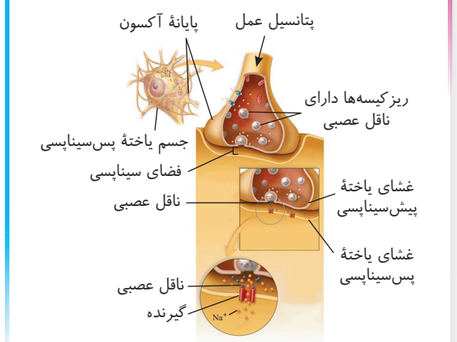
«هدایت جهشی در نورون میلین‌دار»

اختلال در هدایت جهشی پیام عصبی

- کاهش میلین ← در بیماری *MS* در اثر نابودی یاختهٔ **پشتیبان** میلین‌ساز در سیستم عصبی **مرکزی** رخ می‌دهد
  - بینایی و حرکت مختل می‌شود.
  - فرد بی‌حسی و لرزش دارد.
  - نوعی بیماری خودایمنی می‌باشد.
- ارسال پیام‌های عصبی به درستی انجام نمی‌شود.
- افزایش میلین ← سرعت هدایت پیام عصبی از حالت نرمال بیشتر می‌شود.

انتقال پیام عصبی

- به سیر پیام عصبی از یاختهٔ عصبی پیش‌سیناپسی به یاختهٔ پس‌سیناپسی گفته می‌شود.
- سیناپس (*حایل*)، **ارتباطی** ویژه برای انتقال پیام عصبی بین دو یاخته می‌باشد.
- بین یاختهٔ پیش‌سیناپسی با پس‌سیناپسی، فضایی به نام فضای سیناپسی وجود دارد.
- در نورون پیش‌سیناپسی، ناقل عصبی (*پیک کوتاه‌برد*) ساخته شده و در ریزکیسه‌های آن ذخیره می‌شود. ← ایجاد پتانسیل عمل سبب حرکت این ریزکیسه‌ها به سمت انتهای آکسون می‌شود.
- ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی در طول سیتوپلاسم آکسون حرکت کرده تا به انتهای آکسون برسند.
- با رسیدن پیام عصبی به انتهای آکسون، غشای برخی ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی به غشای آکسون پیش‌سیناپسی متصل شده و ناقل‌های عصبی با برون‌رانی به فضای سیناپسی وارد می‌شوند.
- ناقلین عصبی، فضای سیناپسی را سیر کرده و برخی از آن‌ها به گیرندهٔ غشایی یاختهٔ پس‌سیناپسی (*نورون، غدد یا ماهیچه*) که نوعی کانال دریچه‌دار سدیمی است، متصل شده و در آن تغییر پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌کنند.
- وجود پتانسیل عمل (*پیام عصبی*) در یاختهٔ پیش‌سیناپسی، سبب تولید و هدایت ناقل عصبی در این یاخته می‌شود.
- ناقل عصبی می‌تواند سبب تحریک یا مهار یاختهٔ پس‌سیناپسی شود. ← در حالت تحریکی سبب باز شدن کانال دریچه‌دار سدیمی یاختهٔ پس‌سیناپسی می‌شود.
- ناقل عصبی هیچ‌گاه وارد یاختهٔ پس‌سیناپسی نمی‌شود.
- بعد از انتقال پیام عصبی، برای جلوگیری از انتقال بیش از حد پیام و امکان انتقال پیام جدید، یا باید ناقل عصبی با آندوسیتوز به یاختهٔ پیش‌سیناپسی برگردد و یا با آنزیم‌های مترشحه از یاختهٔ پیش‌سیناپسی تجزیه می‌شود.
- ناقل عصبی مهاری فقط در سیناپس بین دو نورون ترشح می‌شود.
- در سیناپس بین نورون حرکتی و ماهیچه‌ها
  - ناقل عصبی فقط به قصد تحریک ماهیچه، ترشح می‌شود.
  - در صورت ترشح شدن، فقط سبب باز شدن کانال دریچه‌دار سدیمی یاختهٔ ماهیچه‌ای می‌شود.
  - برای به استراحت درآمدن ماهیچه، پیام عصبی ایجاد نمی‌شود و ناقل عصبی از نورون حرکتی آزاد نمی‌شود.
- تغییر در میزان طبیعی ناقل‌های عصبی ← سبب بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی می‌شود.



«آزاد شدن ناقل عصبی و اثر آن بر یاختهٔ پس‌سیناپسی»

گفتار ۲

دستگاه عصبی مرکزی

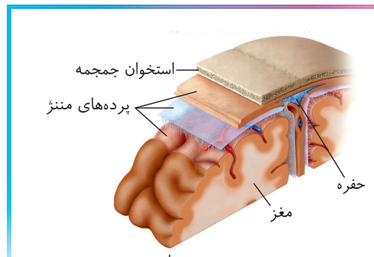
وظیفه
- مراکز نظارت بر فعالیت‌های بدن می‌باشد.
- اطلاعات دریافتی از محیط و درون بدن را دریافت کرده و تفسیر می‌کند ← به آن‌ها پاسخ می‌دهد.

قسمت‌های مختلف
- مادهٔ خاکستری
  - بخش خارجی مغز و درونی نخاع به همراه برخی مراکز درون مغز را شامل می‌شود.
  - شامل جسم یاخته‌های عصبی و رشته‌های عصبی بدون میلین می‌باشد.
- مادهٔ سفید
  - بخش درونی مغز و بیرونی نخاع را ایجاد کرده است.
  - اجتماع رشته‌های میلین‌دار می‌باشد.



«برش عرضی مغز و نخاع»

عوامل حفاظت‌کننده از مغز و نخاع
- از دو نوع بافت اصلی پیوندی و پوششی به وجود آمده است.
- استخوان‌ها
  - استخوان‌های پهن جمجمه از مغز محافظت می‌کنند.
  - استخوان‌های نامنظم ستون مهره‌ها از نخاع محافظت می‌کنند.
- مننژ
  - سه پردهٔ پیوندی دارد که از مغز و نخاع محافظت می‌کند.
  - فضای بین پرده‌ها پر از مایع مغزی - نخاعی است ← ضربه‌گیر در مقابل عوامل خارجی می‌باشد.
  - در مغز لایهٔ خارجی و میانی آن صاف ولی لایهٔ داخلی آن چین‌خورده و دارای رگ‌های خونی است.
  - لایهٔ خارجی آن ضخیم‌ترین است.
  - لایهٔ میانی به سطح درونی خود رشته‌های ریزی به سمت لایهٔ داخلی دارد.
  - هر سه لایه در شیار بین دو نیمکرهٔ مخ وجود دارند ولی در شیارهای باریک، فقط لایهٔ داخلی آن وارد می‌شود.
- سد خونی - مغزی
  - مویرگ‌هایی پیوسته با بافت پوششی دارای یاخته‌های تنگاتنگ می‌باشد.
  - بسیاری از میکروب‌ها در شرایط طبیعی نمی‌توانند از این سد دفاعی عبور کنند.
  - O_2 ، CO_2 ، گلوکز، آمینواسیدها، برخی داروها و مواد اعتیادآور می‌توانند از این سد عبور کرده و به مغز وارد شوند.
  - در نخاع نیز به صورت سد خونی نخاعی دیده می‌شود.

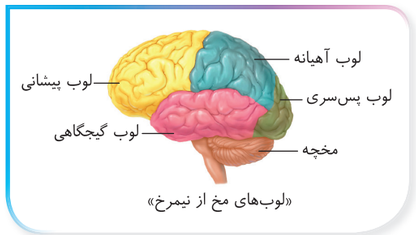


«پرده‌های مننژ»

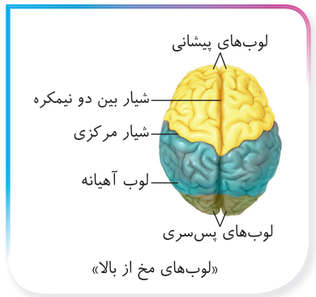
اجزای آن
- مغز
- نخاع

سه بخش اصلی مغز

مخ
- بیشتر حجم مغز را تشکیل می‌دهد ← دو نیمکره دارد که با رشته‌های عصبی متصل به هم هستند ← رابط‌های **سفید** پینه‌ای و سه‌گوش بین دو نیمکره وجود دارد.
- دو نیمکره به‌طور **هم‌زمان** از **همهٔ** بدن اطلاعات را گرفته و پردازش می‌کند ← فعالیت بخش‌های مختلف بدن را به‌طور **هماهنگ** کنترل می‌کند.
- بخش خارجی یا قشر آن خاکستری، **وسیع** و **نازک** چند میلی‌متری است
  - چین‌خوردگی‌ها و شیارهایی متعدد دارد.
  - شیارهای عمیق هر نیمکره را به چهار لوب تقسیم می‌کند.
  - سه بخش دارد
    - حسی ← پیام اندام‌های حس را دریافت می‌کند.
    - حرکتی ← به ماهیچه‌ها و غدد پیام می‌دهد.
    - ارتباطی ← بین حسی و حرکتی ارتباط می‌دهد. ← پر از نورون رابط می‌باشد.
  - جایگاه پردازش نهایی اطلاعات ورودی به مغز، یادگیری، تفکر و عملکرد هوشمندانه است.
- هر نیمکرهٔ مخ
  - کارهای اختصاصی دارد.
  - توسط شیارهای عمیق به چهار لوب تقسیم شده است.
  - لوب پیشانی بزرگ و پس‌سری کوچک دارد.
  - بخش‌هایی از نیمکرهٔ چپ به توانایی در ریاضیات و استدلال مربوط است.
  - نیمکرهٔ راست در مهارت‌های هنری تخصص دارد.
  - مخچه به دو لوب پس‌سری و گیجگاهی مخ متصل است.
  - بین دو نیمکره شیار عمیق طولی بین دو نیمکره‌ای وجود دارد.
  - چهار لوب دارد
    - پیشانی ← به آهیانه و گیجگاهی متصل است.
    - آهیانه ← به پیشانی، گیجگاهی و پس‌سری متصل است.
    - گیجگاهی ← به پیشانی، آهیانه و پس‌سری متصل است.
    - پس‌سری ← به آهیانه و گیجگاهی متصل است.



«لوب‌های مخ از نیمرخ»



«لوب‌های مخ از بالا»

ساختارهای دیگر مغزی

ساقهٔ مغز

- در جلوی مخچه و زیر مخ می‌باشد. ← سه بخش مغز میانی، پل مغزی و بصل‌النخاع دارد.
- مغز میانی ← در بالای پل مغزی قرار دارد ← یاخته‌های **عصبی** آن در شنوایی، بینایی و حرکت نقش دارند ← برجستگی چهارگانه بخشی از آن است.
- پل مغزی
  - در تنظیم فعالیت‌های مختلف مثل تنفس، ترشح بزاق و اشک نقش دارد ← مدت زمان دم را تنظیم می‌کند.
  - هورمون نمی‌سازد، در تنظیم گوارش و گردش خون مؤثر است.
- بصل‌النخاع
  - پایین‌ترین بخش مغز بوده و در بالای نخاع قرار دارد
    - تنظیم تنفس، فشار خون و ضربان قلب را انجام می‌دهد.
    - مرکز اصلی بلع، تنفس و گردش خون می‌باشد.
  - مرکز انعکاس‌های عطسه، بلع و سرفه است.
  - گیرنده‌هایی حساس به افزایش CO_2 خون دارد ← آهنگ تنفس را بالا می‌برد.
  - تحت تأثیر فرمان پل مغزی و ماهیچه‌های نایژه و نایژک ← سبب توقف دم می‌شود.
  - به کمک پل مغزی، نیازهای غذایی و O_2 اندام‌ها را تنظیم می‌کند.

مخچه

- در پشت ساقهٔ مغز و چسبیده به لوب‌های پس‌سری و گیجگاهی می‌باشد.
- دو نیمکره و بخش **کرمینه** وسطی ارتباطی دارد.
- مرکز تنظیم وضعیت بدن و **تعادل** است.
- **پیوسته** از مغز، نخاع و اندام‌های حسی پیام می‌گیرد ← فعالیت ماهیچه‌ها و حرکات بدن را هماهنگ می‌کند.
- فعالیت‌های خود را به کمک مغز و نخاع انجام می‌دهد.
- از بخش دهلیزی گوش پیام می‌گیرد و سبب تنظیم تعادل می‌شود.

تالاموس‌ها

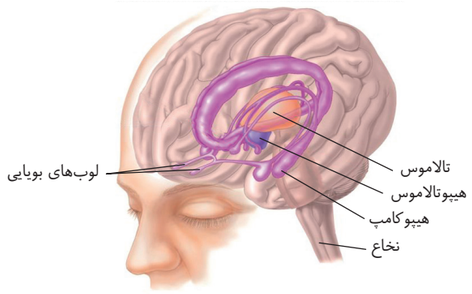
- محل پردازش **اولیه** و تقویت **اغلب** اطلاعات حسی هستند ← سپس آن‌ها را برای پردازش نهایی به بخش‌هایی از قشر مخ می‌فرستد.
- زیر رابط پینه‌ای و بالای ساقهٔ مغز می‌باشد.
- در پردازش حس بویایی نقشی ندارد.

هیپوتالاموس

- در زیر تالاموس است ← تنظیم دمای بدن، تعداد ضربان قلب، فشار خون، خواب، گرسنگی و تشنگی را انجام می‌دهد.
- تعداد ضربان قلب و فشار خون را به کمک هورمون‌ها و بصل‌النخاع تنظیم می‌کند.
- هورمون‌های آزادکننده و مهارکنندهٔ خود را از راه رگ خونی به هیپوفیز پیشین می‌دهد.
- هورمون‌های اکسی‌توسین و ضد ادراری تولیدی خود را در هیپوفیز پسین ذخیره می‌کند.
- گیرنده‌های اسمزی آن در اثر غلظت بالای پلاسما تحریک می‌شود و در پی آن مرکز تشنگی درون آن نیز تحریک می‌شود.
- اشکال در آن می‌تواند سبب بیماری دیابت بی‌مزه شود.

سامانهٔ کناره‌ای (لیمبیک)

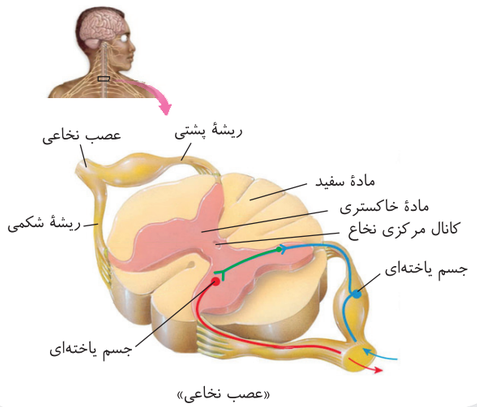
- از بالا با قشر مخ و از پایین با تالاموس و هیپوتالاموس ارتباط دارد و از جلو به لوب‌های بویایی متصل می‌باشد.
- در احساساتی مثل ترس، خشم، لذت، حافظه و یادگیری مؤثر است.
- اسبک مغز (*هیپوکامپ*)
  - قسمتی از لیمبیک است که در تشکیل حافظه و یادگیری نقش دارد.
  - در اثر تخریب یا برداشتن آن، حافظهٔ جدید و کوتاه‌مدت و تبدیل آن به بلندمدت دچار اختلال می‌شود.
  - در اختلال آن
    - نام افراد جدید را به خاطر نمی‌آورند.
    - نام‌های جدید حداکثر فقط برای چند دقیقه در ذهن آن‌ها باقی می‌ماند.
  - خاطرات قدیمی با تخریب آن از بین نمی‌رود.
  - در قسمت پایین سیستم لیمبیک قرار گرفته است.



«سامانهٔ لیمبیک (بخش‌های بنفش رنگ)»

نخاع

- درون ستون مهره‌ها از زیر بصل‌النخاع تا **دومین** مهرهٔ کمری به عنوان طناب عصبی **پشتی** بدن وجود دارد ← طول آن از ستون مهره‌ها کوتاه‌تر است.
- ارتباط دهندهٔ مغز با اعصاب محیطی می‌باشد.
- مسیر عبور پیام‌های **حسی** از اندام‌های بدن به مغز و ارسال پیام‌های **حرکتی** از مغز به اندام‌ها می‌باشد.
- مرکز **برخی** انعکاس‌های بدن می‌باشد ← انعکاس‌های آن، سریع، غیر ارادی و بدون ارتباط با مغز می‌باشد.
- ۳۱ جفت عصب مختلط (*حس و حرکتی*) دارد ← هر عصب نخاعی
  - یک ریشهٔ **پشتی حسی** آورندهٔ پیام دارد (*حاوی دندریت‌های حس و جسم یاخته‌ای آن‌هاست*).
  - یک ریشهٔ **شکمی حرکتی** خارج کنندهٔ پیام دارد (*حاوی آکسون‌های حرکتی می‌باشد*).
- بیرون آن مادهٔ سفید میلین‌دار و داخل آن مادهٔ خاکستری و کانال مرکزی دارد.
- نورون‌های رابط و دندریت به همراه جسم یاخته‌ای نورون حرکتی آن به‌طور کامل در مادهٔ خاکستری وجود دارد.



«عصب نخاعی»

اعتیاد

- وابستگی **همیشگی** به مصرف یک ماده (*الکل، کوکائین، نیکوتین و ...*) یا انجام یک رفتار (*بازی‌های رایانه‌ای و اینترنت*) می‌باشد ← **ترک** آن سبب مشکلات جسمی و روانی برای فرد می‌شود ← سلامت خانوادهٔ فرد نیز به خطر می‌افتد.

مواد اعتیادآور و اثر بر مغز

- نخستین تصمیم برای مصرف این مواد در اغلب افراد، **اختیاری** است.
- مصرف زیاد این مواد ← سبب تغییراتی در **مغز** می‌شود ← فرد نمی‌تواند با میل شدید مصرف مقابله کند.
- اگر تغییرات روی مغز **دائمی** باشد ← اعتیاد می‌تواند سال‌ها بعد از ترک نیز برگشت‌پذیر باشد.
- این مواد روی بخشی از لیمبیک اثر می‌کنند ← سبب آزاد شدن ناقلین عصبی از جمله دوپامین می‌شود ← سبب احساس لذت و سرخوشی می‌شود.
- ادامهٔ مصرف مواد اعتیادآور ← آزاد شدن دوپامین از لیمبیک **کم** شده ← احساس کسالت، بی‌حوصلگی و افسردگی ایجاد می‌شود ← مصرف ماده توسط فرد **بیشتر** می‌شود.
- مواد اعتیادآور بر بخش‌هایی از **قشر** مخ تأثیر می‌گذارند ← در نوجوانان اثر بیشتری دارد ← توانایی قضاوت، تصمیم‌گیری و خودکنترلی کاهش می‌یابد.
- ممکن است تغییرات برگشت‌ناپذیری در مغز داشته باشند.
- اعتیاد به کوکائین:
  - اغلب قسمت‌های مغز دچار آسیب می‌شوند.
  - بهبود فعالیت مغز بعد از ترک آن به زمان طولانی نیاز دارد.
  - پس از مدت طولانی، بخش پیشین مغز (*لوب پیشانی*) بهبود کمتری نشان می‌دهد.

اعتیاد به الکل (اتانول)

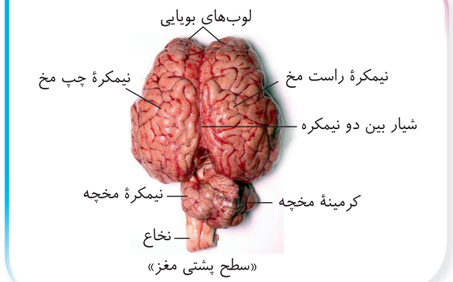
- کمترین مصرف الکل بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد ← در دستگاه گوارش به **سرعت** جذب می‌شود ← از غشای نورون‌های بخش‌های مختلف **مغز** عبور کرده و فعالیت آن را مختل می‌کند.
- الکل علاوه بر دوپامین، بر فعالیت انواع انتقال دهنده‌های عصبی تحریکی یا مهاری اثر می‌گذارد.
- فعالیت‌های بدن را کاهش داده، اختلال در گفتار و ناهماهنگی در حرکات بدن را ایجاد می‌کند.
- فعالیت مغز را کند کرده و زمان واکنش به محرک‌های محیطی را بالا می‌برد.
- در بلندمدت، سبب مشکلات کبدی، سکتهٔ قلبی و انواع سرطان می‌شود.
- سرعت تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن را زیاد کرده ← مانع عملکرد راکیزه‌ها در کاهش آن‌ها می‌شود ← تخریب دنای راکیزهٔ کبدی ← بافت‌مردگی کبدی می‌دهد.
- در تولید گامت نامناسب و اختلالات کروموزومی در نسل بعد مؤثر است.

- مصرف تنباکو با سرطان دهان، حنجره و شش‌ها ارتباط مستقیم دارد.

تشریح مغز گوسفند

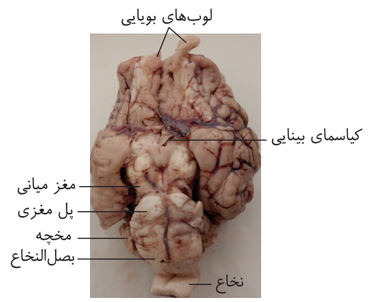
بخش‌های خارجی مغز

- الف) مشاهدهٔ سطح پشتی: از بالا به پایین لوب‌های بویایی، نیمکره‌های مخ، شیار بین دو نیمکره، کرمینه و نیمکره‌های مخچه را می‌بینیم (*مخ و مخچه در این نما بهتر دیده می‌شود*).



«سطح پشتی مغز»

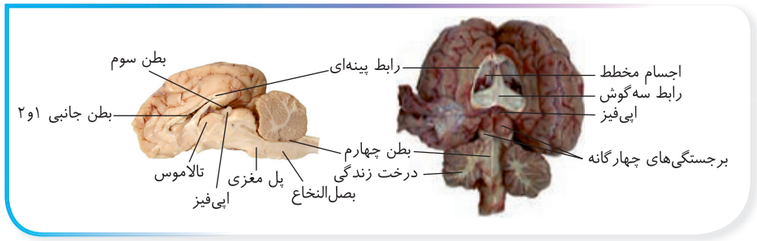
- ب) مشاهدهٔ سطح شکمی: از بالا به پایین، لوب‌های بویایی، کیاسمای بینایی، مغز میانی، پل مغزی، مخچه، بصل‌النخاع و در ادامه بخشی از نخاع را می‌بینیم (*ساقهٔ مخ در این نما کامل دیده می‌شود*).



«سطح شکمی مغز»

بخش‌های درونی مغز

- بین دو نیمکرهٔ مخ از سطح پشتی می‌توانیم نوار سفید یا رابط پینه‌ای را ببینیم و با برداشت آن، رابط سه‌گوش در زیر آن دیده می‌شود.
- دو طرف رابط‌های پینه‌ای و سه‌گوش، فضای **بطن‌های ۱ و ۲** مغز و در داخل این بطن‌ها، اجسام مخطط قرار دارند.
- درون بطن ۱ و ۲، شبکه‌های **مویرگی** وجود دارند که مایع مغزی - نخاعی را به این بطن‌ها ترشح می‌کنند.
- در زیر رابط سه‌گوش، **دو** تالاموس وجود دارند که با **یک** رابط به هم متصلند و با فشار کم از هم جدا می‌شوند.
- بطن سوم در **عقب** تالاموس‌ها و اپی‌فیز یا غدهٔ اپی‌فیز در لبهٔ پایین بطن سوم وجود دارد.
- برجستگی‌های چهارگانه (*قسمتی از مغز میانی*) در **عقب** اپی‌فیز قرار دارد.
- در پایین‌ترین قسمت درونی مغز، کرمینهٔ مخچه و با برش آن درخت زندگی (*بخش سفید درون مخچه*) و بطن **چهارم** مغزی دیده می‌شود.



دستگاه عصبی محیطی

- شامل ۱۲ جفت عصب مغزی و ۳۱ جفت عصب نخاعی می‌باشد.
- دستگاه عصبی مرکزی را به بخش‌های دیگر بدن مثل ماهیچه‌ها و اندام‌های حس و غدد مرتبط می‌کند.
- هر عصب
  - مجموعه‌ای از **رشته‌های** عصبی است که درون غلافی از یک بافت پیوندی قرار گرفته است.
  - جسم یاخته‌ای نورون در عصب وجود ندارد.

بخش‌های دستگاه عصبی محیطی

بخش حسی

- شامل حواس پیکری و ویژه است که پیام گیرنده‌های حسی را به مراکز عصبی مغز و نخاع می‌آورد ← در فصل بعد می‌خوانیم.

بخش حرکتی

- حاوی آکسون‌های دراز برای رساندن پیام عصبی به اندام‌های عمل‌کنندهٔ ماهیچه و غدد می‌باشد.

بخش پیکری

- پیام‌های عصبی را از مغز و نخاع به ماهیچه‌های **اسکلتی** می‌رساند.
- اغلب پیام‌ها را به صورت ارادی توسط ماهیچه‌ها و تحت کنترل قشر مخ انجام می‌دهد.
- مقداری نیز فعالیت غیر ارادی انعکاسی سریع ماهیچه‌های اسکلتی را کنترل می‌کند.
- انعکاس یا پاسخ سریع و غیر ارادی در برخی ماهیچه‌های اسکلتی رخ می‌دهد که پاسخ به محرک‌ها توسط این اعصاب کنترل می‌شود.

بخش خودمختار

- فعالیت ماهیچه‌های صاف، قلبی و غدد را به صورت **ناآگاهانه** تنظیم می‌کند و **همواره** فعال است.
- اجزاء
  - سمپاتیک (*هم‌حس*)
    - سبب هیجان و حالت آماده‌باش به بدن می‌شود ← مردمک چشم را گشاد می‌کند.
    - فشار خون، ضربان قلب، تعداد تنفس و خون‌رسانی به قلب و ماهیچهٔ اسکلتی را زیاد می‌کند.
    - در هنگام شرکت در مسابقهٔ ورزشی بر فعالیت پاراسمپاتیک غلبه می‌کند.
  - پاراسمپاتیک (*پادهم‌حس*)
    - باعث آرامش در بدن می‌شود ← مردمک را تنگ می‌کند.
    - فعالیت‌های گوارشی را زیاد ولی تعداد ضربان قلب، تنفس و فشار خون را کم می‌کند.
- سمپاتیک و پاراسمپاتیک، معمولاً برخلاف یکدیگر کار می‌کنند ← سبب تنظیم فعالیت‌های حیاتی بدن در شرایط مختلف می‌شود.

در ماهیچه‌های اسکلتی

- تنظیم فعالیت‌های آن و انقباض آن ← توسط اعصاب پیکری تنظیم می‌شود.
- خون‌رسانی به آن ← با استراحت و انقباض عضلات صاف عروق توسط اعصاب خودمختار تنظیم می‌شود.

انعکاس‌های بدن

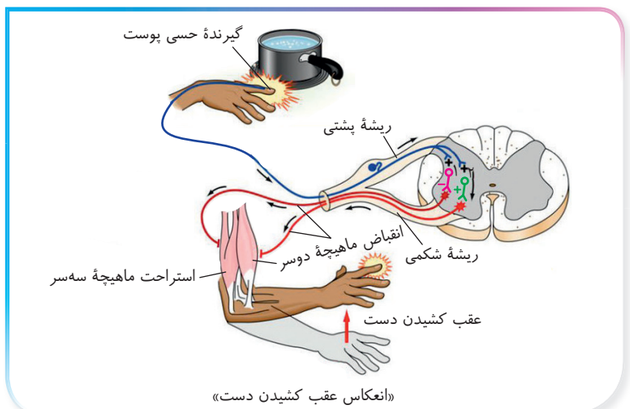
- اگر با عضلات صاف صورت گیرد (*مثال: انعکاس تخلیهٔ مثانه*) ← تحت کنترل اعصاب خودمختار است.
- اگر با عضلات اسکلتی صورت گیرد (*انعکاس عقب کشیدن دست*) ← تحت کنترل اعصاب پیکری است.

مسیر انعکاس عقب کشیدن دست در برخورد با جسم داغ یا تیز

- مربوط به انعکاس‌های نخاعی و تحت کنترل اعصاب محیطی **پیکری** به صورت غیرآگاهانه می‌باشد ← تحت کنترل ماهیچه‌های اسکلتی است.
- دارای ۶ سیناپس می‌باشد که ۴تای آن در مادهٔ خاکستری نخاع و ۲تا در ماهیچه‌های بازو می‌باشد.
- دارای ۵ نورون (۱ *حسی*، ۲ *رابط* و ۲ *حرکتی*) می‌باشد که ۴ سیناپس بین نورونی دارد.

انواع سیناپس‌ها

- سیناپس ۱ ← بین آکسون نورون حسی و دندریت نورون رابط به صورت **تحریکی** و دارای ناقل عصبی تحریکی در مادهٔ **خاکستری** نخاع می‌باشد.
- سیناپس ۲ ← بین آکسون نورون حسی و دندریت نورون رابط به صورت **تحریکی** و دارای ناقل عصبی تحریکی در مادهٔ **خاکستری** نخاع می‌باشد.
- سیناپس ۳ ← بین آکسون نورون رابط و دندریت نورون حرکتی به صورت **تحریکی** و دارای ناقل عصبی تحریکی در مادهٔ **خاکستری** نخاع می‌باشد.
- سیناپس ۴ ← بین آکسون نورون رابط و دندریت نورون حرکتی به صورت **مهاری** و دارای ناقل عصبی **مهارکننده** در مادهٔ **خاکستری** نخاع می‌باشد.
- سیناپس ۵ ← بین آکسون حرکتی تحریک شده با عضلهٔ **دوسر** در جلوی بازو به صورت **تحریکی** و دارای ناقل عصبی تحریک کننده می‌باشد و دست را به عقب می‌کشد.
- سیناپس ۶
  - بین آکسون حرکتی مهار شده با عضلهٔ سه‌سر پشت بازو به صورت **غیرفعال** و بدون ترشح ناقل عصبی می‌باشد.
  - در این انعکاس، در نورون حرکتی متصل به عضلهٔ سه‌سر بازو پتانسیل عمل و آزاد شدن ناقل عصبی صورت نمی‌گیرد.

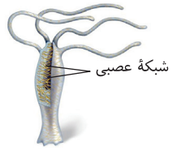


«انعکاس عقب کشیدن دست»

دستگاه عصبی سایر جانوران

ساده‌ترین ساختار عصبی

- **شبکهٔ** عصبی در **هیدر** می‌باشد ← مجموعه‌ای از نورون‌های **پراکنده** در دیوارهٔ بدن هیدر می‌باشد که با هم ارتباط دارند.
- تحریک هر نقطه از بدن جانور در **همهٔ** سطح آن منتشر می‌شود ← مغز، گره عصبی و تقسیم‌بندی مرکزی یا محیطی ندارد.
- شبکهٔ عصبی هیدر سبب تحریک یاخته‌های **ماهیچه‌ای** بدن جانور می‌شود.



«هیدر»

ساختار عصبی نردبان‌مانند پلاناریا

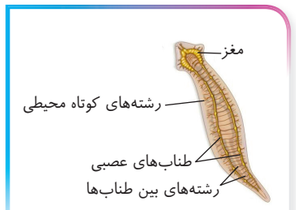
- **ساده‌ترین** تقسیم‌بندی مرکزی و محیطی را در سیستم عصبی دارد.

بخش مرکزی آن

- مغز آن از **دو** گرهٔ **مجزا** تشکیل شده است ← هر گره **تعدادی** جسم یاخته‌ای دارد.
- دو طناب عصبی موازی در دو سطح **جانبی** بدن حاوی آکسون و دندریت دارد که از یک طرف به مغز و از طرف دیگر در انتهای بدن به هم متصلند.
- رشته‌هایی دارد که دو طناب عصبی را به هم متصل کرده و ظاهر نردبانی ایجاد کرده است.

بخش محیطی آن

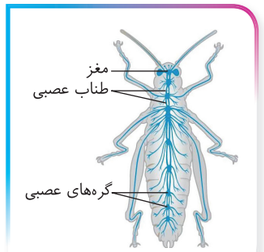
- رشته‌های کوچک‌تری متصل به طناب‌ها دارد ← این رشته‌ها فقط به یک طناب عصبی متصلند.



«پلاناریا»

حشرات

- مغز آن‌ها از **جوش** خوردن **چند گره** ایجاد شده است.
- یک طناب عصبی شکمی در طول بدن دارند ولی ستون مهره ندارند.
- هر بند از بدن یک گره عصبی دارد ← در طناب عصبی شکمی جانور، تعدادی گرهٔ مجزا وجود دارد.
- هر گره عصبی فعالیت **ماهیچه‌های** آن بند را تنظیم می‌کند و انشعابات به اندام‌های حرکتی هم می‌رسند.
- برخی مانند مگس، موهای حسی حاوی دندریت روی پاها دارند
  - جسم یاخته‌ای این نورون‌ها قبل از گرهٔ عصبی به صورت مجزا قرار دارند.
  - آکسون آن‌ها به سمت گرهٔ عصبی مربوط به آن بند می‌رود.
- گرهٔ عصبی حشرات
  - در مغز ← چندتا به هم جوش‌خورده می‌باشد.
  - در طناب عصبی ← چندتا ولی از هم جدا می‌باشد.



«ملخ»

مهره‌داران

- یک طناب عصبی **پشتی** (نخاع) دارند ← بخش **جلویی** طناب عصبی آن‌ها برجسته شده و **مغز** را تشکیل می‌دهد.
- طناب عصبی آن‌ها درون ستون مهره‌ها و مغز آن‌ها درون جمجمه قرار دارد که این محافظ‌ها در برخی ماهی‌ها از نوع غضروفی و در سایر گروه‌ها از جمله برخی ماهی‌ها از جنس استخوانی هستند.
- تقسیم‌بندی محیطی و مرکزی دارند.
- در بین آن‌ها اندازهٔ نسبی مغز نسبت به **وزن** بدن در پستانداران و پرندگان از بقیه مهره‌داران بیشتر می‌باشد.

گفتار ۱

گیرنده‌های حسی

تعریف

یاخته یا بخشی از یاخته است که پس از دریافت اثر محرک، می‌تواند آن را به پیام عصبی تبدیل کند.
هر محرک (*صدا، فشار، اکسیژن، گرما، نور و ...*) سبب تحریک گیرندهٔ ویژه‌ای می‌شود.

انواع

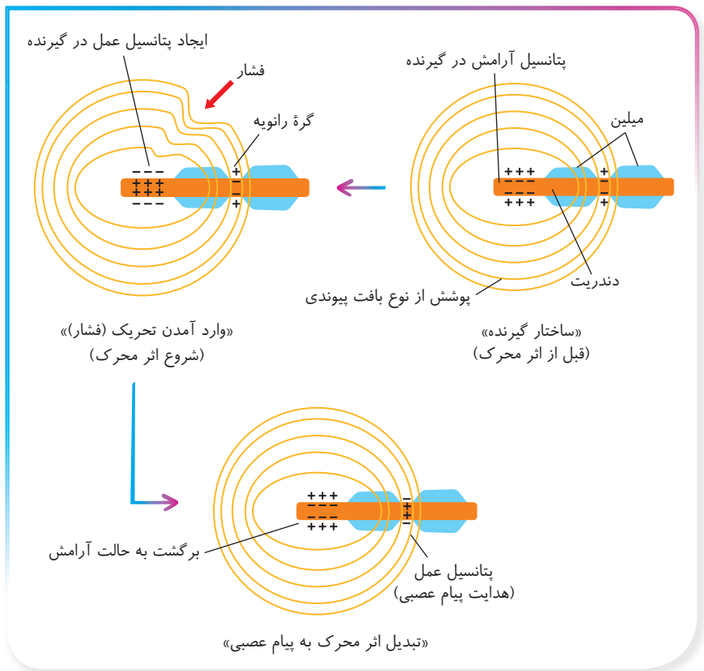
برحسب **نوع محرک** خود طبقه‌بندی می‌شوند.
انواع مکانیکی (*شنوایی، تعادلی، تماسی و وضعیتی*)، شیمیایی (*بویایی، چشایی*)، دمایی، نوری و درد دارند.

کار

با تغییر نفوذپذیری غشای گیرنده به یون‌ها و تغییر پتانسیل غشایی در آن‌ها، پیام عصبی در گیرنده ایجاد می‌شود.

گیرندهٔ فشار پوستی

انتهای دندریت یک نورون حسی می‌باشد که در اطراف آن چند لایهٔ **انعطاف‌پذیر** از بافت **پیوندی** وجود دارد.
فشرده شدن بخشی از لایه‌های روی دندریت، سبب ایجاد پتانسیل عمل در آن می‌شود (*کانال‌های دریچه‌دار یونی آن به ترتیب باز می‌شود*).
گیرندهٔ آن میلین‌دار است و پیام عصبی ایجاد شده را به صورت جهشی به دستگاه عصبی ارسال می‌کند.



سازش آن‌ها

وقتی اغلب گیرنده‌های حسی در معرض محرک **ثابت** قرار می‌گیرند، پیام عصبی **کمتری** ایجاد کرده یا اصلاً ایجاد نمی‌کنند و سبب سازش و **عدم پاسخ** به محرک می‌شوند.
عدم حس کردن لباس روی بدن یا عدم احساس بوی غذا یا عطر پس از مدتی از نمونه‌های آن است.
سازش گیرنده‌ها، سبب ارسال پیام‌های **کمتر** به مغز و پردازش پیام‌های **مهم‌تر** در مغز می‌شود.
گیرنده‌های درد، سازش‌ناپذیرند تا همواره فرد از محیط اطراف باخبر باشد.

گیرنده‌های حساس به CO_2 در بصل‌النخاع و دیوارهٔ سرخرگ‌های کوچک و یا حساس به کاهش O_2 در سرخرگ‌های بزرگ ← از نوع شیمیایی هستند.

حواس

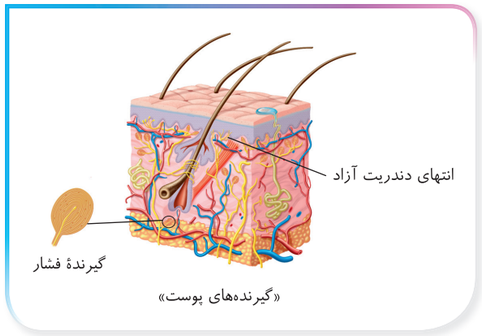
حواس پیکری

- گیرنده‌های این حواس در بدن **پخش** می‌باشند و در یک محل خاص تمرکز نیافته‌اند ← حاوی گیرنده‌های مکانیکی، شیمیایی، دمایی و درد هستند.
- در پوست، ماهیچه‌های اسکلتی و زردپی‌ها هستند ← اطلاعات حسی را در نهایت به دستگاه عصبی **مرکزی** ارسال می‌کنند.
- نشستن طولانی‌مدت ← آسیب پوست در نشیمن‌گاه ← تخریب یاخته‌ها ← تغییر وضعیت ناخودآگاه فرد (*در اثر تحریک گیرندهٔ درد*).

اثر دما

- در حالت عادی ← سبب تحریک گیرندهٔ دمایی می‌شود.
- اگر سبب آسیب و التهاب شود ← سبب تحریک گیرندهٔ درد نیز می‌شود.

- گیرنده‌های درد و وضعیتی از نوع دندریت آزاد بوده و پوشش پیوندی در اطراف خود ندارند.
- پیام حواس پیکری هم به مغز و هم به نخاع می‌رسند ولی حواس ویژه فقط به مغز پیام می‌دهند.
- گیرندهٔ وضعیتی، همانند گیرنده‌های بخش دهلیزی گوش برای تعادل بدن، به مخچه در پشت ساقهٔ مغز پیام می‌دهند.



«گیرنده‌های پوست»

جدول آن‌ها

گیرنده	نوع گیرنده	محرک	محل	نکات
تماسی (*تماس - فشار - ارتعاش*)	مکانیکی	لمس (*تماس*) فشار ارتعاش	پوست و بافت‌های دیگر (*درون برخی رگ‌ها*)	تعداد این گیرنده‌ها در پوست بخش‌های مختلف بدن، **متفاوت** است. نوک انگشتان و لب‌ها تعداد گیرندهٔ **بیشتری** دارند و حساس‌ترند. گیرندهٔ فشار، عمق‌تر و دارای پوشش چندلایه‌ای از بافت **پیوندی** در بخش درم پوست است.
دمایی	دمایی	سرما و گرما	پوست و درون برخی سیاهرگ‌های **بزرگ**	گیرنده‌های درونی به تغییرات دمای درون بدن یا **خون** حساسند. گیرنده‌های پوستی به تغییرات دمای محیط یعنی سرما و گرمای سطح بدن حساسند.
وضعیتی	مکانیکی	تغییر طول ماهیچه‌ها و کشش	ماهیچه‌های اسکلتی - زردپی‌ها - کپسول مفصلی	مغز را از چگونگی قرارگیری قسمت‌های مختلف بدن نسبت به هم در حالت سکون و حرکت مطلع می‌کند - گیرندهٔ آن، انتهای آزاد دندریت می‌باشد - این گیرنده‌ها در بافت‌های ماهیچه‌ای یا پیوندی رشته‌ای قرار دارند.
درد	دردی	آسیب بافتی	سطح پوست و دیوارهٔ سرخرگ‌ها	سازش ندارند - در اثر مواد شیمیایی (*اسید لاکتیک*) یا دمای نامناسب آسیب زننده و عوامل مکانیکی تحریک می‌شوند - سازوکار حفاظتی دارند - گیرندهٔ آن انتهای آزاد دندریت می‌باشد.

پیکری

- اعصاب پیکری ← اعصاب حرکتی محیطی برای تحریک عضلات اسکلتی می‌باشند.
- حواس پیکری ← حواسی با گیرنده‌های دندریتی پخش شده در بدن هستند.
- یاختهٔ پیکری ← یاختهٔ دیپلوئید عادی بدن که قدرت تولید گامت ندارد.

حواس ویژه

گیرنده‌های آن‌ها در اندام‌های ویژه‌ای متمرکز هستند

- حاوی گیرنده‌های نوری، مکانیکی و شیمیایی هستند.
- حس بینایی، شنوایی، تعادل، بویایی و چشایی هستند ← در ادامه بررسی می‌شوند.
- پیام خود را بدون ارتباط با نخاع به مغز می‌دهند (*بجز برخی تعادلی‌ها*).

گفتار ۲

حس بینایی

مسیر عبور نور
نور ابتدا به علت انحنای قرنیهٔ چشم، همگرایی می‌یابد و پس از عبور از زلالیه، مردمک، عدسی و زجاجیه روی شبکیه و گیرنده‌های نوری متمرکز می‌شود.

ساختار کرهٔ چشم

نکات بینایی
- حس ویژه‌ای با گیرنده‌های نوری می‌باشد که بیشتر اطلاعات محیط را دریافت می‌کند.
- کرهٔ چشم در حفرهٔ استخوانی کاسهٔ چشم قرار دارد که توسط ماهیچه‌های **اسکلتی** به کرهٔ چشم متصل است و حرکت می‌کند.
- چشم توسط پلک، مژه‌ها و بافت چربی روی کرهٔ چشم و اشک روی لایهٔ خارجی چشم محافظت می‌شود.
- نوری که از اجسام بازتاب می‌شود توسط گیرنده‌های نوری شبکیه دریافت و به پیام عصبی تبدیل می‌شود.

خارجی‌ترین لایه
- **صلبیه**: پرده‌ای سفیدرنگ با بافت **پیوندی** می‌باشد که دور عصب بینایی خارج شده از نقطهٔ کور را نیز می‌پوشاند.
- **قرنیه**: پردهٔ **شفاف** برآمده جلوی چشم می‌باشد که برای اولین بار نور در آنجا شکسته می‌شود.
  مواد غذایی و O_2 خود را از زلالیه می‌گیرد و مواد دفعی خود را به آنجا برمی‌گرداند.

لایهٔ میانی
- **مشیمیه**: لایهٔ زیر صلبیه است که رنگدانه‌دار و پر از مویرگ‌های خونی می‌باشد.
  مویرگ‌های آن باعث تولید زلالیه و تغذیه شبکیه و سایر بافت‌های چشم می‌شوند.
- **جسم مژگانی**: حلقه‌ای بین مشیمیه و عنبیه می‌باشد.
  ماهیچه‌هایی صاف برای کمک به تنظیم تطابق عدسی دارد.
  از عقب با زجاجیه در تماس می‌باشد.
- **عنبیه**: بخش **رنگین** چشم در پشت قرنیه می‌باشد ← سبب رنگ چشم می‌شود.
  در وسط آن سوراخ مردمک می‌باشد ← تنظیم قطر سوراخ مردمک به کمک اعصاب خودمختار توسط ماهیچه‌های صاف عنبیه صورت می‌گیرد.
  از جلو با زلالیه در ارتباط می‌باشد.
  - **انواع ماهیچه‌های صاف آن**:
    - **حلقوی** تنگ‌کنندهٔ مردمک ← توسط اعصاب **پاراسمپاتیک**، ناخودآگاه در نور زیاد منقبض می‌شود.
    - **شعاعی** گشادکنندهٔ مردمک ← توسط اعصاب **سمپاتیک**، ناخودآگاه در نور کم منقبض می‌شود.

عدسی چشم
- عدسی همگرا و انعطاف‌پذیر می‌باشد که توسط رشته‌هایی به نام **تارهای آویزی** به جسم مژگانی متصل است.
  تغذیه غذا و گرفتن اکسیژن آن توسط **زلالیه** صورت می‌گیرد.
- مسئول تطابق چشم با تغییر **همگرایی** می‌باشد:
  - برای دیدن جسم دور ← با **استراحت** ماهیچهٔ مژگانی ← عدسی باریک شده و تحدب آن **کم** می‌شود.
  - برای دیدن جسم نزدیک ← با **انقباض** ماهیچهٔ مژگانی ← عدسی ضخیم شده و تحدب آن **زیاد** می‌شود.
- در حالت عادی، سبب تشکیل تصویر دور و نزدیک، روی شبکیه می‌شود.
- با زلالیه و زجاجیه در تماس می‌باشد.

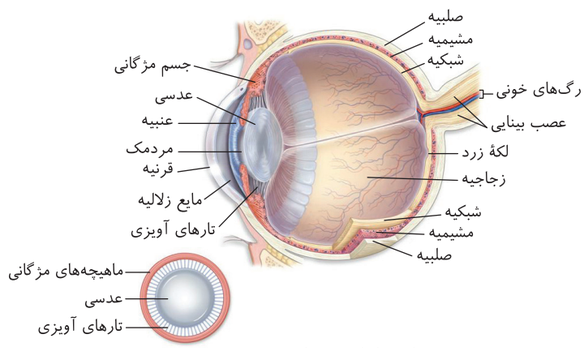
زلالیه
- مایعی **شفاف** در فضای جلوی عدسی می‌باشد که از مویرگ‌های چشم ترشح می‌شود.
- مواد غذایی و اکسیژن را برای عدسی و قرنیه فراهم کرده و مواد دفعی آن‌ها را جمع کرده و به خون می‌دهد.

زجاجیه
- مادهٔ **ژله‌ای** شفافی در فضای پشت عدسی می‌باشد که با عدسی، جسم مژگانی، شبکیه و تارهای آویزی متصل به عدسی در تماس می‌باشد.
- انشعابات رگ‌های خونی در آن قرار دارد و سبب حفظ شکل کروی چشم می‌شود.
- حجم و فضای بیشتری از زلالیه را پر می‌کند.

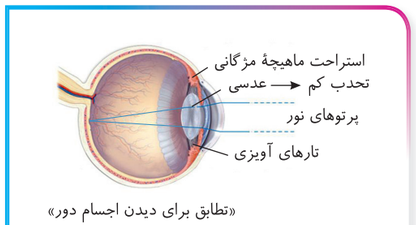
لایهٔ داخلی
- شبکیه می‌باشد که گیرنده‌های نوری مخروطی و استوانه‌ای و نیز یاخته‌های دیگر عصبی (*نورون‌ها*) دارد.
- عصب بینایی حاوی **آکسون** یاخته‌های عصبی می‌باشد که پیام‌های بینایی را از نقطهٔ کور به مغز می‌برد.
- بخش خارجی گیرنده‌های نوری دارای مادهٔ حساس به نور می‌باشند ولی یاخته‌های عصبی در شبکیه دارای سیناپس‌های متعددی می‌باشند.
- نکتهٔ آخر شبکیه ← بخشی از آن لکهٔ زرد است که در امتداد محور نوری چشم قرار دارد
  - لکهٔ زرد در دقت و تیزبینی اهمیت دارد.
  - گیرنده‌های مخروطی در آن فراوان‌ترند.

ماهیچه‌های چشم
- اتصال دهندهٔ چشم به کاسهٔ چشم ← ماهیچهٔ اسکلتی است ← تحت کنترل اعصاب پیکری است.
- ماهیچه‌های درون چشم (*مژگان، عنبیه و دیوارهٔ رگ‌ها*)
  - ماهیچهٔ صاف است ← تحت کنترل اعصاب خودمختار است.
  - دو شکل دارد:
    - حلقوی ← در جسم مژگانی و عنبیه وجود دارند.
    - شعاعی ← فقط مخصوص عنبیه است.

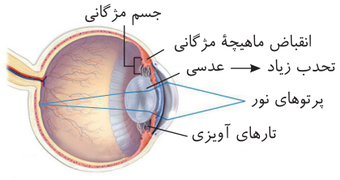
سرخرگ ورودی به نقطهٔ کور چشم
- در مجاورت سطح داخلی شبکیه قرار دارد.
- با مایع شفافِ ژله‌ای زجاجیه در تماس است و در آن منشعب می‌شود.
- به عنبیه و قرنیه غذا نمی‌دهد.



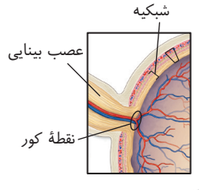
«بخش‌های تشکیل دهندهٔ کرهٔ چشم»



«تطابق برای دیدن اجسام دور»



«تطابق برای دیدن اجسام نزدیک»

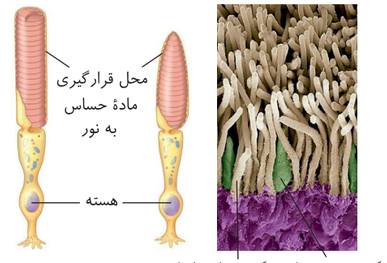


گیرنده‌های نوری

یاختهٔ استوانه‌ای
- در نور **کم** نیز تحریک می‌شود و به دید اجسام سیاه سفید کمک می‌کند.
- حساسیت آن به نور، زیاد است و تعداد آن‌ها از یاختهٔ نوع دیگر بیشتر است.

یاختهٔ مخروطی
- در نور زیاد تحریک می‌شود و حساسیت آن به نور، کمتر از یاختهٔ استوانه‌ای است.
- تشخیص رنگ و جزئیات اشیاء را امکان‌پذیر می‌سازد و در لکهٔ زرد تراکم زیادی دارد.

- برخورد نور به شبکیه ← تجزیهٔ مادهٔ حساس به نور در بخش **خارجی** گیرنده‌های بینایی ← ایجاد واکنش‌های مختلف ← تولید پیام عصبی ← انتقال به یاخته‌های عصبی شبکیه
- ویتامین A برای ساخت مادهٔ حساس به نور در گیرنده‌های مخروطی و استوانه‌ای لازم است.

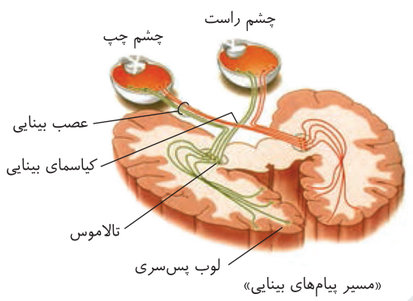


«گیرنده‌های نوری (رنگ‌های تصاویر واقعی نیستند)»

مسیر پیام عصبی بینایی

همهٔ آکسون‌های عصب بینایی خارج شده از هر دو چشم ← ابتدا به کیاسمای بینایی می‌رود

- آکسون‌های بخش خارجی هر چشم ← به تالاموس هم‌جهت خود برای پردازش اولیه می‌رود ← به لوب پس‌سری در نیمکرهٔ سمت همان چشم می‌رود (*پردازش نهایی*).
- آکسون‌های بخش داخلی هر چشم ← به تالاموس جهت مقابل برای پردازش اولیه می‌رود ← به لوب پس‌سری نیمکرهٔ مقابل با چشم خود می‌رود (*پردازش نهایی*).

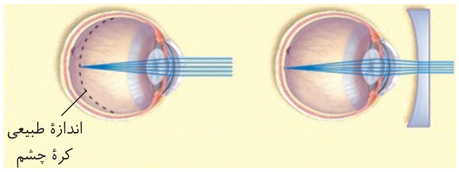


«مسیر پیام‌های بینایی»

بیماری‌های چشم

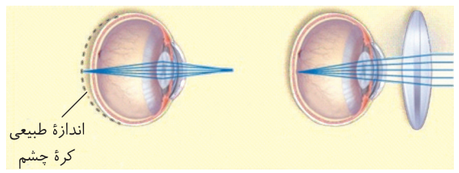
شکل ویژهٔ قرنیه، عدسی و کرهٔ چشم در تمرکز پرتوهای نوری روی شبکیه و دید واضح نقش مهمی دارند.

نزدیک‌بینی
- یا کرهٔ چشم این افراد بیش از حد **بزرگ** است و یا تحدب عدسی آن‌ها از حد عادی **بیشتر** شده است.
- این افراد پرتوهای نور اجسام نزدیک را به درستی روی شبکیه متمرکز کرده و این اجسام را به وضوح می‌بینند.
- در این افراد پرتوهای نور از اجسام دور در جلوی شبکیه و درون زجاجیه متمرکز می‌شوند و آن اجسام را به وضوح نمی‌بینند ← اصلاح آن‌ها با عدسی مقعر یا واگرا است.



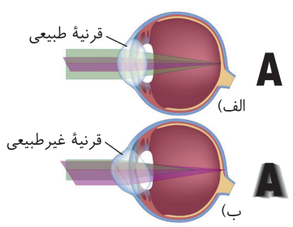
«چشم نزدیک‌بین و اصلاح آن»

دوربینی
- یا کرهٔ چشم این افراد از اندازهٔ طبیعی **کوچک‌تر** است و یا تحدب عدسی آن‌ها **کمتر** از حد عادی شده است.
- در این افراد پرتوهای نور اجسام دور روی شبکیه متمرکز می‌شوند ولی پرتوهای اجسام نزدیک **در پشت** شبکیه متمرکز می‌شوند.
- این افراد برای دیدن اجسام **نزدیک** نیاز به عینک **همگرا** دارند تا پرتوهای نور روی شبکیه متمرکز شوند.
- این افراد در حالت عادی، اجسام نزدیک را به وضوح نمی‌بینند.



«چشم دوربین و اصلاح آن»

آستیگماتیسم
- سطح عدسی یا قرنیه این افراد کاملاً کروی و صاف نمی‌باشد.
- پرتوهای نوری وارد شده به چشم این افراد روی یک نقطه در شبکیه متمرکز نمی‌شود و **نامنظم** به هم می‌رسند.
- این افراد تصویر واضحی از اجسام مختلف نمی‌بینند. اصلاح آن با نوعی عدسی صورت می‌گیرد که عدم یکنواختی قرنیه یا عدسی را جبران کند.



«مقایسهٔ تشکیل تصویر در (الف) چشم طبیعی (ب) چشم آستیگمات و تصویری که هر کدام می‌بینند.»

پیرچشمی
- این بیماری با **افزایش سن** رخ می‌دهد و انعطاف‌پذیری عدسی چشم آن‌ها **کم** می‌شود.
- تطابق در این افراد دچار مشکل می‌شود.
- اصلاح آن‌ها با عینک‌های ویژه می‌باشد.

تشریح چشم گاو

- فاصلهٔ عصب بینایی آن تا قرنیهٔ چشم در سطح **بالایی** چشم از سطح پایینی **بیشتر** می‌باشد ← بخش پهن‌تر چشم به سمت بینی و عصب بینایی آن پس از خروج از چشم به سمت **مخالف** خم می‌شود.
- بافت‌های چربی، بین ماهیچه‌های اسکلتی اطراف چشم و کرهٔ چشم می‌باشند.
- اجسام مژگانی آن‌ها شامل ماهیچهٔ مژگانی و تارهای آویزی می‌باشد که عدسی را احاطه می‌کنند و به شکل حلقه‌ای دور عدسی می‌باشند.
- درون جسم مژگانی، عنبیه نازک‌تر با ماهیچه‌های صاف حلقوی (*تنگ کنندهٔ مردمک*) و شعاعی (*گشادکنندهٔ مردمک*) قرار دارد.



«بخش‌های درونی چشم»



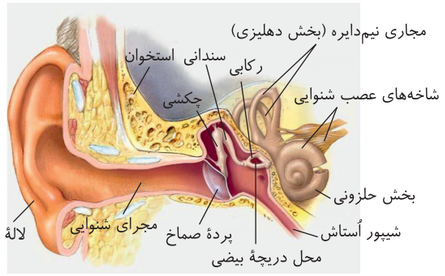
«بالا و پایین چشم»

اجزای گوش

قسمت‌های مخصوص شنوایی

گوش بیرونی

- **لالهٔ گوش**
  - امواج صوتی محیط را جمع‌آوری می‌کند و به مجرای شنوایی منتقل می‌کند.
- **مجرای شنوایی**
  - امواج صوتی را به گوش میانی منتقل می‌کند.
  - موهای کرک‌مانند و مواد حاصل از غدد ترشحی با نقش حفاظتی دارد.
  - انتهای مجرا کاملاً در استخوان گیجگاهی جمجمه قرار گرفته است.
  - پردهٔ صماخ در انتهای مجرای شنوایی برای تشدید امواج صوتی بین گوش بیرونی و میانی است



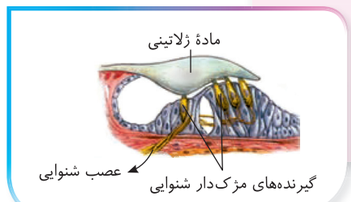
«بخش‌های تشکیل دهندهٔ گوش»

گوش میانی

- محفظهٔ استخوانی پر از **هوا** در استخوان گیجگاهی می‌باشد.
- از خارج به داخل دارای سه استخوان کوچک چکشی، سندانی و رکابی مفصل‌دار برای انتقال صدا از پردهٔ صماخ به دریچهٔ بیضی در گوش درونی می‌باشد.
- بخشی به نام شیپوراستاش، حلق را به گوش میانی متصل می‌کند.
- هوا از راه شیپوراستاش به گوش میانی می‌رسد تا فشار هوای دو طرف پردهٔ صماخ یکسان شود و پردهٔ صماخ به درستی بلرزد.
- دسته استخوان چکشی به پردهٔ صماخ و کف استخوان رکابی به پردهٔ نازک بیضی متصل می‌باشد و بین آن‌ها استخوان سندانی وجود دارد.

بخش حلزونی گوش درونی

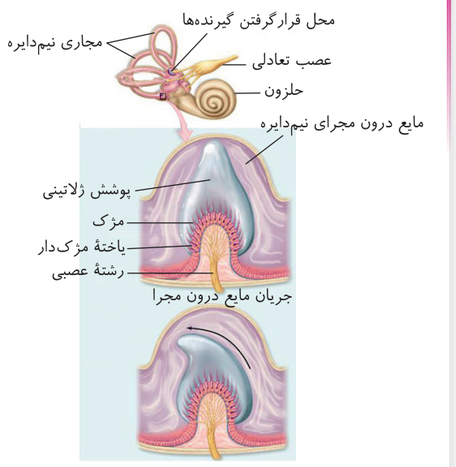
- کاملاً در استخوان گیجگاهی قرار دارد و حاوی بخش حلزون‌مانند و گیرنده‌های مژک‌دار شنوایی می‌باشد.
- امواج صوتی ← مجرای شنوایی ← لرزش یا ارتعاش پردهٔ صماخ ← ارتعاش استخوان‌های چکشی، سندانی و رکابی ← لرزش دریچهٔ بیضی ← لرزش مایع بخش حلزونی ← تحریک گیرندهٔ مکانیکی شنوایی
- کف استخوان رکابی گوش میانی به پردهٔ نازک دریچهٔ بیضی متصل است.
- پشت دریچهٔ بیضی، بخش حلزونی پر از مایع، بخشی با پوششی پر از مادهٔ ژلاتینی و یاخته‌های مژک‌دار و غیرمژک‌دار وجود دارد.
- مژک‌های گیرنده‌های شنوایی، با پوشش حاوی مادهٔ ژلاتینی در تماس می‌باشند و با لرزش مایع درون بخش حلزونی، خم می‌شوند.
- خم شدن مژک‌ها سبب باز شدن کانال‌های یونی غشایی این یاخته‌ها شده و بخش شنوایی عصب گوش، پیام عصبی را به سوی لوب گیجگاهی مخ می‌برد.
- در بخش حلزونی، تعداد یاخته‌های بدون مژک از یاخته‌های مژک‌دار گیرنده بسیار بیشتر است.
- مژک‌های یاختهٔ گیرنده درون مادهٔ ژلاتینی قرار ندارند ولی با حرکت یا لرزش آن خم می‌شوند.



قسمت مخصوص حفظ تعادل

بخش دهلیزی گوش درونی

- کاملاً در استخوان گیجگاهی قرار دارد و در هر گوش حاوی سه مجرای نیم‌دایره‌ای عمود بر هم در سه جهت فضا هستند که بالاتر از بخش حلزونی قرار دارد.
- سه مجرای نیم‌دایره با پنج پایک در بخش دهلیزی وجود دارد که قاعدهٔ پایک‌ها حاوی گیرنده‌های مژک‌دار حس تعادل بدن می‌باشند.
- درون مجاری نیم‌دایره مایع وجود دارد و درون این مایع پوششی حاوی مادهٔ ژلاتینی وجود دارد که مژک یاخته‌های گیرندهٔ تعادلی در تماس با مادهٔ ژلاتینی می‌باشند.
- حرکت با چرخش سر ← حرکت مایع درون مجرای نیم‌دایره ← خم شدن مایع ژلاتینی به یک سمت ← خم شدن مژک گیرنده‌ها ← ایجاد پیام عصبی تعادلی
- آکسون یاخته‌های عصبی متصل به گیرنده‌ها، شاخهٔ دهلیزی (*تعادلی*) عصب حسی گوش را می‌سازند و پیام را به مغز و به ویژه **مخچه** می‌برند.
- این بخش سبب آگاه کردن بدن از موقعیت سر می‌شود.
- برای حفظ تعادل بدن، مغز از گیرنده‌های وضعیتی موجود در ماهیچه‌های اسکلتی، زردپی و کپسول مفاصل نیز پیام می‌گیرد.
- در این بخش، حرکت مادهٔ ژلاتینی مهم است نه لرزش آن!



«چگونگی تحریک گیرنده‌های تعادلی در مجاری نیم‌دایره»

پوشش ژلاتینی گوش درونی

- هر گیرندهٔ شنوایی یا تعادلی آن، از نوع **مکانیکی** مژک‌دار می‌باشد که در گوش درونی قرار دارد.
- برای حفظ تعادل
  - گیرنده‌های وضعیتی از حواس پیکری
  - گیرنده‌های تعادلی گوش درونی از حواس ویژه
    - پیام خود را به مغز (*به ویژه مخچه*) می‌دهند.

در بخش حلزونی

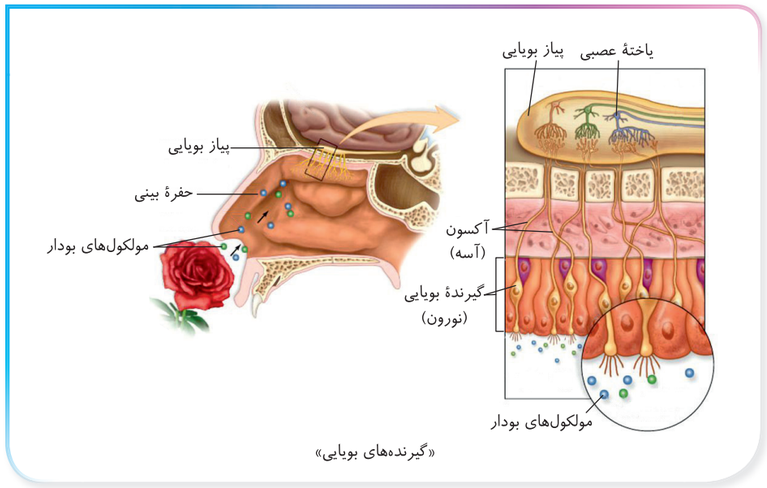
- پوشش سطحی آن به مژک‌های گیرنده متصل است.
- با لرزش مایع اطراف در اثر امواج صوتی سبب تحریک گیرنده می‌شود ولی خود پوشش و مایع خم نمی‌شوند.
- بالای یاخته‌های مژک‌دار و غیرمژک‌دار می‌باشد.

در بخش دهلیزی

- مایع درون آن با مژک گیرنده‌ها در تماس است (*با یاختهٔ غیرمژک‌دار در ارتباط نمی‌باشد*).
- با حرکت مایع اطراف آن به حرکت درمی‌آید و خم می‌شود.

بویایی

گیرنده بویایی
- یاخته‌های **عصبی** با دندریت‌های زائده‌دار می‌باشند.
- در سقف حفرهٔ بینی قرار دارند و نوعی گیرندهٔ **شیمیایی** از نوع یاخته‌های عصبی می‌باشند.
- مولکول‌های بودار هوای تنفسی، این یاخته‌ها را تحریک می‌کنند.
- فقط زائده‌های آن در تماس با مواد شیمیایی قرار می‌گیرد.
- دندریت، جسم یاخته‌ای و ابتدای آکسون آن‌ها در لابه‌لای یاخته‌های پشتیبان غیرعصبی قرار گرفته‌اند.
- آکسون آن‌ها پیام‌های بویایی را از منافذ استخوان جمجمه عبور داده و وارد لوب‌های بویایی (*پیاز بویایی*) می‌کند.
- گیرنده‌های بویایی در لابه‌لای یاخته‌های غیرعصبی و بدون زائده قرار دارند.



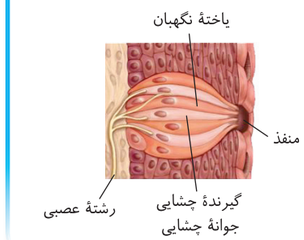
«گیرنده‌های بویایی»

- نوعی حس ویژه می‌باشد.
- این حس در درک مزهٔ غذا تأثیر دارد.
- در پیاز بویایی اولین سیناپس بین نورون‌ها صورت می‌گیرد و پیام را برای تشخیص به قشر مخ ارسال می‌کنند.
- مسیر عصبی آن از تالاموس رد نمی‌شود.
- یاخته‌های زائده‌دار (*مژک‌دار*) گیرندهٔ آن برخلاف یاخته‌های مژک‌دار مخاطی آن، در انتقال ناخالصی‌ها به حلق نقشی ندارند.
- در هنگام سرماخوردگی و گرفتگی بینی، مزهٔ غذاها را به درستی تشخیص نمی‌دهیم.

چشایی

جوانه‌های چشایی
- در دهان و برجستگی‌های زبان وجود دارند.
- حاوی گیرنده‌های چشایی و یاخته‌های نگهبان بدون مژک می‌باشند.
- اطراف هر جوانهٔ چشایی تعداد زیادی یاختهٔ به هم فشرده وجود دارد.

گیرنده‌های چشایی
- از نوع شیمیایی می‌باشند و یاخته‌های غیرعصبی هستند.
- از سمت خارجی خود به منفذی متصل به مواد شیمیایی در تماس است.
- از سمت دیگر به رشته‌های عصبی متصلند که عصب چشایی را ایجاد می‌کنند.
- در بین یاخته‌های نگهبان قرار دارند.
- توسط ذره‌های غذای محلول در بزاق تحریک شده و پیام عصبی ایجاد می‌کنند.



- انسان پنج مزهٔ اصلی شیرینی، شوری، ترشی، تلخی و اومامی را احساس می‌کند.
- اومامی کلمهٔ ژاپنی است که برای توصیف یک مزهٔ مطلوب که با چهار مزهٔ دیگر متفاوت است به کار می‌رود.
- اومامی مزهٔ غالب غذاهایی مانند عصارهٔ گوشت است که آمینواسید گلوتامات دارد.
- در درک مزهٔ غذا نقش اصلی دارد ولی حس بویایی در ایجاد آن نقش کمکی دارد.

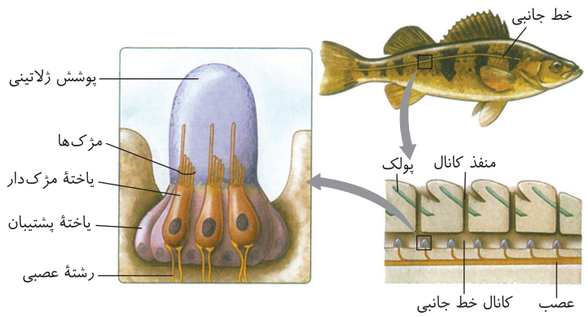
پردازش اطلاعات حسی
- ماهیت پیام‌های عصبی ایجاد شده در گیرنده‌های حسی متفاوت بدن، **یکسان** می‌باشد ولی مغز آن‌ها را به شکل‌های متفاوتی تفسیر می‌کند.
- پیام‌های عصبی هر گیرندهٔ حسی به بخش یا بخش‌های ویژه‌ای از دستگاه عصبی مرکزی و قشر مخ وارد می‌شوند.
- انسان در حالت طبیعی قادر به دریافت برخی محرک‌ها مثل پرتوهای فرابنفش و فروسرخ نمی‌باشد.

۳ گفتار

گیرنده‌های حسی در سایر جانوران

گیرندهٔ مکانیکی خط جانبی ماهی‌ها

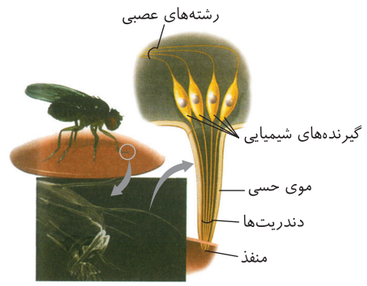
- در دو سوی جانبی بدن ماهی‌ها، ساختاری به‌نام خط جانبی در کانال **زیر** پوست وجود دارد.
- خط جانبی از راه سوراخ‌هایی با محیط بیرون ارتباط دارد.
- درون کانال، یاخته‌های مژک‌داری وجود دارد که مژک‌های آن‌ها با طول متفاوت با مادهٔ ژلاتینی در تماس می‌باشند. این یاخته‌های حسی از طرف دیگر با چند دندریت یا رشتهٔ عصبی در تماس می‌باشند.
- جریان آب در کانال، سبب حرکت مادهٔ ژلاتینی در خط جانبی شده که در ادامه سبب تحریک گیرنده‌های مکانیکی می‌شود.
- یاخته‌های گیرنده در بین یاخته‌های پشتیبان قرار دارند که هر دو در تماس با مادهٔ ژلاتینی هستند.
- ماهی با خط جانبی خود از وجود اجسام و جانوران دیگر (*شکار و شکارچی*) در محیط اطراف آگاه می‌شود.
- از هر خط جانبی، یک عصب از تعدادی منفذ خط جانبی تشکیل می‌شود.
- ماهی دارای دو خط جانبی می‌باشد که اعصاب خارج شده از آن به یک طناب عصبی پشتی جانور می‌رسد.
- از نظر ساختار و مکانیسم عمل به بخش دهلیزی گوش داخلی انسان شباهت زیادی دارد.



«ساختار خط جانبی در ماهی»

گیرنده‌های شیمیایی در پای مگس

- روی پاهای مگس، موهای حسی متعددی وجود دارد.
- درون موی حسی **دندریت‌های** گیرندهٔ **شیمیایی** وجود دارد که توسط منفذی با بیرون ارتباط دارند.
- به کمک گیرنده‌های شیمیایی، مزه‌های انواع مولکول‌های شیمیایی تشخیص داده می‌شود.
- جسم یاخته‌ای و آکسون این گیرنده‌ها در رشتهٔ موی حسی وجود ندارد.
- گیرندهٔ شیمیایی آن‌ها همانند گیرندهٔ بویایی انسان، از نوع یاختهٔ عصبی می‌باشد ← رشته‌های عصبی خارج شده از آن به طناب عصبی شکمی جانور می‌رسد.



«گیرندهٔ شیمیایی در مگس»

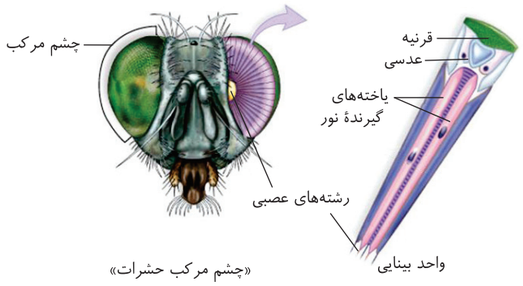
گیرندهٔ مکانیکی صدا در پای جیرجیرک

- روی هر یک از پاهای **جلویی** جیرجیرک‌ها یک محفظهٔ **هوا** وجود دارد.
- روی محفظهٔ هوا یک پردهٔ صماخ کشیده شده است (*همانند پردهٔ صماخ انسان، در پشت آن محفظهٔ هوا وجود دارد*).
- لرزش پردهٔ صماخ در اثر امواج صوتی، سبب تحریک گیرنده‌های مکانیکی متصل به پردهٔ صماخ می‌شود.
- امواج صوتی ← لرزش پردهٔ صماخ در پای جانور ← تحریک گیرندهٔ مکانیکی صدا ← انتقال پیام به طناب عصبی شکمی و مغز جانور
- پردهٔ صماخ آن برخلاف انسان به گیرندهٔ مکانیکی صدا متصل است.

گیرندهٔ نوری چشم مرکب

- در حشرات دیده می‌شود که تعداد زیادی واحد بینایی دارد.
- هر واحد بینایی، یک عدسی، یک قرنیه و تعدادی یاختهٔ گیرندهٔ نوری متصل به رشتهٔ عصبی دارد.
- هر واحد بینایی، تصویر کوچکی از بخشی از میدان بینایی را ایجاد می‌کند.
- **دستگاه عصبی** جانور اطلاعات هر واحد بینایی را گرفته و پس از یکپارچه کردن آن‌ها، تصویر موزاییکی ایجاد می‌شود.
- گیرنده‌های نوری زنبور برخلاف انسان، پرتوهای فرابنفش را نیز دریافت می‌کند.
- پیام خود را به مغزی حاصل از جوش خوردن چند گره می‌دهند.





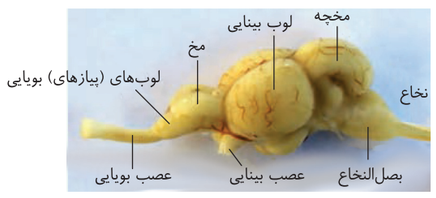
«چشم مرکب حشرات»

گیرندهٔ فروسرخ مار زنگی

- در **جلو** و **زیر** هر چشم مار زنگی، سوراخی حاوی گیرنده‌های فروسرخ وجود دارد.
- پرتوهای فروسرخ تابیده شده از بدن شکار به گیرنده‌های فروسرخ رسیده و محل شکار را در **تاریکی** تشخیص می‌دهد.
- نوعی گیرندهٔ **دمایی** است.

مغز ماهی

- از جلو به عقب ← عصب و لوب‌های بویایی، مخ، لوب بینایی بزرگ، مخچه و بصل‌النخاع ایجاد شده‌اند.
- نسبت لوب‌های (*پیازهای*) بویایی به مغز در ماهی از انسان بزرگ‌تر است.
- مخ ماهی بین لوب‌های بویایی و لوب بینایی قرار دارد.



گفتار ۱

اسکلت انسان

اجزاء استخوان‌ها

شامل استخوان‌ها، مفاصل و غضروف‌ها می‌باشد که سبب حرکت بدن، محافظت از برخی اندام‌ها، ذخیرهٔ مواد معدنی و... می‌شوند.

انواع اسکلت

- اسکلت محوری
  - محور بدن می‌باشد که شامل استخوان‌های سر و ستون مهره‌ها، دنده‌ها، جناغ و استخوان‌های گوش میانی می‌باشد.
  - ساختارهایی مثل مغز، نخاع، قلب و شش‌ها را محافظت کرده و در حرکات، جویدن، صحبت کردن و شنیدن نقش دارند.
- اسکلت جانبی
  - شامل استخوان‌های دست و پا می‌باشد.
  - نسبت به اسکلت محوری، نقش **بیشتری** در حرکات بدن دارد.

اعمال

- حفاظت و پشتیبانی اندام‌ها، حرکت به کمک انقباض ماهیچه‌های **اسکلتی** متصل به آن‌ها و حفاظت از اندام‌های درونی را دارند.
- ذخیرهٔ مواد معدنی، کمک به شنوایی، تکلم و تولید یاخته‌های خونی در آن‌ها صورت می‌گیرد.

ساختار استخوان‌ها

انواع از نظر شکل

- دراز ← مثل استخوان ران و بازو
- کوتاه ← مثل استخوان‌های مچ
- پهن ← مثل استخوان‌های جمجمه
- نامنظم ← مثل استخوان‌های ستون مهره‌ها

انواع از نظر اندازه

- کوچک ← مثل استخوانچه‌های گوش میانی
- بزرگ ← مثل لگن

هر استخوان دو نوع بافت پیوندی استخوانی دارد
- بافت فشرده (*متراکم*)
- بافت اسفنجی

میزان و محل قرارگیری هر نوع بافت استخوانی در استخوان‌های مختلف، **متفاوت** می‌باشد ← هر دو بافت حاوی رگ خونی می‌باشند.

تنه یا طول استخوان

- سطح خارجی ← بافت پیوندی حاوی مجاری برای خروج رگ‌ها و اعصاب دارد.
- سطح میانی (*حجیم‌ترین*) ← سامانهٔ **هاورس** دارد
  - استوانه‌هایی هم‌مرکز **منظم** از تیغه‌های استخوانی دارد.
  - تیغه‌های هم‌مرکز از یاخته‌های استخوانی به همراه رشته‌های کلاژن و مادهٔ زمینه‌ای متشکل از پروتئین و مادهٔ معدنی ایجاد شده است.
  - هر سامانه یک مجرا حاوی اعصاب و رگ‌ها برای ارتباط بافت زنده با بیرون دارد.
- سطح درونی ← بافت اسفنجی حاوی صفحات و میله‌هایی است که بین آن‌ها حفرات پر از مغز استخوان دارد.

سر یا انتهای برآمدهٔ آن

بیشتر بافت اسفنجی دارد
- حفرات متعدد در بین صفحات و میله‌های استخوانی قرار دارد.
- در حفره‌های بین تیغه‌ها، رگ‌ها و مغز استخوان وجود دارد.
- مغز استخوان آن بافت نرمی برای تولید یاخته‌های خونی می‌باشد.

مغز زرد

- بیشتر از چربی تشکیل شده است و مجرای مرکزی تنه یا طول استخوان را پر کرده است.
- در کم‌خونی‌های شدید (*مثل آسیب شدید مخاط معده*)، به مغز قرمز تبدیل می‌شود.

ساختار استخوان دراز

تشکیل استخوان‌ها

- در دوران جنینی ابتدا از بافت نرم **غضروفی** هستند و به تدریج با افزودن نمک **کلسیمی** سفت می‌شوند.
- یاخته‌های استخوانی **تا اواخر سن رشد**، مادهٔ زمینه‌ای محکم ترشح می‌کنند و تودهٔ استخوانی متراکم‌تر می‌شود.
- با افزایش سن و **کم‌کار** شدن **یاختهٔ** استخوانی، تراکم تودهٔ استخوانی به تدریج کم می‌شود.
- تغییرات استخوانی در کل عمر در حال انجام است.
- ورزش و افزایش وزن، سبب ضخیم، متراکم‌تر و محکم‌تر شدن استخوان‌ها می‌شود.
- استفادهٔ کمتر از استخوان‌ها مثل فضانوردان و محیط بی‌وزن، تراکم استخوان را کم می‌کند.

تخریب استخوان‌ها

شکستگی میکروسکوپی ← در نتیجهٔ حرکات معمول بدن به‌طور **پیوسته** صورت می‌گیرد.

شکستگی بزرگ
- در اثر ضربه یا برخورد صورت می‌گیرد.
- پس از چند **هفته** در اثر تقسیم یاخته‌های **نزدیک** محل شکستگی بهبود می‌یابند.

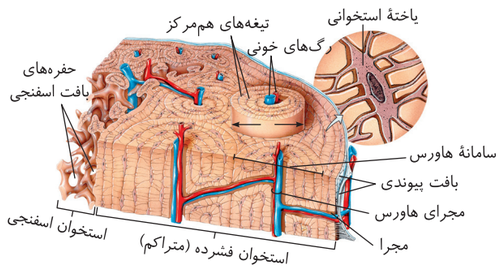
تراکم تودهٔ استخوانی

پوکی استخوان
- کاهش تراکم استخوان همراه افزایش تخریب استخوان است.
- استخوان‌ها ضعیف و شکننده می‌شوند.
- کمبود ویتامین D و کلسیم سبب آن می‌شود (*اشکال در تولید هورمون‌ها و یا جذب در دورهٔ یائسگی*).
- نوشیدنی الکلی، نوشابهٔ گازدار و اختلال در ترشح برخی هورمون‌ها (*کمبود هورمون جنسی، زیادی پاراتیروئیدی‌ها و کمبود کلسی‌تونین*) سبب آن می‌شود.



استخوان مهره (نامنظم) — استخوان جمجمه (پهن) — استخوان‌های مچ دست (کوتاه) — استخوان ران (دراز)

«انواع استخوان»



«ساختار بخشی از تنهٔ یک استخوان دراز و اجزای آن»

اسکلت انسان

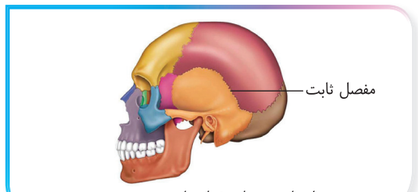
اجزا:

غضروف
- نوعی بافت پیوندی با مادهٔ زمینه‌ای نیمه‌جامد و انعطاف‌پذیر است.
- در سطح خارجی سر استخوان دراز در مفاصل وجود دارد.
- سطح صیقلی دارد و به لیز خوردن استخوان‌ها در مجاور هم و کاهش اصطکاک آن‌ها کمک می‌کند.

مفصل‌ها
- محل اتصال استخوان‌ها با هم است.

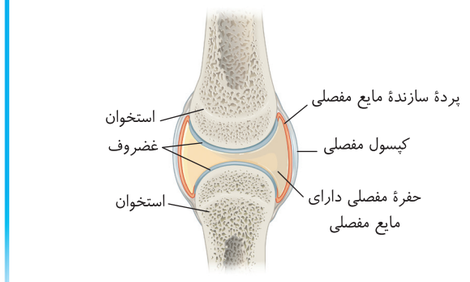
انواع

بدون تحرک (ثابت)
- استخوان‌ها در محل آن حرکت نمی‌کنند.
- غضروف و مایع مفصلی در آن‌ها وجود ندارد.
- جمجمه دارای چند استخوان پهن می‌باشد که لبه‌های دندانه‌دار آن‌ها در محل مفصل ثابت در هم فرو رفته و محکم شده‌اند.



«مفصل ثابت در استخوان‌های جمجمه»

متحرک
- بیشتر مفصل‌ها می‌باشند که استخوان‌های آن‌ها قابلیت **حرکت** دارند.
- سر استخوان‌ها در محل این مفاصل، حاوی غضروف می‌باشند.
- یک کپسول از جنس بافت پیوندی **رشته‌ای**، استخوان‌ها را در محل این مفاصل پوشانده است.
- کپسول مفصلی، زردپی‌ها و رباط‌ها که همگی بافت پیوندی رشته‌ای دارند به همراه ماهیچه‌ها به در کنار یکدیگر ماندن استخوان‌ها کمک می‌کنند.
- پردهٔ سازندهٔ مایع مفصلی در سطح داخلی کپسول مفصلی قرار دارد که مایع مفصلی را در تماس با غضروف‌ها ترشح می‌کند.
- مایع مفصلی و سطح صیقلی غضروف‌ها، سبب لیز خوردن استخوان‌های مجاور هم طی سالیان طولانی می‌شوند.
- رباط‌ها بافت پیوندی رشته‌ای محکمی برای ارتباط و اتصال استخوان‌ها به هم می‌باشند.
- کارکرد زیاد، ضربات، آسیب‌ها و برخی بیماری‌ها سبب تخریب بخش صیقلی غضروف‌ها می‌شوند که بدن آن را ترمیم می‌کند.
- بیماری‌های مفصلی هنگامی ایجاد می‌شوند که سرعت تخریب غضروف‌ها از سرعت ترمیم آن‌ها بیشتر باشد.
- نقرس نوعی بیماری مفصلی در اثر رسوب اوریک اسید می‌باشد ← التهاب مفاصل دارد و دردناک است.



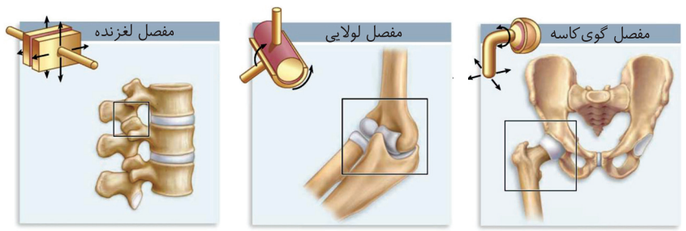
«بخش‌های تشکیل دهندهٔ مفصل»

انواع مفصل متحرک

گوی و کاسه‌ای
- استخوان‌ها در همهٔ جهات حرکت می‌کنند.
- مانند مفصل ران با نیم‌لگن یا مفصل بازو با کتف.

لولایی
- استخوان‌ها در دو جهت حرکت می‌کنند.
- مانند مفصل بازو با استخوان‌های ساعد (*آرنج*) یا مفصل ران با درشت‌نی (*زانو*).

لغزنده
- حرکت استخوان‌ها در آن بسیار کم است.
- مانند استخوان‌های ستون مهره‌ها.



«انواع مفصل متحرک»

وظایف اسکلت استخوانی بدن انسان

پشتیبانی
- شکل بدن را ایجاد می‌کنند.
- چارچوبی برای استقرار اندام‌ها ایجاد می‌کنند.

حرکت
- با انقباض ماهیچه‌های اسکلتی متصل به آن‌ها صورت می‌گیرد.

حفاظت از اندام‌های درونی
- به‌طور عمده توسط اسکلت محوری برای حفاظت از مغز، نخاع، قلب و شش‌ها صورت می‌گیرد.

تولید یاخته‌های خونی
- **بسیاری** از استخوان‌ها مغز قرمز دارند ← تولید یاخته‌های خونی می‌کند.

ذخیرهٔ مواد معدنی
- هر استخوانی ذخیرهٔ مواد معدنی مثل فسفات و کلسیم دارد.

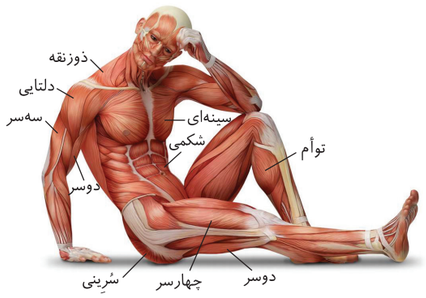
کمک به شنیدن، تکلم و ...
- اسکلت محوری با استخوان‌های گوش و چهره انجام می‌دهد.

گفتار ۲

تکات ماهیچه‌های اسکلتی

ویژگی‌های کلی

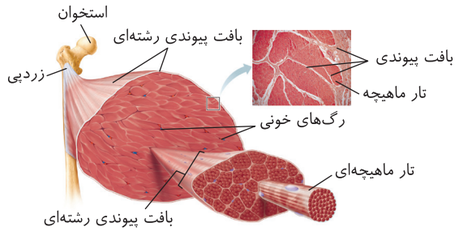
- بیش از ۶۰۰ تا در بدن انسان وجود دارند ← با انقباض خود سبب **بسیاری** از حرکات بدن می‌شوند.
- **بسیاری** از آن‌ها به صورت جفت عمل کرده و سبب حرکت می‌شوند
  - انقباض ماهیچهٔ دوسر جلوی بازو ← ساعد را جلو یا بالا می‌برد
    - از پایین به زند زبرین متصل است.
    - از بالا به بازو و کتف متصل است.
  - انقباض ماهیچهٔ سه‌سر عقب بازو ← ساعد را به عقب برمی‌گرداند
    - از پایین به زند زیرین متصل است.
    - از بالا به بازو و کتف متصل است.
- انقباض ماهیچه ← سبب **کشاندن** استخوان به جهت خاصی می‌شود ولی آن‌ها را **هل نداده** و به حالت اول برنمی‌گرداند.
- همهٔ ماهیچه‌های اسکلتی برای حرکت استخوان‌ها نمی‌باشند (*مثلاً اسفنکتر مخرج*).
- همواره تحت کنترل اعصاب حرکتی **پیکری** قرار دارند که همگی کنترل ارادی دارند ولی **برخی** انعکاس‌های غیرارادی نیز دارند.
- ماهیچه‌ها در حفظ شکل و حالت بدن، کنترل دریچه‌های بدن، حرکات ارادی، ارتباطات و حفظ دمای بدن (*با فعالیت‌های متابولیسمی*) مؤثرند.



«ماهیچه‌های اسکلتی بدن انسان»

ساختار ماهیچهٔ اسکلتی

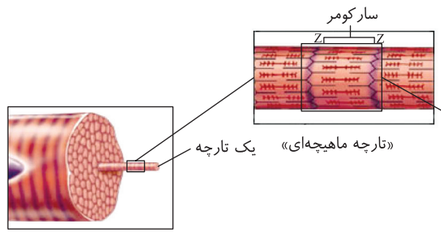
- یک ماهیچهٔ اسکلتی از تعدادی دسته تار ماهیچه‌ای تشکیل شده است.
- یک دسته تار ماهیچه‌ای
  - تعدادی یاخته یا تار ماهیچه‌ای دارد که بین تارها نیز بافت پیوندی وجود دارد.
  - دور همهٔ یاخته‌ها، غلافی از یک بافت پیوندی رشته‌ای محکم وجود دارد.
- رگ‌های خونی در بین تارها و دسته تارها وجود دارند.
- غلاف‌های پیوندی دور دسته‌های ماهیچه‌ای در دو انتهای ماهیچه، طناب یا نوار محکمی به نام **زردپی** برای اتصال به استخوان‌های متفاوت ایجاد می‌کنند.
- دو انتهای هر ماهیچهٔ اسکلتی، زردپی دارد که زردپی‌های دو انتهای مختلف به استخوان‌های متفاوت وصل می‌شوند.
- انقباض ماهیچه، سبب کشیده شدن دو استخوان به طرف هم می‌شود.
- انقباض ماهیچهٔ اسکلتی ← تغییر **کوتاهی** در طول ماهیچه ← جابه‌جایی دو استخوان به اندازهٔ **زیاد** می‌شود.

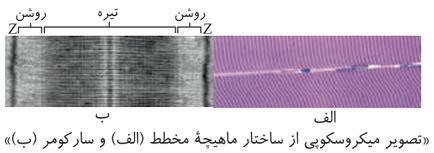


«ساختار ماهیچهٔ اسکلتی»

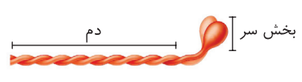
ساختار یاخته یا تار ماهیچه‌ای

- به شکل استوانه‌هایی چندهسته‌ای هستند ← هر یاختهٔ آن از به هم پیوستن چند یاخته در دورهٔ جنینی ایجاد شده است.
- سیتوپلاسم کم به همراه سایر اندامک‌ها درون تار عضلانی وجود دارد که یک غشا دور یاخته وجود دارد.
- در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم آن عمل گلیکولیز و تخمیر لاکتیکی صورت می‌گیرد.
- در راکیزه‌های سیتوپلاسم خود، بخش هوازی تنفس یاخته‌ای را انجام می‌دهد.
- درون هر یاخته، تعداد **زیادی** رشته به نام تارچه‌های ماهیچه‌ای به صورت موازی با هم در طول یاخته وجود دارد.
- هر تارچه از واحدهای تکراری پشت سر هم به نام **سارکومر** تشکیل شده است که سبب ظاهر مخطط (*خط خط*) به تار ماهیچه‌ای می‌شود.
- هر سارکومر بین دو خط Z وجود دارد. درون سارکومر دو نوع رشتهٔ پروتئینی نازک (*اکتین*) و قطور (*میوزین*) با آرایش خاص وجود دارد.
- رشته‌های اکتین از یک طرف به خط Z متصلند ولی از طرف دیگر به درون سارکومر کشیده شده‌اند.
- رشته‌های میوزین به خط Z متصل نیستند ولی در بین رشته‌های اکتین قرار دارند که سرهایی برای اتصال به اکتین دارند.
- سرهای میوزین قطورتر از دم آن می‌باشند. سر میوزین‌های سارکومر، در دو طرف بین اکتین‌ها قرار دارند.
- دو بخش روشن هر سارکومر، فقط حاوی پروتئین اکتین نازک بوده که فاصلهٔ بین خط Z تا سر میوزین در هر طرف سارکومر می‌باشند.
- یک بخش تیره متشکل از کل میوزین‌ها و بخشی از اکتین‌ها در وسط هر سارکومر می‌باشد.





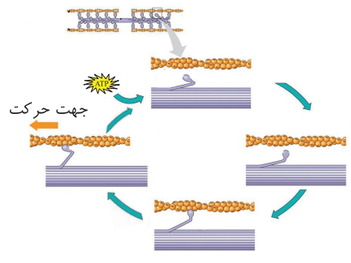
«تصویر میکروسکوپی از ساختار ماهیچهٔ مخطط (الف) و سارکومر (ب)»



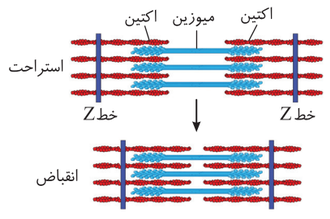
«بخش‌های مختلف مولکول میوزین»

مکانیسم انقباض ماهیچه

- پیام عصبی عصب حرکتی پیکری ← سبب آزاد شدن ناقل عصبی شده ← ناقل عصبی به گیرندهٔ خود در غشای یاختهٔ ماهیچه‌ای متصل شده ← موج الکتریکی در طول غشای یاخته ایجاد می‌شود (*کانال دریچه‌دار عضلانی را باز می‌کند*).
- تحریک یاختهٔ عضلانی، سبب آزاد شدن یون **کلسیم** از شبکهٔ آندوپلاسمی به تارچه‌های ماهیچه‌ای می‌شود (*با مکانیسم انتشار تسهیل شده*).
- ATP متصل به سر میوزین، هیدرولیز شده و سر میوزین با تغییر شکل به اکتین‌های دو طرف متصل می‌شوند.
- سپس سر میوزین با کشش اکتین‌ها، دو خط Z هر سارکومر را به هم نزدیک می‌کند.
- پل‌های اتصالی میوزین و اکتین دائماً تشکیل و پاره‌مانند جدا می‌شوند و دوباره به بخش جلوتر اکتین متصل می‌شوند.
- لیز خوردن و جدا شدن سرهای میوزین، صدها مرتبه در **ثانیه** تکرار شده تا در نهایت کل ماهیچهٔ اسکلتی منقبض می‌شود.
- با کوتاه شدن سارکومر، دو بخش روشن کوتاه شده ولی طول بخش تیره و پروتئین‌های اکتین و میوزین تغییر نمی‌کند.



«نحوهٔ انقباض ماهیچه»



«طرح ساده‌ای از انقباض سارکومرها»

نکات ماهیچه‌های اسکلتی

توقف انقباض عضلانی
- استراحت یا پایان توقف ماهیچه، نیازی به پیام مهاری از طرف عصب ندارد.
- با توقف پیام عصبی، یون‌های کلسیم به **سرعت** با انتقال فعال از تارچه‌ها به شبکهٔ آندوپلاسمی برگردانده می‌شوند.
- سپس اکتین و میوزین از هم جدا می‌شوند.
- سارکومر تا رسیدن پیام عصبی بعدی توسط عصب پیکری، در حالت استراحت باقی می‌ماند ← ناقلین عصبی سیناپس نیز یا تجزیه می‌شوند و یا به نورون پیش‌سیناپسی برمی‌گردند.

تأمین انرژی انقباض ماهیچه
- ATP انرژی رایج و مستقیم مورد استفاده برای انقباض تار عضلانی است که توسط منابع زیر تأمین می‌شود.
- **بیشتر** انرژی انقباض ماهیچه‌ها از سوختن **گلوکز** به دست می‌آید
  - تنفس هوازی (با مصرف O_2) ← ATP زیادی ایجاد می‌کند ← فقط در حد چند دقیقه مؤثر است.
  - تنفس بی‌هوازی (بدون O_2) ← ATP کمی می‌دهد ← در فعالیت‌های **شدید** عضلانی صورت می‌گیرد.
    - لاکتیک‌اسید در ماهیچه جمع می‌شود و سبب درد می‌شود ← با استراحت به تدریج تجزیه شده و اثرات درد کم می‌شود.
- گلیکوژن ذخیره‌ای ماهیچه در صورت لزوم و به کمک عمل هورمون اپی‌نفرین، به گلوکز هیدرولیز می‌شود.
- تجزیهٔ گلوکز به کمک اکسیژن، فقط تا چند **دقیقه** انرژی لازم برای ساخت ATP را فراهم می‌کند.
- در انقباض **طولانی‌مدت**، ماهیچه‌ها از سوزاندن اسیدهای چرب، ATP به دست می‌آورند.

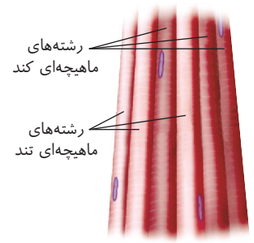
کرآتین فسفات
- مولکولی اختصاصی در ماهیچه‌ها به منظور تولید ATP در سطح پیش‌مادهٔ آلی می‌باشد.
- با اتصال گروه فسفات آن به ADP، مولکول ATP تولید می‌شود و سپس کرآتینین دفعی کلیوی ایجاد می‌شود.
- کرآتین فسفات $+ ADP$ ← ATP + کرآتین (ماهیچه) ← کرآتینین ← خون ← کلیه ← مادهٔ زائد نیتروژن‌دار دفعی

انواع یاخته‌های بافت ماهیچه‌ای اسکلتی
- **بسیاری** از ماهیچه‌های بدن، براساس **سرعت انقباض** یاخته‌های خود، دو نوع تار یا یاختهٔ تند و کند دارند.

تار ماهیچه‌ای کند (قرمز)
- سرعت انقباض کم به همراه مقدار **زیادی** رنگدانهٔ قرمز **میوگلوبین** دارند.
- می‌توانند مقداری اکسیژن ذخیره کنند و میتوکندری **زیادی** دارند.
- بیشتر انرژی خود را از راه تنفس **هوازی** به دست می‌آورند ← بیشتر به اکسایش پیرووات‌ها در راکیزه می‌پردازند.
- برای حرکات استقامتی مثل شنا کردن و دوی ماراتن ویژه شده‌اند.

تار ماهیچه‌ای تند (سفید)
- سرعت انقباض زیادی دارند ولی مقدار میوگلوبین آن‌ها کمتر از تار کند است.
- میتوکندری کمتری دارند و بیشتر از راه تنفس بی‌هوازی انرژی به دست می‌آورند ← بیشتر پیرووات‌های آن به الکترون‌گیری می‌پردازند.
- سریع انرژی خود را از دست می‌دهند و خسته می‌شوند.
- مسئول انجام انقباضات سریع مثل دوی سرعت و بلند کردن وزنه می‌باشند.

- افراد کم‌تحرک، تار ماهیچه‌ای **تند** بیشتری دارند که با ورزش به نوع کند تبدیل می‌شوند ← نسبت تارهای یک ماهیچه در طول عمر تغییر می‌کند.



«تارهای ماهیچه‌ای تند و کند»

حرکت در جانوران

- جانوران شیوه‌های حرکتی بسیار متنوعی با **اساس حرکت** مشابه دارند و در بخشی از زندگی خود می‌توانند از جایی به جای دیگر بروند.
- هر جانوری برای حرکت در هر سو، باید نیرویی در خلاف آن جهت وارد کند که نیاز به ساختارهای اسکلتی و ماهیچه‌ای دارد.

انواع اسکلت جانوری

آب‌ایستایی
- با تجمع مایع درون بدن، به حرکت آن جانور شکل می‌دهد.
- عروس دریایی دارای اسکلت آب‌ایستایی می‌باشد ← حفرهٔ گوارشی با دهان و مخرج مشترک دارد.
- با فشار جریان خروج آب از منفذ حفرهٔ گوارشی به بیرون، جانور به سمت مخالف حرکت می‌کند.

اسکلت بیرونی
- در حشرات و سخت‌پوستان وجود دارد که سبب کمک به حرکت و حفاظت از بدن می‌شود (*مانند اسکلت محوری انسان عمل می‌کند*).
- با افزایش اندازهٔ جانور ← اسکلت خارجی هم بزرگ‌تر و ضخیم‌تر می‌شود.
- اسکلت خارجی بزرگ‌تر ← سنگین‌تر شدن جانور ← محدودیت بیشتر حرکات جانور
- اندازهٔ جانوران دارای اسکلت خارجی از حد خاصی بیشتر نمی‌شود تا سبب عدم حرکت نشود.
- استخوان ندارند.

اسکلت درونی
- در مهره‌داران وجود دارد.
- در برخی ماهی‌ها مثل کوسه‌ماهی و سفره‌ماهی از جنس غضروف می‌باشد ← فاقد استخوان می‌باشند.
- در سایر مهره‌داران استخوانی به همراه غضروف است.
- ساختار استخوان‌های آن‌ها بسیار شبیه استخوان‌های انسان می‌باشد.

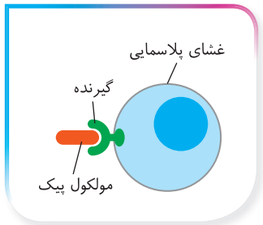
گفتار ۱

ارتباط شیمیایی

دستگاه عصبی برخلاف مواد شیمیایی ارتباطی با تک‌تک یاخته‌های بدن ندارد ← در پریاختگان، یاخته‌ها نمی‌توانند از یکدیگر مستقل باشند.

تعریف پیک شیمیایی

- مولکولی است که پیام یاختهٔ سازنده را به یاختهٔ هدف اختصاصی خود می‌رساند.
- هر پیکی، فقط بر یاختهٔ هدفی اثر می‌کند که گیرندهٔ اختصاصی آن پیک را داشته باشد.
- برخورد پیک شیمیایی به گیرندهٔ اختصاصی ← تغییر در یاختهٔ هدف ایجاد می‌کند.
- گیرندهٔ اختصاصی اغلب پیک‌ها، به صورت سراسری در عرض غشای یاختهٔ هدف قرار دارد.



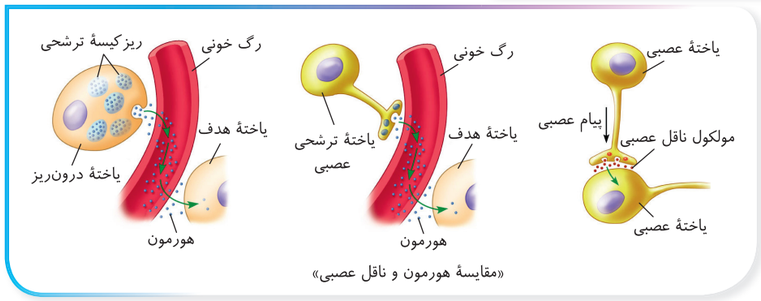
انواع پیک‌های شیمیایی

پیک‌های کوتاه‌برد

- سبب ارتباط بین یاخته‌هایی می‌شوند که در نزدیک هم هستند و فاصلهٔ زیادی با هم ندارند.
- موادی مانند ناقلین عصبی می‌باشند که از یاختهٔ پیش‌سیناپسی ترشح شده و بر یاختهٔ پس‌سیناپسی اثر می‌کند.
- برخی مواد مثل هیستامین حاصل از ماستوسیت‌ها و بازوفیل‌ها یا مواد مترشحه از یاختهٔ سرتولی برای تمایز اسپرم‌ها از این نوع می‌باشند.

پیک‌های دوربرد

- پیک‌هایی هستند که وارد **خون** می‌شوند و پیام را به فاصله‌ای دور از محل تولید خود منتقل می‌کنند.
- هورمون‌ها از پیک‌های دوربرد هستند که از یاختهٔ سازنده وارد فضای بین‌یاخته‌ای و خون می‌شوند.
- نورون‌ها در برخی مناطق بدن علاوه بر ناقل عصبی کوتاه‌برد، می‌توانند هورمون نیز به خون ترشح کنند.



«مقایسهٔ هورمون و ناقل عصبی»

- هر نوع پیک شیمیایی، پس از تولید، ابتدا با اگزوسیتوز وارد فضای بین‌یاخته‌ای یا محیط داخلی می‌شود.
- برخی هورمون‌ها برخلاف پیک‌های کوتاه‌برد، می‌توانند وارد یاختهٔ هدف شوند.
- ناقل عصبی برخلاف هورمون می‌تواند پس از پایان فعالیت، دوباره به یاختهٔ سازندهٔ خود (پیش‌سیناپسی) برگردد.

اجزای دستگاه درون‌ریز

غده‌های بدن

- مجرای مشخصی برای خروج فراوردهٔ خود به سطح بدن یا به درون اندام‌هایی در بدن دارند.
- غدد بزاقی، بخشی از لوزالمعده، غدد عرق و چربی و ... از نمونهٔ آن‌هاست.

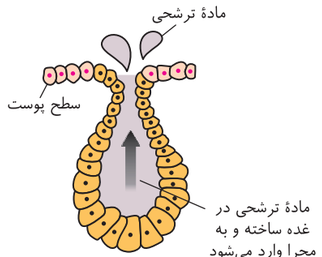
غدهٔ برون‌ریز

- اغلب حاوی یاخته‌های پوششی به هم فشرده می‌باشند.

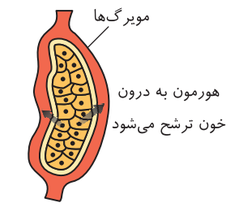
غدهٔ درون‌ریز

- برخی ممکن است بافت عصبی داشته باشند (نورون‌های هورمون‌ساز).
- این غدد مجاری مشخصی برای خروج فراوردهٔ هورمونی خود ندارند.
- هورمون تولیدی خود را از راه آب میان‌یاخته‌ای وارد خون می‌کنند.
- غدد درون‌ریز مغزی مثل اپی‌فیز، هیپوفیز و هیپوتالاموس از بافت عصبی هستند نه پوششی!

- یاخته‌های هر غدهٔ برون‌ریز یا درون‌ریز، گازهای تنفسی و فراورده‌های دفعی خود را از خون گرفته و یا به خون می‌دهند.



«غدهٔ برون‌ریز»



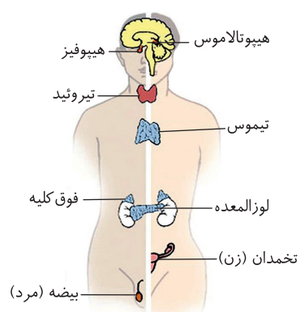
«غدهٔ درون‌ریز»

یاخته‌های درون‌ریز

- به صورت **پراکنده** در برخی اندام‌ها دیده می‌شوند و هورمون تولید شدهٔ خود را وارد خون می‌کنند.
- در معده به تولید هورمون گاسترین، در دوازدهه به تولید سکرتین و در کبد و کلیه‌ها به تولید اریتروپویتین می‌پردازند.

غدد درون‌ریز

- در این غدد، یاخته‌های درون‌ریز به صورت مجتمع یا متمرکز به صورت یک غده در کنار هم می‌باشند.
- ترشحات خود را به رگ خونی اطراف خود می‌ریزند.
- غدد فوق کلیه، لوزالمعده، تخمدان و بیضه، در زیر دیافراگم قرار دارند.



«تعدادی از غدد درون‌ریز»

- دستگاه درون‌ریز و دستگاه عصبی، فعالیت‌های بدن را تنظیم کرده و به محرک‌های درونی و بیرونی پاسخ می‌دهند.

گفتار ۲

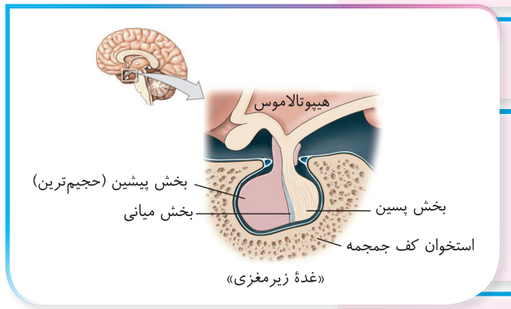
غدد درون‌ریز مهم بدن

هیپوتالاموس

- غده‌ای از بافت عصبی در زیر تالاموس است که در تنظیم خواب و بیداری، فشار اسمزی، گرسنگی و تشنگی مؤثر است.
- هورمون‌های آزاد و مهارکننده می‌سازد ← از راه خون به هیپوفیز پیشین می‌رسد.
- هورمون اکسی‌توسین می‌سازد ← از راه نورون در هیپوفیز پسین ذخیره می‌شود و سپس به خون می‌ریزد.
- هورمون ضد ادراری می‌سازد
  - از راه نورون در هیپوفیز پسین ذخیره می‌شود ← تنظیم بازجذب آب در کلیه می‌کند.
  - عدم تولید آن سبب بیماری دیابت بی‌مزه می‌شود.

غدهٔ هیپوفیز

به اندازهٔ یک نخود در گودی کف استخوانی از جمجمه قرار دارد و با ساقه‌ای به هیپوتالاموس متصل است (*هیپوفیز و پینه‌ک میزراهی به اندازهٔ یک نخود هستند*).



«غدهٔ زیرمغزی»

بخش پیشین

تحت تنظیم هورمون‌های آزاد و مهارکنندهٔ هیپوتالاموسی، شش هورمون می‌سازد و یا ترشح آن‌ها متوقف می‌شود.
حجیم‌ترین بخش هیپوفیز می‌باشد.

هورمون‌ها

هورمون رشد
- با رشد طولی استخوان‌های دراز ← اندازهٔ قد را افزایش می‌دهد.
- سبب افزایش رشد و تقسیم صفحات غضروفی رشد در نزدیک دو سر استخوان می‌شود.
- صفحات رشد غضروفی، به سمت طول یا تنهٔ استخوان، یاخته‌های استخوانی می‌سازد.
- چند سال پس از بلوغ، صفحات رشد استخوانی می‌شوند و رشد طولی متوقف می‌شود.
- در رشد همهٔ استخوان‌ها مؤثر است.

پرولاکتین
- پس از تولد نوزاد، با بازخوردی مثبت غدد شیری مادر را وادار به **تولید** شیر می‌کند.
- در دستگاه ایمنی و حفظ تعادل آب نقش دارد.
- در مردان در تنظیم فرایندهای دستگاه تولیدمثل نیز نقش دارد.

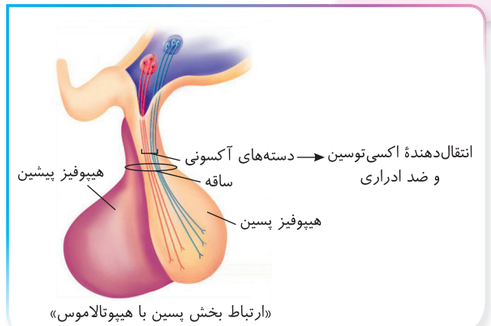
محرک‌ها
- بر روی فعالیت سایر غدد درون‌ریز مؤثرند.
- محرک تیروئید ← فعالیت غدهٔ تیروئید و ترشح هورمون‌های آن را کنترل می‌کند.
- محرک فوق‌کلیه ← فعالیت و ترشح هورمون‌های غدد فوق‌کلیه را تنظیم می‌کند.
- محرک جنسی *FSH* ← با تأثیر بر یاخته‌های سرتولی در مردان، سبب تمایز اسپرم‌سازی شده و رشد فولیکول در زنان را تنظیم می‌کند.
- محرک جنسی *LH* ← ترشح تستوسترون بیضه‌ها، تخمک‌گذاری و رشد جسم زرد تخمدان در زنان را تنظیم می‌کند.

بخش میانی

عمل آن در انسان به خوبی شناخته شده نیست ← کوچک‌ترین بخش هیپوفیز است.

بخش پسین

قدرت تولید هورمون ندارد.
ذخیره‌کنندهٔ هورمون‌های اکسی‌توسین و ضد ادراری هیپوتالاموسی می‌باشد ← این هورمون‌ها از طریق دسته‌های آکسونی به هیپوفیز پسین می‌رسند.
اکسی‌توسین و ضد ادراری را در موقع نیاز وارد خون می‌کند ← در خروج جنین از رحم و خروج شیر از غده‌های شیری و تنظیم آب در کلیه مؤثرند.



«ارتباط بخش پسین با هیپوتالاموس»

غدهٔ تیروئید (سپردیس)

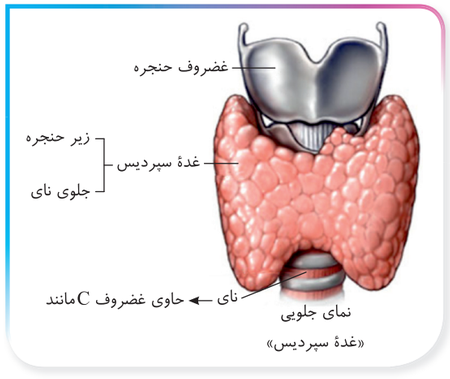
یک غدهٔ سپرمانند در جلوی نای و زیر حنجره می‌باشد که هورمون‌های یددار تیروئیدی و غیریددار کلسی‌تونین می‌سازد.

هورمون‌ها

یددار تیروئیدی (T_4 و T_3)
- همهٔ یاخته‌های بدن برای آن‌ها گیرندهٔ هدف دارند.
- تجزیهٔ گلوکز و انرژی در دسترس یاخته‌ها را تنظیم می‌کند (*مقدار تنفس یاخته‌ای و ATP لازم را تنظیم می‌کند*).
- در دوران جنینی و کودکی، T_3 برای نمو دستگاه عصبی **مرکزی** لازم است.
- فقدان یا کم‌کاری T_3 در دوران جنینی و کودکی
  - عقب‌افتادگی ذهنی و جسمی می‌دهد.
  - اختلالات نمو دستگاه عصبی می‌دهد.
- کمبود ید در غذا ← هورمون‌های تیروئیدی (T_3 و T_4) کم می‌شوند ← سبب افزایش ترشح هورمون محرک تیروئیدی از هیپوفیز شده ← بازخوردی منفی ← غدهٔ تیروئید رشد کرده و بزرگ شده
  - گواتر
  - جذب ید بالا می‌رود.

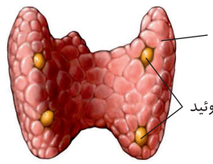
کلسی‌تونین
- ید در غذاهای دریایی فراوان است.
- مقدار ید در کشاورزی و دامپروری به مقدار **ید خاک** بستگی دارد ← رژیم غذایی غیردریایی نمی‌تواند مقدار ید مورد نیاز را تأمین کند.

- هورمون غیریددار است ← نوعی هورمون مترشحه از غدهٔ تیروئید است ولی هورمون تیروئیدی به حساب نمی‌آید.
- در موقع کلسیم بالای پلاسما ← از برداشت کلسیم استخوان جلوگیری می‌کند ← کلسیم خون را کاهش می‌دهد.
- روی استخوان گیرنده دارد ← مانع از تجزیهٔ مادهٔ زمینه‌ای استخوان می‌شود.
- اثر مهمی روی حجم و ترکیب ادرار ندارد.

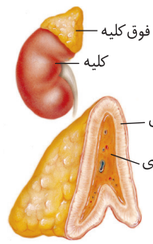


«غدهٔ سپردیس»

- **غده‌های پاراتیروئید**
  - چهار عدد در **پشت** غدهٔ تیروئید هستند ← هورمون پاراتیروئیدی برای **بالا بردن** کلسیم خون ترشح می‌کنند.
  - هورمون آن در پاسخ به کاهش کلسیم پلاسما ترشح می‌شود تا مقدار کلسیم خون تنظیم شود (*هم‌ایستایی کلسیم*).
  - افزایش غیرعادی ترشح آن ← سبب پوکی استخوان می‌شود.
  - **اعمال هورمون آن**
    - اثر بر استخوان ← کلسیم مادهٔ زمینه‌ای استخوان را آزاد کرده و وارد خون می‌کند.
    - اثر بر کلیه ← بازجذب کلسیم در کلیه‌ها را زیاد کرده ← کلسیم خون را بالا می‌برد.
    - اثر بر ویتامین D ← در ویتامین D تغییر می‌دهد ← جذب فعال کلسیم در روده را بالا می‌برد.
- **نکته** فعالیت غدد تیروئید و پاراتیروئید با تنظیم کلسیم خون در انقباض عضلات بدن، تنظیم قطر رگ‌ها و انعقاد خون مؤثر است.
- **غدهٔ فوق‌کلیه**
  - دو غده می‌باشد که هرکدام روی یک کلیه قرار دارند و از دو بخش قشری و مرکزی **مستقل** تشکیل شده‌اند.
  - **بخش مرکزی**
    - ساختار **عصبی** دارد و سبب پاسخ آنی و کوتاه‌مدت در شرایط تنش محیطی می‌شود.
    - در تنش محیطی ← دو هورمون اپی‌نفرین و نور اپی‌نفرین را وارد خون می‌کند.
    - هورمون‌های آن، سبب افزایش ضربان قلب، فشار خون، گلوکز خون و گشاد کردن نایژک‌های ششی می‌شود (*کارهایی شبیه سمپاتیک دارد*).
  - **بخش قشری**
    - سبب پاسخ دیرپا و طولانی‌مدت به تنش‌ها برای بدن می‌شود.
    - هورمون‌های آن
      - کورتیزول
        - در تنش طولانی‌مدت مثل غم از دست دادن عزیزان ترشح می‌شود ← پاسخ دیرپا می‌دهد.
        - قند خون را بالا می‌برد ← همانند اپی‌نفرین و گلوکاگون، انرژی در دسترس یاخته‌ها را زیاد می‌کند.
        - در تنش‌های بسیار طولانی ← ترشح زیاد این هورمون ← با تجزیهٔ پروتئین‌ها سبب تضعیف دستگاه ایمنی می‌شود.
        - به فردی که پیوند عضو گرفته است تزریق می‌کنند.
      - آلدوسترون
        - بازجذب سدیم در کلیه را بالا می‌برد و به دنبال آن آب بازجذب می‌شود ← در هنگام کاهش آب پلاسما یا کاهش فشار خون ترشح می‌شود.
        - آنزیم رنین کلیوی و هورمون محرک فوق‌کلیه هیپوفیزی در تولید آن مؤثر است.
        - در نتیجهٔ اعمال آن، فشار خون بالا می‌رود.
        - زیادی غیرعادی ترشح آن ← بالا رفتن سدیم بدن ← سبب خیز یا ادم می‌شود.
      - هورمون‌های جنسی
        - در هر دو جنس مقدار **کمی** هورمون زنانه (*استروژن و پروژسترون*) و مردانه (*تستوسترون*) ترشح می‌کند.
        - ترشح این هورمون‌ها را تحت تأثیر محرک فوق‌کلیه انجام می‌دهد (*نه محرک جنسی FSH و LH*).

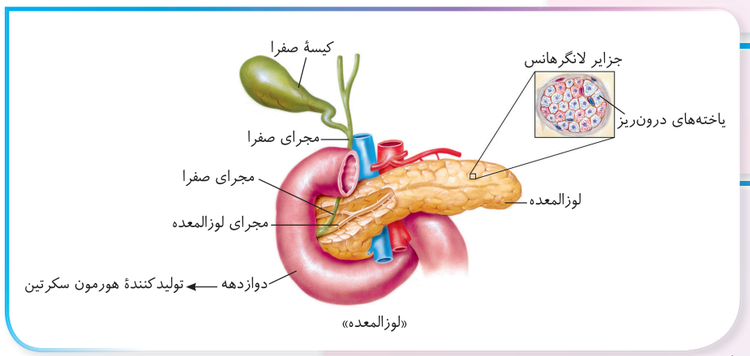


«غده‌های پاراتیروئید»



«غدهٔ فوق‌کلیه»

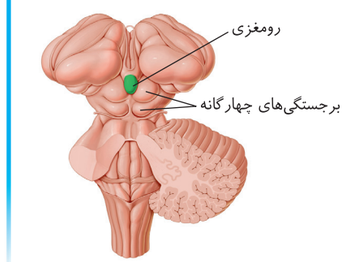
- **لوزالمعده (پانکراس)**
  - **بخش برون‌ریز**
    - آنزیم‌های گوارشی و بیکربنات را وارد دوازدهه می‌کند.
    - در گوارش نهایی غذا و ایجاد محیط قلیایی در دوازدهه مؤثر است.
  - **بخش درون‌ریز (جزایر لانگرهانس)**
    - مجموعه‌ای از یاخته‌های متمرکز درون‌ریز دارد که در بین بخش برون‌ریز قرار دارد ← به آن‌ها جزایر لانگرهانس می‌گویند.
    - **هورمون گلوکاگون**
      - در هنگام **کاهش** گلوکز خون ترشح می‌شود.
      - با تجزیهٔ گلیکوژن درون‌یاخته‌ای **کبد** به گلوکز ← قند خون و انرژی در دسترس یاخته‌های بدن را افزایش می‌دهد.
    - **هورمون انسولین**
      - در پاسخ به افزایش گلوکز خون ترشح می‌شود.
      - سبب ورود گلوکز به یاخته‌ها و کاهش قند خون می‌شود.
      - تولید گلیکوژن را در کبد و ماهیچه زیاد می‌کند.
      - همانند هورمون تیروئیدی در هر یاختهٔ زندهٔ بدن گیرنده دارد.
  - **دیابت شیرین**
    - اگر یاخته‌ها نتوانند گلوکز را از خون بگیرند ← غلظت گلوکز خون **بالا** می‌رود
      - قند وارد ادرار می‌شود (*پیدایش قند در ادرار*).
      - حجم ادرار زیاد می‌شود.
      - دیابت **شیرین** ایجاد می‌شود.
    - در این بیماری، یاخته‌ها مجبورند به جای گلوکز، از چربی‌ها و یا حتی از پروتئین انرژی بگیرند ← سبب کاهش وزن و ایمنی بدن می‌شود.
    - این بیماری در اثر اشکال در هم‌ایستایی بدن پدیدار می‌شود ← سبب نابینایی، آسیب کلیوی و قلبی می‌شود.
    - در اثر تجزیهٔ زیاد مواد **چربی** ← محصولات **اسیدی** تولید می‌شود ← عدم درمان ← pH خون اسیدی می‌شود ← کار آنزیم‌ها مختل می‌شود ← سبب اغما و مرگ می‌شود.
    - تجزیهٔ زیاد **پروتئین‌ها** ← مقاومت بدن را با کمبود پروتئین دفاعی، کاهش می‌دهد.
    - افراد مبتلا باید رعایت زیادی در بهداشت خود کنند و مراقب سوختگی‌ها و زخم‌های هر چند کوچک نیز باشند.
    - **انواع دیابت شیرین**
      - **نوع ۱**
        - انسولین ترشح نمی‌شود یا به اندازهٔ کافی ترشح نمی‌شود.
        - بیماری **خودایمنی** است.
        - دستگاه ایمنی یاخته‌های درون‌ریز انسولین‌ساز را از بین می‌برد.
        - با تزریق انسولین، تحت کنترل درخواهد آمد.
      - **نوع ۲**
        - مقدار انسولین و تولید آن‌ها در فرد، طبیعی می‌باشد و به مقدار کافی وجود دارد.
        - گیرنده‌های انسولین، به این هورمون پاسخ نمی‌دهند.
        - از حدود ۴۰ سالگی به بعد در اثر چاقی و کم‌تحرکی ظاهر می‌شود.
        - با کاهش وزن و رژیم غذایی کنترل می‌شود.



«لوزالمعده»

سایر غدد درون‌ریز بدن

غدهٔ اپی‌فیز
- این غده در **بالای** برجستگی‌های چهارگانهٔ مغز میانی می‌باشد.
- هورمون ملاتونین ترشح می‌کند
  - در شب ترشح آن به حداکثر و در نزدیک ظهر به حداقل می‌رسد.
  - عملکرد این هورمون در انسان به خوبی مشخص نیست.
  - در تنظیم **ریتم شبانه‌روزی** ارتباط دارد.
- بالاتر از ساقهٔ مغز و مخچه قرار دارد.



«جایگاه غدهٔ رومغزی»

غدهٔ تیموس
- غده‌ای در جلوی نای و پشت استخوان جناغ می‌باشد.
- در دوران نوزادی و کودکی فعالیت زیادی دارد ← به تدریج فعالیت آن کم شده و تحلیل می‌رود.
- هورمون تیموسین ترشح می‌کند ← با تمایز لنفوسیت *T* در دفاع اختصاصی نقش دارد.
- به عنوان یک اندام لنفی در تولید برخی لنفوسیت‌ها مثل نوع کشندهٔ طبیعی در دفاع غیراختصاصی نقش دارد.

غده‌های بیضه و تخمدان (جنس)
- تولید هورمون‌های جنسی تستوسترون در مردان و استروژن و پروژسترون در زنان را انجام می‌دهند ← در فصل ۷ می‌خوانیم.
- تحت کنترل هورمون‌های محرک جنسی *FSH* و *LH* از هیپوفیز پیشین هستند.

گوناگونی پاسخ‌های یاخته‌ها به هورمون‌ها
- ممکن است یک یاخته برای چند هورمون گیرنده داشته باشد
  - مثلاً برخی یاخته‌های مجاری ادرارساز، برای هورمون‌های ضد ادراری، پاراتیروئیدی، یددار تیروئیدی، انسولین و آلدوسترون گیرنده دارند.
  - مثلاً یاختهٔ استخوانی مردان برای هورمون‌های تستوسترون، رشد، تیروئیدی، کلسی‌تونین، پاراتیروئیدی و انسولین گیرنده دارد.
- ممکن است چند یاخته یک هورمون را دریافت کنند ← مثلاً استخوان‌ها و کلیه‌ها در رودهٔ باریک برای هورمون پاراتیروئیدی گیرنده دارند.
- تفسیر پیام پیک هورمون به عملکرد خاص، بستگی به نوع **هورمون** و نوع **یاختهٔ هدف** دارد.
- هورمون پاراتیروئیدی
  - همواره کلسیم خون را زیاد می‌کند.
  - در کلیه با افزایش بازجذب و در استخوان با تجزیهٔ مادهٔ زمینه‌ای، کلسیم را بالا می‌برد.

مکانیسم بازخوردی یا خودتنظیمی هورمون‌ها
- مقدار ترشح هورمون‌ها **بسیار کم** می‌باشد و تنظیم آن‌ها بسیار مهم است که اغلب از راه رایج بازخوردی و یا کمی نیز از راه **عصبی** تنظیم می‌شود.
- تغییر **کم** در مقدار هورمون‌ها ← سبب اثرات **قابل ملاحظه‌ای** می‌شود.

تنظیم بازخوردی منفی (خودتنظیمی منفی)
- مقدار بیشتر هورمون‌ها با این مکانیسم در خون تنظیم می‌شود.
- **افزایش** مقدار یک هورمون یا تأثیرات آن، باعث **کاهش** ترشح **همان** هورمون می‌شود.
- **کاهش** مقدار یک هورمون یا تأثیرات آن، باعث **افزایش** ترشح **همان** هورمون می‌شود.
- مثال
  - افزایش گلوکز پلاسما ← **افزایش** انسولین خون ← کاهش گلوکز خون ← سپس بازخوردی منفی ← سبب **کاهش** انسولین خون می‌شود.
  - کاهش گلوکز پلاسما ← **کاهش** انسولین خون ← افزایش قند خون ← سپس بازخوردی منفی ← سبب **افزایش** انسولین خون می‌شود.

تنظیم بازخوردی مثبت (خودتنظیمی مثبت)
- این حالت در بیماری‌ها یا در شرایط خاص از دوران زندگی رخ می‌دهد.
- **افزایش** مقدار یک هورمون یا تأثیرات آن ← سبب **افزایش** ترشح همان هورمون می‌شود (یا برعکس).
- مثال‌ها
  - در موقع زایمان ← با اینکه انقباضات عضلات صاف رحم زیاد می‌شود ← ولی با بازخوردی مثبت سبب افزایش ترشح اکسی‌توسین ← سبب افزایش بیشتر انقباضات رحم شده ← پایان سریع‌تر زایمان رخ می‌دهد.
  - افزایش تولید و خروج شیر از غدد شیری ← با بازخوردی مثبت سبب ترشح پرولاکتین و اکسی‌توسین بیشتر ← تولید و خروج بیشتر شیر از پستان مادر
  - افزایش ترشح *LH* و *FSH* در نزدیکی تخمک‌گذاری زنان ← افزایش استروژن ← ترشح بیشتر *FSH* و *LH* ← سبب پایان میوز ۱ و انجام تخمک‌گذاری می‌شود.

ارتباط شیمیایی در سایر جانوران
- علاوه بر ارتباط بین یاخته‌ها در ارتباط بین افراد نیز از مواد شیمیایی استفاده می‌کنند.
- فرومون در یک فرد ترشح شده و در فرد یا افراد دیگر **همان گونه** پاسخ‌های **رفتاری** ایجاد می‌کند.
- زنبور از فرومون‌ها برای هشدار دادن خبر حضور شکارچی برای مطلع کردن سایر زنبورهای **هم‌گونه** استفاده می‌کند.
- مارها می‌توانند فرومون‌های هوا را تشخیص داده و در جفت‌یابی از آن استفاده کنند.
- گربه‌ها از فرومون برای اطلاع هم‌گونه‌های خود در رفتار **تعیین قلمرو** استفاده می‌کنند که رفتاری غریزی می‌باشد.

گفتار ۱

- نظریهٔ میکروبی بیماری‌ها، پس از اختراع میکروسکوپ و دیدن دنیای میکروب‌ها ارائه شد.

دفاع غیراختصاصی

ویژگی عمومی
- در مهره‌داران و بی‌مهرگان وجود دارد.
- بین عوامل بیگانهٔ مختلف فرقی قائل نمی‌شود.
- روش‌هایی به کار گرفته می‌شود که در برابر طیف وسیعی از میکروب‌ها دفاع می‌کند.

خط اول: ورود ممنوع

بهترین راه در امان ماندن بدن از میکروب‌ها می‌باشد:
- پوست و مخاط را شامل می‌شود.
- قادر به شناسایی و تفاوت بین عوامل بیگانه و عوامل خودی نمی‌باشد.
- به هر نوع ماده یا یاختهٔ خودی و بیگانه اجازهٔ ورود به بدن نمی‌دهد.

پوست سالم

اندامی در بدن با لایه‌های بیرونی (*اپیدرم*) و درونی (*درم*) می‌باشد ← هر دو لایهٔ پوست در جلوگیری از ورود میکروب‌ها نقش دارد.

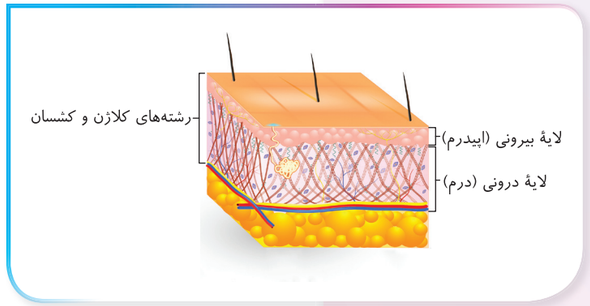
لایهٔ بیرونی (*اپیدرم*):
- چندین لایه یاختهٔ **پوششی** از نوع سنگ‌فرشی دارد.
- خارجی‌ترین یاخته‌های آن، مرده‌اند که به تدریج می‌ریزند و میکروب‌های چسبیده به آن نیز دور ریخته می‌شوند.
- گیرندهٔ درد (*دندریت آزاد عصبی*) و یاختهٔ پوششی دارد.

لایهٔ درونی (*درم*):
- بافت پیوندی **رشته‌ای** در زیر غشای پایه دارد ← از لایهٔ اپیدرم، قطورتر می‌باشد.
- محکم و بادوام همراه رشته‌هایی است که به‌طور محکم به هم تابیده‌اند.
- سدی محکم بوده که در حالت سالم خود، غیرقابل نفوذ است.
- رشته‌های کلاژن و کشسان دارد.
- انواع مختلف گیرنده‌های حواس پیکری (*به‌جز گیرندهٔ وضعیت*) در آن قرار دارد.
- واجد گیرنده‌های درد، تماسی (*فشار، لمس، ارتعاش*) و دمایی می‌باشد.
- گیرندهٔ فشار در عمق آن، دندریتی است که توسط چند لایهٔ پیوندی پوشیده شده است.
- چرم از همین لایهٔ پوست جانوران گرفته می‌شود.

ترشحات سطح پوست:
- چربی:
  - آنزیم لیزوزیم ندارد.
  - اسید چرب آن برای زندگی میکروب‌های **بیماری‌زا** مناسب نیست.
- عرق:
  - نمک دارد ← برای باکتری‌ها مناسب نیست.
  - آنزیم لیزوزیم دارد ← دیوارهٔ باکتری‌های بیماری‌زا را نابود می‌کند.

میکروب‌های غیربیماری‌زای سطح پوست:
- در شرایط **اسیدی** روی پوست زنده می‌مانند.
- از تکثیر سایر میکروب‌های **مضر** یا بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند.
- با سایر میکروب‌ها رقابت غذایی دارند ← در رقابت برای کسب غذا پیروز می‌شوند.

پوست همه جای بدن را نپوشانده است.



مخاط

در سطح درونی مجاری دستگاه تنفس، سازوکارهای دیگری نیز برای مبارزه با میکروب‌ها دارند.
از بافت پوششی سدمانند به هم چسبیده با آستر پیوندی تشکیل شده است ← مادهٔ چسبناکی به نام مادهٔ مخاطی ترشح می‌کند.

مادهٔ مخاطی:
- چسبناک است و میکروب‌ها را به دام می‌اندازد ← از پیشروی میکروب جلوگیری می‌کند.
- لیزوزیم برای کشتن باکتری‌ها دارد (*مشترک با عرق پوست و اشک چشم*).

مخاط مژک‌دار ← در دستگاه تنفس وجود دارد:
- مانع نفوذ میکروب‌ها به بخش‌های عمیق‌تر می‌شود.
- از یاخته‌های مژک‌دار ترشح می‌شود.

اسید معده و لیزوزیم بزاق ← میکروب‌های درون مواد غذایی را از بین می‌برند.

عطسه

عطسه، سرفه، استفراغ، ادرار و مدفوع در این خط سبب بیرون راندن میکروب‌ها و یاخته‌های بی‌اثر می‌شوند.

اشک چشم

- مایعی شفاف روی قرنیه است.
- مانند عرق پوست دارای نمک و لیزوزیم می‌باشد.
- چشم را از عوامل بیگانه محافظت می‌کند.
- ترشح آن توسط پل مغزی کنترل می‌شود.

هر میکروبی ابتدا با خط اول دفاع بدن روبه‌رو می‌شود که سدی برای ممنوعیت ورود آن‌ها می‌باشد.
پوست و مخاط، در برابر نفوذ میکروب‌ها، بدون توجه به نوع آن‌ها، سدی برای جلوگیری از ورود ایجاد می‌کنند.
بصل‌النخاع (*مرکز سرفه و عطسه*) به همراه پل مغزی (*ترشح اشک*)، در خط اول دفاعی نقش دارند.

دفاع غیراختصاصی

خط دوم: واکنش‌های عمومی اما سریع

- این خط برای مقابلهٔ عمومی با میکروب‌هایی است که از خط اول (*پوست و مخاط*) عبور کرده‌اند.
- عوامل بیگانه را براساس ویژگی‌های **عمومی** شناسایی کرده و غیراختصاصی با آن‌ها برخورد می‌کنند. ← عوامل بیگانه را از عوامل خودی تفکیک می‌دهد.
- اولین بار توسط مچنیکو، با مشاهدهٔ عمل یاخته‌های بیگانه‌خوار درون بدن شفاف لارو ستارهٔ دریایی پیدا شد. ← این یاخته‌ها، میکروب‌ها و ذرات خارجی را کاملاً بلعیدند و از بین بردند.
- دستگاه ایمنی هر فرد، یاخته‌های «خودی» را می‌شناسد و تنها در برابر بیگانه پاسخ می‌دهد.

عوامل خط دوم دفاعی

- بیگانه‌خوارها
- گویچه‌های سفید
- پروتئین‌ها
- التهاب
- تب

بیگانه‌خوارها (فاگوسیت‌ها)

- در همه جای بدن حضور دارند و عوامل بیگانه را پس از شناسایی، می‌بلعند (*آنزیم گوارش درون یاخته‌ای دارند*).
- پس از عمل پروتئین‌های مکمل، اینترفرون‌ها، پادتن‌ها و پرفورین‌ها به بیگانه‌خواری می‌پردازند.

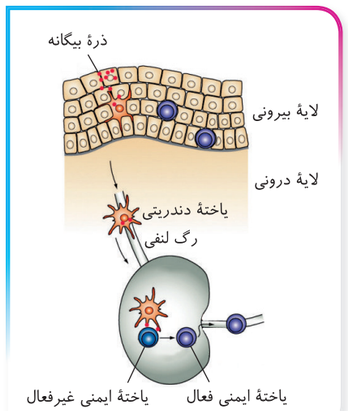
انواع

درشت‌خوارها (ماکروفاژها)

- منشأ آن‌ها از برخی مونوسیت‌های خارج شده از خون می‌باشد ← منشأ اصلی آن‌ها از یاخته‌های میلوئیدی مغز استخوان می‌باشد.
- در اندام‌های مختلف و گره‌های لنفی وجود دارند.
- یاخته‌های مردهٔ بافت‌ها و بقایای آن‌ها را از بین می‌برند.
- در کبد و طحال، سبب از بین بردن گویچه‌های قرمز پیر و فرسوده می‌شوند.
- به‌طور ویژه پس از عمل اینترفرون نوع ۲، التهاب، پادتن و پرفورین‌ها فعالیت می‌کنند.
- در التهاب، با تولید پیک‌های شیمیایی کوتاه‌برد، گویچه‌های سفید را به موضع آسیب فرا می‌خوانند.

یاخته‌های دارینه‌ای (دندریتی)

- منشأ آن‌ها از مونوسیت‌های خارج شده از خون می‌باشد ← منشأ اصلی از یاختهٔ میلوئیدی مغز استخوان دارند.
- انشعابات دندریت‌مانند دارند.
- در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در ارتباط هستند، مثل پوست و لولهٔ گوارش به فراوانی وجود دارند (*در لایه‌های زیرین یاختهٔ اپیدرم وجود دارند*).
- قسمتی از میکروب را در سطح خود قرار می‌دهند ← وارد نزدیک‌ترین گره لنفی می‌شوند ← میکروب را به سایر یاخته‌های ایمنی معرفی می‌کنند.
- لنفوسیت‌های غیرفعال را در گره لنفی فعال می‌کنند.



«نحوهٔ عملکرد یاخته‌های دندریتی»

ماستوسیت‌ها

- در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در ارتباط هستند، به فراوانی وجود دارند.
- هیستامین ترشح می‌کنند ← سبب گشادی رگ‌ها و افزایش نفوذپذیری آن‌ها می‌شود ← سبب افزایش فشار خون در ناحیه می‌شود.
- حضور گویچهٔ سفید و نشت پلاسما به ناحیهٔ میکروب‌دار را زیاد می‌کنند.
- در التهاب، با ترشح هیستامین و ورود بیشتر گویچه‌های سفید به ناحیه، سبب قرمزی، تورم و گرمای موضعی در ناحیه می‌شود.
- در موقع حساسیت‌ها به همراه بازوفیل‌های خونی، هیستامین ترشح می‌کنند ← سبب قرمزی و آب‌ریزش از بینی می‌شود.

نوتروفیل‌ها

- یاختهٔ خونی بیگانه‌خوار دفاعی با هستهٔ چندقسمتی و میان‌یاخته با دانه‌های روشن ریز می‌باشند ← منشأ اصلی آن، یاختهٔ میلوئیدی مغز استخوان می‌باشد.
- توانایی دیاپدز و فاگوسیتوز دارند ← در التهاب سبب حمله به میکروب‌های بافتی می‌شود.
- نیروی واکنش سریع هستند و چابک هستند زیرا مواد دفاعی زیادی حمل نمی‌کنند.

- برخی یاخته‌ها نیز مانند یاخته‌های پشتیبان اطراف نورون‌ها و یاختهٔ سرتولی لولهٔ اسپرم‌ساز نیز ویژگی بیگانه‌خواری دارند.

- **تب**
  - یکی از نشانه‌های بیماری‌های میکروبی است.
  - فعالیت میکروب‌ها در دماهای بالا را کاهش می‌دهد.
  - ورود میکروب به بدن ← برخی ترشحات میکروب‌ها ← از راه خون به بخشی از هیپوتالاموس می‌رود ← دمای بدن بالا می‌رود.

- **پروتئین‌ها**
  - **پروتئین‌های مکمل**
    - گروهی از پروتئین‌های محلول در پلاسما می‌باشند.
    - در افراد غیرآلوده به صورت **غیرفعال** در پلاسما قرار دارند.
    - موقع نفوذ میکروب‌ها به بدن **فعال** می‌شوند.
    - وقتی یکی از آن‌ها در خون فعال می‌شود، به صورت زنجیره‌ای بقیه را فعال می‌کند.
    - انواع فعال به صورت دسته جمعی، در عرض غشای میکروب ساختار حلقه‌مانند یا منافذی (*روزنه‌ای*) ایجاد می‌کنند.
    - روزنه‌ای در غشای میکروب ایجاد می‌کنند ← عبور و مرور مواد در میکروب‌ها مختل می‌شود ← سرانجام یاختهٔ بیگانه می‌میرد.
    - قرارگیری آن روی میکروب، سبب آسان شدن عمل بیگانه‌خوارها می‌شود.
    - هم در التهاب‌ها کمک می‌کنند و هم در کمک به فعال کردن پادتن‌های دفاع اختصاصی نقش دارند.
  - **اینترفرون‌ها**
    - **نوع ۱**
      - از هر یاختهٔ آلوده به ویروس ترشح می‌شوند (*حتی لنفوسیت‌های B و T*).
      - یاختهٔ آلوده و سالم مجاور را در برابر ویروس‌ها مقاوم می‌کند.
      - انواع تولید شدهٔ آن در مهندسی ژنتیک، به دلیل پیوندهای نادرست فعالیت بسیار کمتری از نوع عادی دارد.
      - انواع تولید شده توسط مهندسی پروتئین، فعالیتی به اندازهٔ نوع عادی ولی با پایداری بیشتر دارد.
      - سبب فعال شدن درشت‌خوارها نمی‌شود.
    - **نوع ۲**
      - از یاخته‌های سالم لنفوسیت کشندهٔ طبیعی و لنفوسیت *T* ترشح می‌شوند.
      - درشت‌خوارها را فعال می‌کنند.
      - در مبارزه با یاخته‌های سرطانی نقش مهمی دارند.
    - نوعی پروتئین دفاع غیراختصاصی است ← توسط یاخته‌های دفاع اختصاصی و غیراختصاصی تولید می‌شوند.

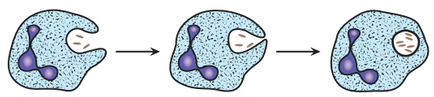
- **پاسخ التهابی**
  - همراه با آسیب بافتی رخ می‌دهد ← نوعی پاسخ موضعی است ← قرمزی، تورم، گرما و درد در موضع می‌دهد.
  - با ورود میکروب ← ابتدا ماستوسیت‌های آسیب دیده، پیک شیمیایی کوتاه‌برد هیستامین رها می‌کنند
    - ورود گویچهٔ سفید به ناحیه زیاد می‌شود.
    - پلاسمای بیشتری به بیرون نشت می‌کند.
  - یاخته‌های دیوارهٔ مویرگ‌ها و درشت‌خوارهای بافتی ← پیک شیمیایی می‌سازند ← گویچه‌های سفید را به سوی موضع آسیب دیده می‌برند.
  - دیاپدز نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها زیاد شده
    - نوتروفیل‌ها فاگوسیتوز می‌کنند.
    - مونوسیت‌ها به درشت‌خوار تبدیل می‌شوند.
    - ← بیگانه‌خواری را زیاد می‌کنند.
  - پروتئین مکمل هم نقش دارد ← سبب ایجاد منفذ در غشای میکروب‌ها می‌شود.
  - سبب از بین بردن میکروب‌ها، جلوگیری از انتشار آن‌ها و تسریع بهبودی می‌شود.

گویچه‌های سفید مؤثر در سد دوم دفاعی

- اغلب توسط مغز استخوان و برخی در اندام‌های لنفی تیموس، طحال و آپاندیس ساخته می‌شوند.
- تعداد آن‌ها در جریان بیماری‌های میکروبی زیاد می‌شود.
- همگی متحرک‌اند و می‌توانند از دیوارهٔ مویرگ‌های خونی خارج شوند که به این عمل تراگذری (*دیاپدز*) می‌گویند.
- با پیشرفت روش‌های رنگ‌آمیزی و کار با میکروسکوپ فهمیدند که هم در خون و هم در بافت وجود دارند.
- انواع مختلفی دارند و به روش‌های مختلفی با میکروب مبارزه می‌کنند.
- به‌جز لنفوسیت‌ها، سایر گویچه‌های سفید، فقط از یاختهٔ میلوئیدی مغز استخوان منشأ می‌گیرند.

نوتروفیل‌ها

- یک هستهٔ چندقسمتی و سیتوپلاسمی با دانه‌های روشن ریز دارند.
- نیروهای واکنش سریع می‌باشند و بسیار چابک‌اند.
- با دیاپدز وارد بافت شده و بیگانه‌خواری می‌کنند.
- مواد دفاعی زیادی را حمل نمی‌کنند.



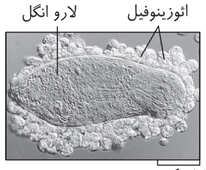
«بیگانه‌خواری نوتروفیل‌ها»

بازوفیل‌ها

- هستهٔ دوقسمتی روی هم افتاده با سیتوپلاسم شامل دانه‌های تیره دارند.
- منشأ میلوئیدی از مغز استخوان دارند.
- به مواد حساسیت‌زا پاسخ می‌دهند.
- دانه‌های تیرهٔ آن
  - هیستامین در حساسیت‌ها ترشح می‌کند ← نفوذپذیری رگ را زیاد می‌کند.
  - هپارین ترشح می‌کند ← عملی برای جلوگیری از انعقاد خون و تولید فیبرین دارند.

ائوزینوفیل‌ها

- بر عوامل بیماری‌زای **بزرگ‌تر** مثل کرم‌های انگل اثر می‌گذارند.
- روی کرم‌های انگل، بدون بیگانه‌خواری عمل می‌کنند.
- محتویات دانه‌های خود را روی انگل‌ها می‌ریزند ← کوچک‌تر از ۱۵ میکرومتر هستند.
- هستهٔ دوقسمتی دمبلی و سیتوپلاسمی با دانه‌های روشن درشت دارند.



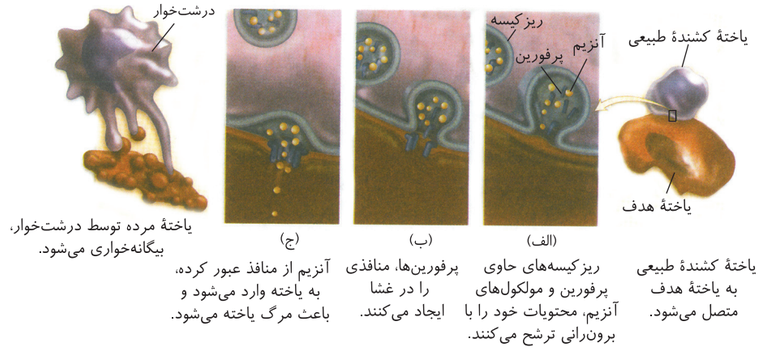
«ائوزینوفیل‌ها لارو انگل را احاطه کرده‌اند.»

مونوسیت‌ها

- هستهٔ تکی خمیده یا لوبیایی همراه سیتوپلاسم **بدون** دانه دارند.
- قدرت دیاپدز دارند و در بافت تمایز می‌یابند.
- پس از دیاپدز یا به درشت‌خوارها و یا به یاخته‌های دندریتی بیگانه‌خوار تبدیل می‌شوند.

لنفوسیت‌ها

- برخلاف سایر گویچه‌های سفید، این گروه یا منشأ لنفوئیدی از مغز استخوان دارند و یا در اندام‌های لنفی آپاندیس، تیموس، طحال و گرهٔ لنفی ساخته می‌شوند.
- هستهٔ تکی گرد یا بیضی همراه سیتوپلاسم بدون دانه دارند.
- نوع یاختهٔ کشندهٔ طبیعی دارد
  - ویژهٔ دفاع غیراختصاصی است.
  - یاختهٔ سرطانی و آلوده به ویروس را نابود می‌کند.
  - پس از اتصال با یاختهٔ سرطانی ← پرفورین و آنزیم مرگ برنامه‌ریزی شده را با اگزوسیتوز ترشح می‌کند ← پرفورین، سبب ایجاد منفذ در عرض غشای یاختهٔ سرطانی می‌شود
  - در نهایت فعالیت بیگانه‌خوارها را زیاد می‌کند ← با ورود آنزیمی برای مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ آن‌ها را نابود می‌کند
  - پرفورین در غشای یاختهٔ سرطانی، منفذ ایجاد می‌کند و وارد یاختهٔ سرطانی نمی‌شود.
  - آنزیم مرگ برنامه‌ریزی شده بدون آندوسیتوز، از راه منفذ ایجاد شده توسط پرفورین وارد یاختهٔ سرطانی می‌شود.
- لنفوسیت‌های *B* و *T* در ایمنی اختصاصی (*سد سوم دفاعی*) نقش دارند.
- پرفورین تولید شده از آن‌ها
  - در غشای میکروب منفذ ایجاد نمی‌کند.
  - در غشای یاختهٔ سرطانی منفذ ایجاد می‌کند.
  - در غشای یاختهٔ پیوند زدهٔ بیگانه منفذ ایجاد می‌کند.



یاختهٔ کشندهٔ طبیعی به یاختهٔ هدف متصل می‌شود.

ریزکیسه‌های حاوی پرفورین و مولکول‌های آنزیم، محتویات خود را با برون‌رانی ترشح می‌کنند.

پرفورین‌ها، منافذی را در غشا ایجاد می‌کنند.

آنزیم از منافذ عبور کرده، به یاخته وارد می‌شود و باعث مرگ یاخته می‌شود.

یاختهٔ مرده توسط درشت‌خوار، بیگانه‌خواری می‌شود.

«نحوهٔ عملکرد یاختهٔ کشندهٔ طبیعی»

سد سوم دفاعی: دفاع اختصاصی

لنفوسیت‌های دفاع اختصاصی

- ویژهٔ مهره‌داران است و قدرت تشخیص و اثر بر یک نوع عامل بیگانه به‌طور اختصاصی دارد.
- این دفاع با عمل لنفوسیت‌های *B* یا *T* صورت می‌گیرد که یک نوع میکروب خاص را شناسایی کرده و بی‌اثر می‌کند.
- از دفاع غیراختصاصی سرعت کمتری دارد و تأثیر آن به نوع عامل بیگانه بستگی دارد.

انواع

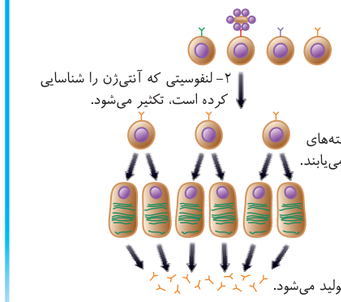
- یاخته‌هایی دفاعی با منشأ **لنفوئیدی** از مغز استخوان می‌باشند ← در خون، لنف و آب میان‌بافتی وجود دارند.
- هستهٔ تکی گرد یا بیضی با سیتوپلاسم بدون دانه دارند ← در دفاع غیراختصاصی نوع کشندهٔ طبیعی و در نوع اختصاصی دو نوع *B* و *T* دارد.
- هرکدام در سطح خود تعدادی از یک نوع گیرندهٔ آنتی‌ژنی دارند که به صورت اختصاصی به آن نوع آنتی‌ژن متصل می‌شوند.
- هر لنفوسیت به برخی آنتی‌ژن‌های مشابه از یک نوع میکروب مکمل می‌شود.

لنفوسیت *B*

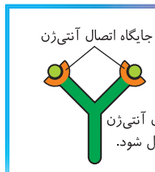
- در مغز قرمز استخوان ساخته شده و در همان‌جا بالغ می‌شوند ← پس از بلوغ و توانایی شناخت آنتی‌ژن وارد خون و محیط داخلی می‌شوند.
- آنتی‌ژن سطح میکروب یا ذرات محلول سم یا ویروسی را شناسایی کرده و به سرعت تکثیر می‌شوند.
- از تقسیم لنفوسیت *B* بالغ هم یاختهٔ پادتن‌ساز (*پلاسموسیت یا لنفوسیت B فعال*) و هم لنفوسیت *B* خاطره ایجاد می‌شود.
- پادتن تولید شده در محیط داخلی (*خون، لنف و مایع بین یاخته‌ای*) گردش کرده و در برخورد با میکروب آن را نابود یا بی‌اثر می‌کند.
- یاختهٔ پادتن‌ساز پلاسموسیت ← گیرندهٔ آنتی‌ژنی ندارد ← توانایی شناسایی پادگن (*آنتی‌ژن*) را ندارد.
- یاختهٔ پادتن‌ساز پلاسموسیت ← سیتوپلاسم بیشتری از لنفوسیت‌های *B* دیگر دارد ← گیرندهٔ هورمونی برای هورمون تیروئیدی دارد.

پادتن‌ها

- مولکول‌های پروتئینی هستند که شبیه *Y* و دارای دو جایگاه اتصال برای آنتی‌ژن‌های یکسان (*پادگن*) می‌باشند.
- مشابه گیرندهٔ آنتی‌ژنی غشای لنفوسیت *B* می‌باشند که از یاختهٔ پادتن‌ساز (*پلاسموسیت*) ترشح می‌شوند.
- یاختهٔ پادتن‌ساز پادتن تولیدی خود را به غشای خود متصل نمی‌کند، چون این یاخته‌ها گیرندهٔ آنتی‌ژنی ندارند.
- به عنوان دارو و به نام سرم در زخم‌های شدید برای جلوگیری از فعالیت باکتری کزاز و همچنین بعد از مارگزیدگی استفاده می‌کنند.
  - یاختهٔ خاطره ایجاد نمی‌کند. ← ایمنی غیردائمی (*غیرفعال*) می‌دهد ← سم مار را خنثی می‌کند.



«نحوهٔ عملکرد لنفوسیت B »



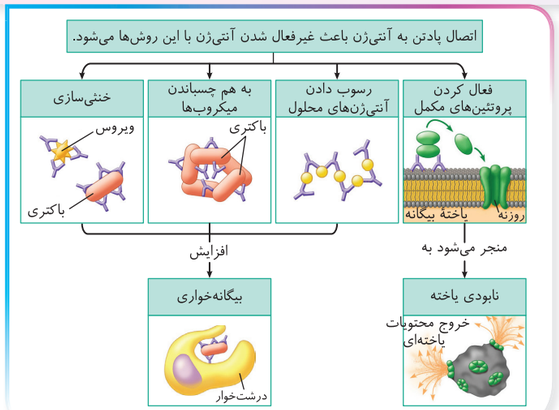
«مولکول پادتن»

لنفوسیت *T*

- از یاخته‌های لنفوئیدی مغز قرمز استخوان منشأ می‌گیرند و نوع نابالغ آن ایجاد می‌شود.
- *T* نابالغ از راه **خون** به تیموس در جلوی گردن و پشت جناغ رفته و در آنجا بالغ می‌شود و توانایی شناسایی آنتی‌ژن را پیدا می‌کند.
- تیموس در دوران نوزادی و کودکی فعالیت زیادی دارد ← به تدریج کم‌کار شده و اندازهٔ آن تحلیل می‌رود ← اولین اندام تحلیل رفتهٔ بدن است.
- نوع بالغ آن، یاخته‌های خودی سرطانی شده، یاختهٔ بخش پیوند شده یا یاخته‌های آلوده به ویروس را شناسایی می‌کند ← در برابر باکتری عکس‌العملی ندارد.
- با برخورد به آنتی‌ژن سطح یاخته‌ها، تکثیر شده و به *T* کشنده و *T* خاطره تبدیل می‌شود.
- *T* کشنده به آنتی‌ژن یاختهٔ هدف متصل شده ← پرفورین و آنزیم مرگ برنامه‌ریزی شده را اگزوسیتوز می‌کند ← پرفورین غشای یاخته را پاره کرده یاختهٔ سرطانی یا آلوده به ویروس از بین می‌رود ← آنزیم مرگ برنامه‌ریزی شده وارد یاخته می‌شود
- در برخورد با یاختهٔ آلوده به ویروس یا سرطانی
  - اگر اینترفرون نوع ۱ و ۲ بسازد ← دفاع غیراختصاصی آن است.
  - اگر پرفورین ترشح کند ← دفاع اختصاصی آن است.
- ویروس عامل آنفلوانزای پرندگان
  - می‌تواند سایر گونه‌ها از جمله انسان را آلوده کند.
  - به شش‌های انسان حمله می‌کند ← یاختهٔ شش در برابر آن اینترفرون نوع ۱ می‌سازد.
  - سبب فعالیت بیش از حد معمول دستگاه ایمنی می‌شود.
  - تولید انبوه و بیش از حد لنفوسیت *T* می‌کند.

مکانیسم اثر

- خنثی‌سازی ← با اتصال چند پادتن به اطراف یک ویروس یا باکتری صورت می‌گیرد.
- به هم چسباندن میکروب‌ها
  - یک میکروب به چند پادتن متصل شده
  - برخی پادتن‌ها به دو میکروب مجاور متصل شده
- رسوب دادن آنتی‌ژن‌های محلول (*سموم*)
  - یک میکروب به چند پادتن متصل شده
  - یک پادتن به دو میکروب متصل شده
- ← همگی ابتدا آنتی‌ژن را بی‌اثر می‌کنند و سپس فعالیت بیگانه‌خوارهای (*درشت‌خوارها*) دفاع غیراختصاصی را افزایش می‌دهند.
- فعال کردن پروتئین مکمل ← پادتن متصل به میکروب، از دم خود به پروتئین مکمل متصل شده ← پروتئین‌های مکمل در باکتری روزنه ایجاد کرده و آن را نابود می‌کنند ← بیگانه‌خواری را تشدید می‌کنند.



«نحوهٔ عملکرد پادتن»

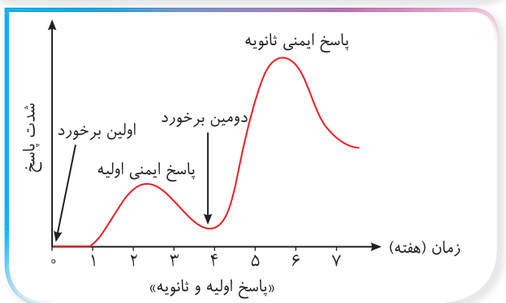
پاسخ ایمنی اختصاصی

پاسخ اولیه

- از دفاع غیراختصاصی دیرتر عمل می‌کند.
- بعد از اولین برخورد با لنفوسیت، فعال می‌شود.
- در هفتهٔ اول پاسخی ندارد ← ولی بدن در حال تولید لنفوسیت خاطره و لنفوسیت‌های عمل‌کنندهٔ فعال می‌باشد.
- دو هفته بعد به حداکثر پاسخ می‌رسد ← مقدار پادتن یا پرفورین به حداکثر می‌رسد.

پاسخ ثانویه

- در دومین برخورد با خاطره‌ها صورت می‌گیرد ← تقسیم لنفوسیت خاطره ← تعدادی خاطره و تعداد زیادی لنفوسیت عمل‌کننده (*T کشنده یا پلاسموسیت*) می‌سازد.
- هفتهٔ اول پاسخ زیادی دارد، ولی از حداکثر پاسخ اولیه این دفاع نیز پاسخ بیشتری می‌دهد.
- سریع‌تر و قوی‌تر از پاسخ اولیه این دفاع است ← از دفاع غیراختصاصی کندتر عمل می‌کند.
- همانند پاسخ اولیه بعد از دو هفته به حداکثر پاسخ می‌رسد.



«پاسخ اولیه و ثانویه»

- **انواع ایمنی**
  - **لنفوسیت‌های خاطره**
    - در دومین برخورد ← تعدادی لنفوسیت خاطره و مقدار زیادی لنفوسیت عمل‌کنندهٔ فعال (*یاختهٔ پادتن‌ساز یا T کشنده*) می‌سازند.
    - سبب «خاطره» یا «حافظه» در دستگاه ایمنی می‌شود ← تا مدت‌ها در خون باقی می‌ماند.
    - همانند لنفوسیت‌های عمل‌کننده در محل برخورد لنفوسیت اولیه با آنتی‌ژن تولید می‌شود. البته لنفوسیت خاطره برخلاف عمل‌کننده، قدرت میتوز دارد.
  - **فعال**
    - وقتی ایجاد می‌شود که خود فرد در اثر شناسایی آنتی‌ژن، یاختهٔ لنفوسیتی خاطره می‌سازد ← حافظهٔ دفاع اختصاصی در آن مؤثر است.
    - ایمنی حاصل از واکسن (*میکروب ضعیف یا کشته‌شده یا سم آن*) نوعی فعال است ← برای پیشگیری است نه درمان ← در حال حاضر با مهندسی ژنتیک تولید می‌شود.
  - **غیرفعال**
    - در این حالت پادتن‌ها را وارد بدن می‌کنند ولی یاختهٔ خاطره‌ای ایجاد نمی‌شود ← از حافظهٔ ایمنی استفاده نمی‌شود.
    - سرم نوعی ایمنی غیرفعال برای درمان و یا پیشگیری می‌دهد ← پادتن و ایمنی با دفاعی اختصاصی می‌دهد.
- **اختلالات سیستم ایمنی**
  - **نقص ایمنی اکتسابی (ایدز)**
    - ویروس عامل آن از نوع *RNA*دار است ← می‌تواند از روی *RNA* به تولید *DNA* بپردازد.
    - عامل آن ویروس *HIV* می‌باشد ← عملکرد دستگاه ایمنی دچار نقص می‌شود ← کم‌خطرترین بیماری‌های واگیر نیز می‌تواند باعث مرگ آن‌ها شود.
    - ویروس پس از ورود به بدن، ۶ ماه تا ۱۵ سال می‌تواند نهفته باشد ← این فرد آلوده است ولی بیمار نیست ← علائم ایدز را ندارد ولی ناقل می‌باشد ← تشخیص با آزمایش پزشکی است.
    - ویروس از رابطهٔ جنسی، خون، فراورده‌های خونی آلوده و اشیاء تیز آلوده منتقل می‌شود.
    - مایعات بدن و مادر آلوده در حین بارداری، شیر دادن یا زایمان می‌تواند فرزند را مبتلا کند.
    - دست دادن، روبوسی، نیش حشرات، آب و غذا این ویروس را منتقل نمی‌کند.
    - انتقال از طریق ترشحات تنفسی، بزاق، خلط، عرق، اشک، ادرار و مدفوع ثابت نشده است.
    - تاکنون درمان قطعی ندارد ولی بهترین راه مقابله، پیشگیری و افزایش آگاهی عمومی است.
    - ویروس *HIV* به نوع خاصی از لنفوسیت‌های *T* به نام *T* کمک‌کننده حمله می‌کند ← این لنفوسیت‌های *T* در مقابل آن، اینترفرون نوع ۱ می‌سازد.
    - لنفوسیت *T* کمک‌کننده در فعالیت لنفوسیت‌های *B* و سایر لنفوسیت‌های *T* مؤثر است.
    - ویروس *HIV* ← با ایجاد ایدز ← کل عملکرد لنفوسیت‌های *B* و *T* را در ایمنی اختصاصی تحت تأثیر قرار می‌دهد.
  - **تحمل ایمنی**
    - دستگاه ایمنی به میکروب‌های مفید بدن در دستگاه گوارش و... پاسخ دفاعی نمی‌دهد.
    - به عدم پاسخ دستگاه ایمنی به عوامل خارجی، تحمل ایمنی می‌گویند.
    - در حساسیت‌ها این تحمل نسبت به عواملی از بین رفته است.
  - **حساسیت**
    - در اثر پاسخ سیستم ایمنی به مواد **بی‌خطر** ایجاد می‌شود.
    - فرد نسبت به آن مادهٔ بی‌خطر، حساسیت دارد.
    - مادهٔ بی‌خطری که باعث حساسیت شده است را آلرژن یا حساسیت‌زا می‌گویند.
    - پاسخ بدن به مادهٔ حساسیت‌زا، ترشح هیستامین از ماستوسیت‌های بافتی و بازوفیل‌های خونی می‌باشد.
    - هیستامین سبب گشادی رگ (*قرمزی*) و افزایش نفوذپذیری آن‌ها با آب‌ریزش بینی و... می‌شود.
  - **بیماری سلیاک**
    - نوعی بیماری حساسیتی می‌باشد.
    - فرد به پروتئین گلوتن موجود در کریچهٔ بذر گندم و جو حساس است.
    - پرز و ریزپرز رودهٔ باریک را تخریب می‌کند.
    - سطح جذب در روده را کاهش می‌دهد.
  - **بیماری‌های خودایمنی**
    - وقتی دستگاه ایمنی، یاخته‌های خودی را به عنوان غیرخودی شناسایی می‌کنند و به آن‌ها پاسخ می‌دهند، این بیماری‌ها ایجاد می‌شوند.
    - دیابت نوع ۱ در اثر حمله به یاخته‌های انسولین‌ساز جزایر لانگرهانس لوزالمعده صورت می‌گیرد و آن‌ها را از بین می‌برد
      - فرد نیاز به تزریق انسولین دارد.
      - مشکل بینایی، کلیوی و قلبی ایجاد می‌کند.
    - ***MS* (مالتیپل اسکلروزیس)**
      - میلین اطراف یاخته‌های عصبی مغز و نخاع مورد حملهٔ ایمنی قرار می‌گیرند و در قسمت‌هایی از بین می‌روند.
      - ارتباط دستگاه عصبی مرکزی بدن با سایر قسمت‌های بدن مختل می‌شود.
      - اختلالات دید، حسی و حرکتی در آن‌ها وجود دارد ← برخی احساس لرزش اندام‌ها و بی‌حسی پیدا می‌کنند.
- **ایمنی در سایر جانوران**
  - همهٔ جانوران ایمنی غیراختصاصی دارند.
  - دفاع اختصاصی ویژهٔ مهره‌داران است.
  - سازوکارهایی مشابه ایمنی اختصاصی در بی‌مهرگان نیز یافت شده است
    - این سازوکار از نوع غیراختصاصی است.
    - مولکولی در مگس میوه به صدها شکل درمی‌آید ← آنتی‌ژن‌های **مختلف** را شناسایی می‌کند.

گفتار ۱

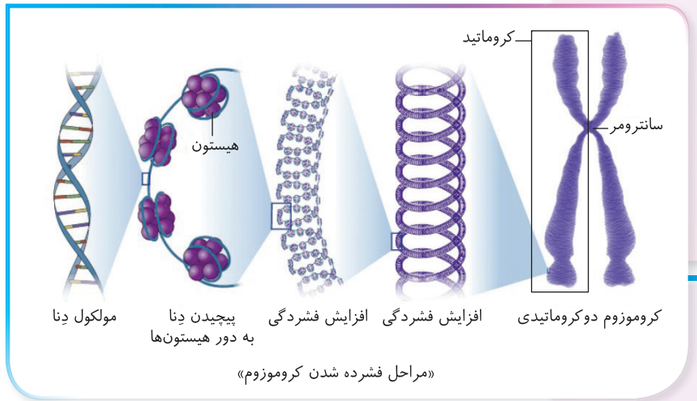
تعاریف پایه

مواد وراثتی درون هسته

- کروماتین (*خام‌تر*)
  - واحد وراثتی جانداران در موقع استراحت یاخته‌ای می‌باشد.
  - از *DNA* و پروتئین ایجاد شده است.
  - فشردگی کمی دارد و توده‌ای از رشته‌های در هم بافته است.
  - در مراحل اینترفاز، اول پروفاز و آخر تلوفاز دیده می‌شود.
  - قبل از شروع تقسیم یاخته، رشته‌های کروماتینی *DNA* آن دو برابر می‌شود.
- کروموزوم (*خام‌تر*)
  - از *DNA* و پروتئین ایجاد شده است.
  - با فشرده‌تر شدن رشته‌های کروماتینی از مرحلهٔ پروفاز ایجاد می‌شود.
  - در مرحلهٔ تلوفاز، به تدریج دوباره به صورت کروماتین در هم رفته درمی‌آید.

انواع کروموزوم یا کروماتین

- تک‌کروماتیدی (*تک‌خامینکس*)
  - در کروماتین مرحلهٔ G_1 و کروموزوم مرحلهٔ آنافاز، تلوفاز و تقسیم سیتوپلاسم نهایی دیده می‌شود.
  - یعنی کروموزوم دارای یک مولکول *DNA* می‌باشد.
  - واجد هیستون، نوکلئوزوم و یک سانترومر می‌باشد.
- دوکروماتیدی (*مضاعف شده*)
  - در کروماتین مرحلهٔ S و G_2 و در کروموزوم‌های مراحل قبل از آنافاز تقسیم دیده می‌شوند.
  - دارای دو مولکول *DNA* بوده که در محلی به نام سانترومر به هم متصلند ← واجد هیستون، نوکلئوزوم و یک سانترومر می‌باشد.
  - به هر کروماتید چسبیده به کروماتید دیگر، یک کروماتید خواهری می‌گویند.
  - دو کروماتید خواهری ژن‌های یکسان دارند و در سانترومر به دیگری متصل هستند.



«مراحل فشرده شدن کروموزوم»



«ساختار یک کروموزوم دوکروماتیدی»

نوکلئوزوم (هسته‌تن)

- ویژهٔ کروموزوم‌های یوکاریوتی است ← در حالت تک‌کروماتیدی و دوکروماتیدی وجود دارد.
- هر رشتهٔ کروماتینی یا کروموزومی، واحدهای تکراری از *DNA* و پروتئین هیستون به نام نوکلئوزوم دارند که به *DNA*، حالت فشردگی می‌دهند.
- در هر نوکلئوزوم قسمتی از یک مولکول *DNA* (*رشته*)، حدود دو دور در اطراف ۸ پروتئین هیستون پیچیده است.
- بین دو نوکلئوزوم فقط مولکول *DNA* وجود دارد که فشردگی کمی دارد.

تعداد کروموزوم

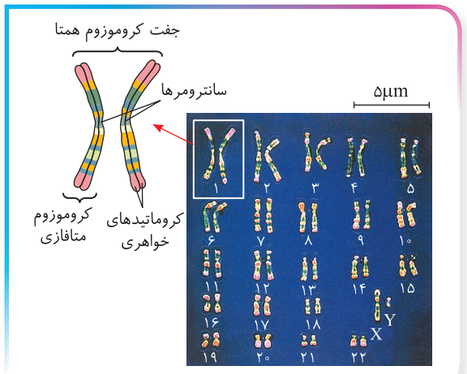
- به تعداد کروموزوم‌های هر گونه از جانداران در هر هسته یاخته‌های پیکری آن‌ها، عدد کروموزومی می‌گویند که تعداد معینی می‌باشد ← در انسان و درخت زیتون، عدد کروموزومی ۴۶ می‌باشد.
- به‌جز در باکتری‌ها، در سایر جانداران عدد کروموزومی از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.
- معمولاً جانوران در یاخته‌های پیکری و جنسی خود دارای کروموزوم‌های غیرجنسی و کروموزوم‌های جنسی می‌باشند.
- ممکن است در گونه‌های مختلف، تعداد کروموزوم یا عدد کروموزومی یکسان باشد ولی نوع و فعالیت ژن‌های آن‌ها بسیار متفاوت است. (*انسان و درخت زیتون، عدد کروموزومی ۴۶ دارند.*)

انواع یاخته‌های بدن جانداران

- یاختهٔ پیکری (*غیرجنسی*)
  - یاخته‌های غیرجنسی موجود زنده است که مستقیماً در تولیدمثل جنسی شرکت نمی‌کنند.
  - دارای کروموزوم‌های غیرجنسی و جنسی می‌باشند.
- یاختهٔ جنسی
  - در تولیدمثل جنسی موجود نقش دارند و معمولاً نصف یاختهٔ پیکری جاندار، کروموزوم دارند.
  - معمولاً دارای کروموزوم‌های غیرجنسی و جنسی می‌باشند.
  - در زنبور نر، تعداد کروموزوم اسپرم و والد نر یکسان است و هر دو n کروموزومی هستند.

کاریوتیپ

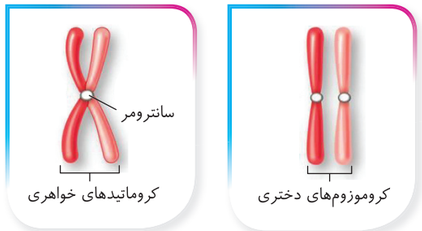
- تصویری از کروموزوم‌های **مضاعف** جاندار در حداکثر **فشردگی** مرحلهٔ **متافازی** می‌باشند.
- کروموزوم‌ها را برحسب اندازه، شکل، محتوای ژنتیکی و محل قرارگیری سانترومرها از کروموزوم بزرگ‌تر به کوچک‌تر مرتب و شماره‌گذاری می‌کنند.
- برای تعیین تعداد کروموزوم‌ها (*عدد کروموزومی*) و تشخیص **برخی** ناهنجاری‌های کروموزومی (*جهش‌های بزرگ ساختاری و عددی*) تهیه می‌شود.



«کاریوتیپ انسان»

سه تعریف مهم

- کروماتیدهای خواهری
  - دو کروماتید به هم متصل در سانترومر یک کروموزوم مضاعف می‌باشند.
  - از نظر دستورالعمل ژنی، مشابه هم می‌باشند.
  - برای هر جایگاه ژنی، دو ژن با دستورالعمل یکسان دارند که مجموعاً یک الل به حساب می‌آید.
- دو کروموزوم دختری
  - به دو کروماتید خواهری وقتی از هم جدا شوند، دو کروموزوم دختری گفته می‌شود.
  - دو کروموزوم مجزا با دو سانترومر مجزا هستند که برای هر جایگاه ژنی، دو ژن و دو الل دارند.
- دو یاختهٔ دختری
  - دو یاختهٔ جدا شده پس از تقسیم سیتوپلاسم می‌باشد که بعد از میتوز ایجاد شده‌اند.
  - از نظر هسته و تعداد کروموزوم‌ها، ژن‌ها و الل‌ها مشابه هم می‌باشند.
  - حاوی کروموزوم‌های تک‌کروماتیدی جنسی و غیرجنسی می‌باشند.



تعاریف پایه

انواع کروموزوم‌های یک یاخته

کروموزوم غیرجنسی
- مستقیماً در تعیین جنسیت فرد تأثیر ندارد ← در دو جنس یک گونه ساختار مشابهی دارند.
- در یاختهٔ جنسی و غیرجنسی وجود دارد.
- از نوع کروموزوم X یا Y نمی‌باشند.

کروموزوم جنسی
- مستقیماً در تعیین جنسیت نقش دارند.
- در انسان و برخی جانداران وجود دارند.
- در یاختهٔ جنسی و غیرجنسی وجود دارند.
- یاختهٔ پیکری زنان دو کروموزوم جنسی X هم‌ساختار و مردان یک X بزرگ و یک Y کوچک‌تر دارند.

انواع یاخته‌ها از نظر تعداد مجموعهٔ کروموزومی

هاپلوئید (تک‌لاد)
- یاخته‌هایی با یک مجموعه کروموزوم می‌باشند (*مثل یاخته‌های جنسی انسان یا یاختهٔ پیکری زنبور نر*).
- با نماد n کروموزومی نشان می‌دهند و فاقد کروموزوم‌های همتا می‌باشند.
- در یک مجموعه خود دارای n کروموزوم **غیرهمتا** می‌باشند.
- در اغلب جانوران حاصل میوز ولی در گیاهان طی میوز و میتوز ایجاد می‌شوند (*اسپرم زنبور نر حاصل میتوز است*).

دیپلوئید (دولاد)
- یاخته‌هایی با دو مجموعهٔ کروموزومی می‌باشند.
- یاخته‌های پیکری جانوران (*به‌جز زنبور نر*) و مراحلی از زندگی گیاهان می‌باشند.
- هر کروموزوم آن‌ها دارای یک کروموزوم هم‌ساختار و هم‌اندازه به نام کروموزوم همتا می‌باشد.
- $2n$ کروموزومی می‌باشند که به‌جز خودلقاحی هر مجموعه را از یک والد خود گرفته‌اند ← کروموزوم‌های هر مجموعهٔ آن، با هم غیرهمتا می‌باشند.

پلی‌پلوئید
- یاخته‌هایی با چند مجموعه کروموزوم می‌باشند ← کروموزوم‌های هر مجموعه، با هم غیرهمتا می‌باشند.
- مثلاً در $3n$ ها دارای کروموزوم‌هایی هستند که سه‌تا سه‌تا با هم همتا می‌باشند.
- در آندوسپرم $3n$ ذخیره‌ای دانهٔ نهاندانگان و در یاختهٔ پیکری موز $3n$ یا گندم زراعی $6n$ دیده می‌شوند.



در یاختهٔ $Xn=Y$

- Y بیانگر تعداد کروموزوم یا عدد کروموزومی یاخته می‌باشد.
- X بیانگر تعداد مجموعه هر کروموزوم می‌باشد ← کروموزوم‌ها Xتا Xتا با هم همتا می‌باشند.
- n برابر تعداد کروموزوم هر مجموعه می‌باشد که با هم غیرهمتا می‌باشند.

چرخهٔ یاخته‌ای

- مراحل زندگی یک یاخته، از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی را چرخهٔ یاخته‌ای می‌نامند.
- در یاخته‌های مختلف، مدت زمان مراحل چرخهٔ یاخته‌ای متفاوت می‌باشد.
- چرخهٔ یاخته‌ای، دو مرحلهٔ اینترفاز و تقسیم دارد.

اینترفاز

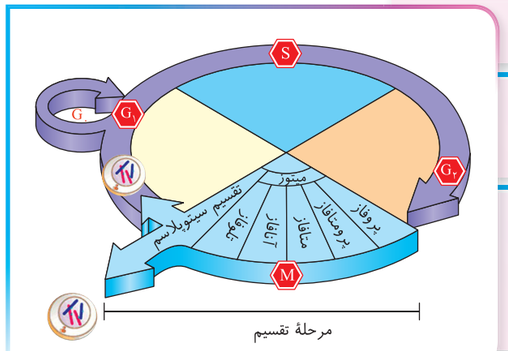
- بیشتر مراحل زندگی یاخته‌ها در این مرحله می‌باشد که شامل سه مرحلهٔ G_1 ، S و G_2 برای رشد و ساخت مواد مورد نیاز تقسیم یاخته می‌باشد.
- کروموزوم‌های کروماتینی و هستک به همراه غشای هسته دارد.
- رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام کارهای معمول یاخته در آن انجام می‌شود.

مراحل اینترفاز

G_1 یا وقفهٔ اول
- مرحلهٔ رشد است که بیشترین زمان زندگی یاخته در این مرحلهٔ اینترفاز است و کروماتین‌ها **تک**کروماتیدی هستند.
- برخی یاخته‌ها مثل نورون‌ها به‌طور موقتی یا دائمی در این مرحله می‌مانند و به G_0 می‌روند.
- در آخر آن نقطهٔ وارسی برای اطمینان از سلامت DNA یاخته وجود دارد.
- یاخته‌های لنفوسیت خاطره به‌طور موقت در مرحلهٔ G_0 باقی می‌مانند و با برخورد به آنتی‌ژن وارد G_1 و ادامهٔ چرخه می‌شوند.
- پلاسموسیت‌ها، اغلب نورون‌ها، ماهیچهٔ اسکلتی و گویچه‌های خونی (*به‌جز لنفوسیت‌ها*)، به‌طور دائم در مرحلهٔ G_0 انسان باقی می‌مانند.

S یا همانندسازی
- DNA هسته در این مرحله دو برابر شده و کروماتید خواهری به همراه کروماتین مضاعف ایجاد می‌شوند.
- طی این مرحله هر مولکول DNA به دو مولکول کاملاً مشابه تبدیل می‌شود.
- در این مرحله، جدا شدن هیستون‌ها، عمل هلیکاز و دناسپاراز (*نوکلئازی و ویرایشی*) رخ می‌دهد.

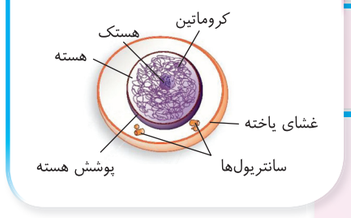
G_2 یا وقفهٔ دوم
- نسبت به مرحلهٔ S و G_1 کوتاه‌تر می‌باشد و کروماتین‌های مضاعف دارد.
- ساخت پروتئین و عوامل مورد نیاز برای **تقسیم یاخته افزایش** پیدا کرده تا یاخته آمادهٔ تقسیم شود.
- عوامل مورد نیاز دوک تقسیم یا عوامل تقسیم (*مثل سانتریول جانوری*) را توسط نقطهٔ وارسی آخر G_2 کنترل می‌کند.



«مراحل مختلف چرخهٔ یاخته»

تقسیم یاخته

- شامل دو فرایند تقسیم هسته و سیتوپلاسم می‌باشد.
- تقسیم هسته ۵ مرحله دارد ← پروفاز، پرومتافاز، متافاز، آنافاز، تلوفاز
- در آخر متافاز دارای نقطهٔ وارسی برای اطمینان از اتصال دوک به کروموزوم‌ها می‌باشد.
- اولین مرحلهٔ آن، تقسیم هسته و دومین مرحلهٔ آن، تقسیم سیتوپلاسم است.
- در ابتدا و انتهای تقسیم هسته، کروماتین به جای کروموزوم وجود دارد.
- پس از میتوز، تقسیم سیتوپلاسم سبب ایجاد دو یاخته با کروماتین‌های مساوی می‌شود.

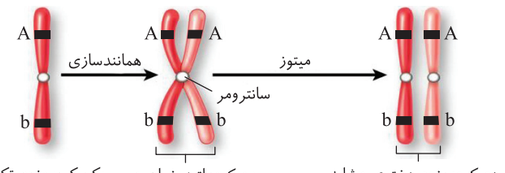


گفتار ۲

نکات میتوز (رشتمان)

تقسیمی ویژهٔ هستهٔ یوکاریوت‌ها است که مادهٔ ژنتیکی مضاعف شده در مرحلهٔ S اینترفاز، تقسیم می‌شود تا به‌طور مساوی به یاخته‌های جدید برسند.
طی این تقسیم، کروموزوم‌های پراکنده در هسته ← به‌طور دقیق به وسط یاخته می‌آیند ← سپس به‌طور مساوی بین یاخته‌های دختری تقسیم می‌شوند.
در هر یاخته‌ای از نظر عدد کروموزومی مثلاً هاپلوئید، دیپلوئید یا پلی‌پلوئید صورت می‌گیرد ← دو یاخته با تعداد کروموزوم مادری مشابه می‌سازد.
فرایندی پیوسته است که برای سادگی فهم، آن را مرحله‌بندی می‌کنیم (به دو کروموزوم تک‌کروماتیدی حاصل از جدا شدن کروماتیدهای خواهری ← کروموزوم‌های دختری می‌گویند).

یاختهٔ حاصل از میتوز
- در برخی موارد میتوز می‌کند
  - به جاندار تبدیل می‌شود ← تولیدمثل غیرجنسی
  - به اندام‌ها تبدیل می‌شود.
- در برخی موارد قدرت میوز پیدا می‌کند
  - پارانشیم خورش و کیسهٔ گردهٔ گیاهان
  - اسپرماتوسیت اولیه و اووسیت اولیهٔ جانوران



«طرح ساده‌ای از تقسیم کروموزوم‌ها و جدا شدن کروماتیدهای خواهری در میتوز»

دوک تقسیم

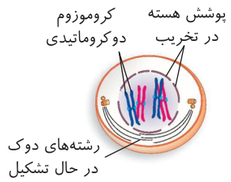
مجموعه‌ای از **ریزلوله‌های** پروتئینی (رشته‌های ریزپروتنینی) است که برای حرکت و جدا شدن صحیح کروموزوم‌ها لازم است.
در هنگام تقسیم یاخته، پدیدار می‌شوند و برخی از آن‌ها به سانترومر کروموزوم‌ها متصل می‌شوند.
با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومرها ← کروماتیدهای خواهری از هم جدا شده و به عنوان کروموزوم‌های دختری به قطبین می‌روند.
در هر تقسیم یاختهٔ یوکاریوتی در مرحلهٔ پروفاز، تشکیل شده، در مرحلهٔ آنافاز کوتاه شده و در مرحلهٔ تلوفاز تخریب و ناپدید می‌شوند.



«دوک تقسیم» «جفت سانتریول»

سانتریول (میانک)

در یاخته‌های **جانوری** وجود دارد و ساخته شدن رشته‌های دوک را سازماندهی می‌کند.
هرکدام یک جسم استوانه‌ای است که از ۹ دستهٔ ریزلولهٔ پروتئینی کوچک‌تر از دوک ایجاد شده است ← دستهٔ ریزلوله‌های سه‌تایی مجاور به هم متصلند.
در اینترفاز و در مرحلهٔ G_2، دو برابر می‌شوند ولی در مرحلهٔ تقسیم فعالیت می‌کند.
در شروع تقسیم، یاختهٔ جانوری دارای دو جفت یا ۴ سانتریول است.
در اطراف آن‌ها رشته‌های کوتاه لوله‌ای پروتئینی ایجاد می‌شود.

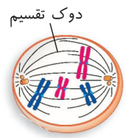


«پروفاز»

مراحل میتوز یاختهٔ $2n=4$

پروفاز

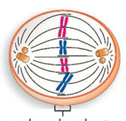
رشته‌های کروماتین در این مرحله، فشرده‌تر، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند و به کروموزوم تبدیل می‌شوند.
کروموزوم‌های مضاعف این مرحله را به تدریج می‌توان با میکروسکوپ نوری مشاهده کرد.
غشای هسته و هستک‌ها به تدریج از بین می‌روند ← سانتریول‌های جانوری به دو طرف یاخته می‌روند ← بین آن‌ها در دور هسته، دوک تشکیل می‌شود.



«پرومتافاز»

پرومتافاز

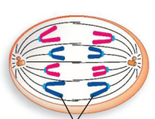
پس از تشکیل دوک تقسیم آغاز می‌شود ← دوک‌ها در مراحل پروفاز و پرومتافاز به تدریج دراز می‌شوند.
پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی به قطعات کوچک‌تر تجزیه شده و از بین می‌روند ← کروموزوم‌ها در سیتوپلاسم قرار می‌گیرند.
برخی رشته‌های دوک به سانترومر کروموزوم‌های مضاعف متصل می‌شوند و برخی آزاد می‌باشند.



«متافاز»

متافاز

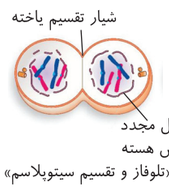
کروموزوم‌های مضاعف با بیشترین فشردگی و کوتاه‌ترین حالت در وسط یا استوای یاخته ردیف می‌شوند.
برخی رشته‌های دوک بین کروموزوم‌ها و برخی به سانترومر متصلند.
همانند دو مرحلهٔ قبلی، کروموزوم‌های مضاعف دارند.



«آنافاز»

آنافاز

در ناحیهٔ سانترومر ← تجزیه پروتئین اتصالی دو کروماتید رخ داده ← برخی رشته‌های دوک کوتاه شده ← کروماتیدهای خواهری از هم جدا شده ← کروموزوم‌های دختری ایجاد می‌شوند.
هر کروموزوم آن در هر قطب یاخته دارای یک کروماتید یا یک مولکول DNA می‌باشد.
کروموزوم‌ها شروع به باز شدن رشته‌ها و ایجاد کروماتین نمی‌کنند ولی تعداد عدد کروموزومی، سانترومر و الل‌های یاخته دو برابر می‌شود.
تعداد مولکول DNA و ژن‌های یاخته تغییر نمی‌کند.
فقط رشته‌های دوکی که به سانترومرها متصل هستند، کوتاه می‌شوند و کروموزوم‌ها را به قطبین می‌برد.



«تلوفاز و تقسیم سیتوپلاسم»

تلوفاز

رشته‌های دوک با تجزیه شدن تخریب شده و از بین می‌روند.
کروموزوم‌ها شروع به باز شدن کرده و دوباره کروماتینی می‌شوند.
پوشش هسته دوباره تشکیل می‌شود.
یاخته‌ای با دو هسته با مادهٔ ژنتیکی مشابه ولی تک‌کروماتیدی ایجاد می‌کند.

تقسیم سیتوپلاسم

بعد از تقسیم هسته (*میتوز*)، ابتدا اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم شده و با تقسیم سیتوپلاسم، دو یاختهٔ جدید با ژن‌های مشابه ایجاد می‌شود.

در یاخته‌های جانوری

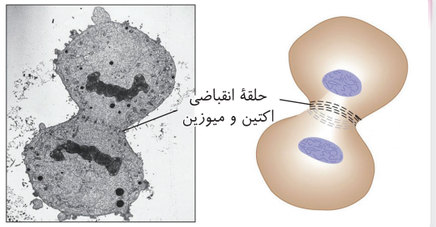
کمربندی از جنس پروتئین‌های اکتین و میوزین در وسط سیتوپلاسم یاخته منقبض می‌شود. ← این کمربند انقباضی به غشای یاخته متصل است و به غشا در وسط یاخته فرورفتگی می‌دهد. ← با تنگ شدن این حلقهٔ انقباضی، در نهایت دو یاخته از هم جدا می‌شوند.

اکتین و میوزین

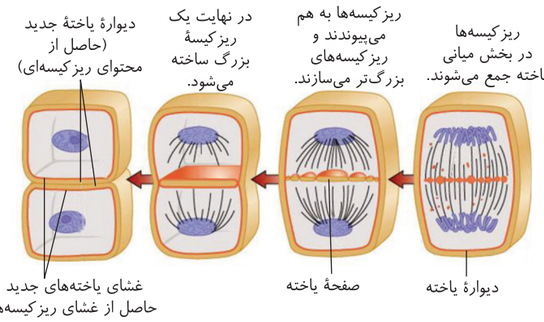
- برای تقسیم سیتوپلاسم ← در هر یاخته با قدرت تقسیم تولید می‌شود.
- برای انقباض یاخته ← ویژهٔ یاخته‌های عضلانی است.

در یاخته‌های گیاهی

- حلقهٔ انقباضی تشکیل نمی‌شود.
- ابتدا با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و پیوستن آن‌ها به هم صفحهٔ یاخته‌ای در وسط یاخته (*مخروط ایجاد دیواره*) ایجاد می‌شود.
- ریزکیسه‌های حاصل از گلژی حاوی پیش‌سازهای تیغهٔ میانی و دیوارهٔ یاخته‌اند.
- صفحهٔ یاخته‌ای به دیوارهٔ یاختهٔ مادری متصل شده و سپس دو یاختهٔ جدید از هم جدا می‌شوند.
- اطراف صفحهٔ دیوارهٔ جدید، غشای وزیکول یا غشای یاخته وجود دارد.
- لان و پلاسمودسم نیز هنگام تشکیل دیوارهٔ جدید پایه‌گذاری می‌شوند.
- به ترتیب: ریزکیسه‌ها ← صفحهٔ یاخته‌ای ← یک ریزکیسهٔ بزرگ ← دیوارهٔ یاخته
- در یاخته‌هایی مثل گردهٔ رسیده یا اولین تقسیم تخم $2n$ نهاندانگان، سیتوپلاسم به صورت نامساوی تقسیم می‌شود.
- تشکیل دیواره در گیاهان از آنافاز آغاز می‌شود که هنوز دوک تقسیم وجود دارد.



«تقسیم سیتوپلاسم در یک یاختهٔ جانوری»



«تقسیم سیتوپلاسم در یاختهٔ گیاهی»

تنظیم تقسیم یاخته‌ای

- یاخته‌های بنیادی مغز استخوان انسان یا بافت مریستم گیاهان، دائماً تقسیم می‌شوند ← در شرایط نامساعد محیط یا افزایش زیاد محصولات این یاخته‌ها، فعالیت تقسیمی آن‌ها کم یا متوقف می‌شود.
- برخی عوامل محیطی یا مواد شیمیایی می‌توانند سبب پاسخ یاخته‌ها برای تنظیم سرعت تقسیم خود شوند.
- برخی پروتئین‌های یاخته‌ای، سرعت تقسیم یاخته را زیاد و برخی مانع آن می‌شوند.
- در بخش آسیب دیدهٔ گیاه ← نوعی عامل رشد تولید می‌شود ← سبب تقسیم سریع مریستم و پارانشیم می‌شود ← تودهٔ یاخته‌ای مانع نفوذ میکروب‌ها ایجاد می‌شود.
- در زیر محل زخم پوستی انسان ← نوعی عامل رشد ← سبب افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها می‌شود ← به سرعت بهبود زخم کمک می‌کند.
- در صعود به ارتفاعات و کمبود O_2 جو ← اریتروپویتین مترشحه از کبد و کلیه‌ها ← روی مغز استخوان اثر کرده ← سبب افزایش تولید گویچهٔ قرمز و هموگلوبین برای جذب اکسیژن می‌شود.

نقاط وارسی

ویژهٔ چرخهٔ یاخته‌ای در یوکاریوت‌هاست.

پروتئین‌هایی تنظیمی در انتهای G_1 ، G_2 و متافاز تقسیم می‌باشند.

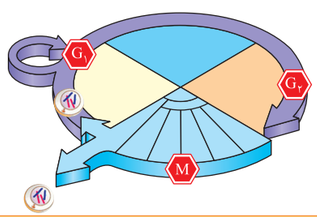
این نقاط به یاخته اطمینان می‌دهند که
- مرحلهٔ قبل کامل شده است.
- عوامل لازم مرحلهٔ بعد، آماده و تولید شده است.

مهم‌ترین نقاط وارسی و نقش آن‌ها

در انتهای G_1
یاخته را از سلامت *DNA* مطمئن کرده و در صورت نقص اصلاح نشده در *DNA*، سبب آغاز فرایند مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته‌ای می‌شود.

در انتهای G_2
عوامل لازم برای ساخته شدن دوک تقسیم و شروع میتوز را بررسی می‌کند.
به یاخته اطمینان می‌دهد که همانندسازی دنا کاملاً انجام شده است.

در انتهای متافاز
به یاخته اطمینان می‌دهد که کروموزوم‌ها در وسط یاخته‌اند و به‌طور دقیق به رشته‌های دوک متصلند.
تولید عوامل لازم برای تجزیهٔ پروتئین سانترومری مرحلهٔ آنافاز را بررسی می‌کند.



اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل لازم برای میتوز فراهم نباشد، نقطهٔ وارسی G_2 اجازهٔ عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.

نقطهٔ وارسی G_1 یاخته را از سلامت **دنا** مطمئن می‌کند. اگر **دنا** آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.

نقطهٔ وارسی متافازی برای اطمینان از این موضوع است که کروموزوم‌ها به‌صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.

«نقاط وارسی در چرخهٔ یاخته»

اشکال در نقاط وارسی

اشکال در نقاط وارسی ← افزایش بی‌رویهٔ تقسیم یاخته‌ای ← ایجاد تومور (*سرطان*)
- تحریک لنفوسیت T ← تولید پرفورین در دفاع اختصاصی
- تحریک لنفوسیت کشندهٔ طبیعی ← تولید پرفورین در دفاع غیراختصاصی

تولید اینترفرون نوع ۲ در دفاع غیراختصاصی

تقسیم بی‌رویهٔ یاخته

تومور
- در اثر بر هم خوردن تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته صورت می‌گیرد.
- توده‌ای است که در اثر **تقسیمات تنظیم نشده** ایجاد می‌شود.

انواع تومور

خوش‌خیم
- توموری با رشد کم بوده که یاخته‌های آن در جای خود مانده و منتشر نمی‌شوند.
- معمولاً آن‌قدر بزرگ نمی‌شوند و به بافت‌های مجاور خود آسیب نمی‌رسانند.
- در مواردی که بیش از حد بزرگ شود ← می‌تواند در انجام عمل طبیعی **اندام** اختلال ایجاد شود.
- نوع **لیپومای** آن، یاخته‌های چربی (*بافت پیوندی*) تکثیر شده و توده‌ای ایجاد می‌کند که در **بالغین** متداول است.


«تومور خوش‌خیم، لیپوما در نزدیکی آرنج»

بدخیم (سرطان)
- رشد آن زیاد است ← یاخته‌هایی از آن جدا شده ← همراه با خون یا به ویژه **لنف** به نواحی دیگر بدن می‌رود ← در آنجا مستقر شده و رشد می‌کند.
- به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی دگرنشینی (*متاستاز*) دارد ← یعنی با ورود به محیط داخلی در بدن پخش می‌شود.
- علت اصلی آن، برخی تغییرات در مادهٔ ژنتیکی یاخته‌ها است ← چرخهٔ یاخته از کنترل خارج می‌شود.
- نوعی از آن به نام **ملانوما**، سبب بدخیمی در یاخته‌های **رنگدانه‌دار** پوست می‌شود.


«ملانوما: نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست»

مراحل رشد و متاستاز سرطان
1. ابتدا یاخته‌های سرطانی شروع به تهاجم به **یاخته‌های همان** بافت می‌کنند.
2. یاخته‌های سرطانی در **بافت** گسترش می‌یابند ولی هنوز به لنف کنار آن نرسیده است.
3. یاخته‌های سرطانی به **لنف مجاور** محل تکثیر خود وارد می‌شوند.
4. یاخته‌های سرطانی به بافت‌ها و اندام‌های **دوردست‌تر** رفته و پس از استقرار، آن‌ها را سرطانی می‌کنند.


① یاختهٔ سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.
② یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.
③ یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.
④ یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آن‌ها می‌شوند.
«مراحل رشد و دگرنشینی یاخته‌های سرطانی»

تشخیص و درمان سرطان
روش‌های مختلف و گاه ترکیبی از روش‌ها را دارد.

بافت‌برداری (بیوپسی)
- در این روش تشخیصی، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان را برمی‌دارند.
- آزمایش خون به شناسایی بهتر این روش کمک می‌کند.

روش‌های رایج درمانی سرطان

جراحی
- برداشتن بافت‌های سرطانی در بدن تا حد ممکن می‌باشد.

پرتودرمانی
- یاخته‌هایی که **سرعت** تقسیم بالا دارند را **مستقیماً** تحت تأثیر پرتوهای **قوی** قرار می‌دهند.
- برخی در اثر تابش‌های شدید مجبور به پیوند مغز استخوان، برای ساخت یاختهٔ خونی می‌شوند.
- همانند شیمی‌درمانی می‌تواند سبب آسیب به مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش شود.

شیمی‌درمانی
- با استفاده از **داروها**، سبب سرکوب تقسیم یاخته‌ها در **همهٔ بدن** می‌شود.
- به مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش نیز آسیب می‌رساند.
- مرگ یاخته‌های مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش، سبب عوارض جانبی مثل ریزش مو، تهوع و خستگی می‌شود.
- برخی در اثر شیمی‌درمانی قوی مجبور به پیوند مغز استخوان برای ساخت یاختهٔ خونی می‌شوند.

عوامل مؤثر در ایجاد سرطان

وراثت
- اختلال در ژن‌ها سبب اختلال در پروتئین‌ها می‌شود ← **پروتئین‌ها** تنظیم‌کنندهٔ چرخهٔ یاخته و مرگ آن‌ها می‌باشند.
- ژن‌های زیادی شناخته شده‌اند که در بروز سرطان نقش دارند.
- علت شیوع بیشتر بعضی سرطان‌ها در بعضی جوامع، جهش‌های ژنی است.

عوامل محیطی
- پرتوهای فرابنفش، دود خودروها و آلاینده‌های محیط ← تولید رادیکال‌های آزاد را زیاد می‌کنند ← به ساختار *DNA* آسیب می‌رسانند.
- مواد شیمیایی سرطان‌زا، گوشت و ماهی دودی شده (*سدیم نیتریت*)، برخی ویروس‌ها، قرص‌های ضد بارداری، نوشیدنی الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی می‌باشند.
- تولید رادیکال‌های آزاد در اثر مواد سمی سیانیدی، کربن مونواکسید و الکل ← در تولید سرطان نقش دارند.
- سبک زندگی و تغذیهٔ سالم با مواد پاداکسنده ← نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند.

مرگ یاخته‌ای

تصادفی
- در حالاتی مثل بریدگی‌ها ← سبب بافت‌مردگی می‌شود.
- تجمع رادیکال‌های آزاد در اثر مصرف زیاد الکل ← تخریب دنای راکیزهٔ کبدی ← نکروز یا بافت‌مردگی کبدی می‌دهد.

مرگ برنامه‌ریزی شده
- یک‌سری فرایندهای دقیقاً برنامه‌ریزی شده در برخی یاخته‌ها و در شرایط خاص می‌باشد.
- رسیدن علائمی به یاخته‌ها ← پروتئین تخریب‌کنندهٔ یاخته ← در چند ثانیه شروع به تجزیهٔ یاخته و مرگ آن می‌کند.
- حذف یاختهٔ پیر یا آسیب دیده در آفتاب‌زدگی از آن مدل است ← یاخته‌هایی که دنای آسیب دیده در اثر پرتو فرابنفش دارند، می‌توانند سرطانی شوند.
- حذف یاخته‌های اضافی مثل پردهٔ بین انگشتان پای برخی پرندگان.
- ورود آنزیم‌های مرگ برنامه‌ریزی شده به همراه پرفورین از یاخته‌های لنفوسیت کشندهٔ طبیعی و نوع *T* در برخورد با سرطان‌ها یا یاختهٔ آلوده به ویروس.



میوز (کاستمان)

تقسیمی ویژهٔ تولیدمثل جنسی در یوکاریوت‌ها می‌باشد که دو مرحلهٔ تقسیم متوالی دارد و مرحلهٔ اول آن با **کاهش** عدد کروموزومی همراه می‌باشد.
یک مرحلهٔ اینترفاز به همراه دو مرحلهٔ کلی میوز ۱ و میوز ۲ دارد که در هر مرحله پس از تقسیم هسته، تقسیم سیتوپلاسم هم رخ می‌دهد.
میوز ۱ با کاهش عدد کروموزومی همراه است ولی میوز ۲ همانند میتوز ۲ یاخته می‌باشد و با کاهش عدد کروموزومی همراه نیست.
میوز برخلاف میتوز فاقد مرحله پرومتافاز می‌باشد ولی تفاوت میوز و میتوز، اغلب در مراحل میوز ۱ صورت می‌گیرد.

یاخته‌های حاصل از میوز

- چهار یاخته می‌باشند که از دو نوع مختلف می‌باشند.
- اگر در پروفاز ۱ آن کراسینگ‌اوور رخ دهد ← ممکن است چهار نوع یاختهٔ مختلف ایجاد شود.
- دوباره قدرت میوز ندارد.
- در جانوران
  - معمولاً گامت هستند و لقاح می‌کنند.
  - در زنبور مادهٔ ملکه ← تخمک است
    - برخی لقاح می‌کنند ← زنبور مادهٔ ($2n$) می‌سازند.
    - برخی میتوز می‌کنند ← با بکرزایی به زنبور نر تبدیل می‌شوند.
- در گیاهان ← قدرت میتوز دارند و در نهایت گامت می‌سازند.

در جانوران فقط اسپرماتوسیت اولیه و اووسیت اولیه قادر به شروع آن می‌باشند.

مراحل میوز ۱

پروفاز ۱
- تمام موارد پروفاز و پرومتافاز میتوز در این مرحله صورت می‌گیرد
  - سانتریول‌ها جدا شده و بین آن‌ها دوک ایجاد می‌شود.
  - کروموزوم‌ها فشرده‌تر می‌شوند.
  - غشای هسته از بین می‌رود.
- کروموزوم‌های همتای مضاعف از **طول** در کنار هم قرار گرفته و ساختار ۴ کروماتیدی یا تتراد تشکیل می‌دهند (*مهم‌ترین تفاوت با میتوز*).
- هر تتراد حاوی دو سانترومر است که به یک طرف هر سانترومر رشته‌های دوک متصل می‌شود.

متافاز ۱
- تتراد‌ها در استوای یاخته قرار گرفته و توسط رشته‌های دوک از دو طرف با قطبین یاخته در ارتباط هستند.

آنافاز ۱
- رشته‌های دوک کوتاه شده و کروموزوم‌های همتای مضاعف از یکدیگر جدا می‌شوند.
- در هر قطب، نصف تعداد کروموزوم یاختهٔ اولیه، کروموزوم وجود دارد.
- در این مرحله دو الل هر جایگاه ژنی از هم جدا می‌شوند.
- در این مرحله پروتئین‌های اتصالی در ناحیهٔ سانترومری تجزیه نمی‌شوند.
- در این مرحله کروموزوم دختری ایجاد نمی‌شود.

تلوفاز ۱
- با تشکیل هسته به دور کروموزوم‌های هر قطب یاخته، ابتدا یک یاختهٔ دوهسته‌ای ایجاد می‌شود.
- هر هسته نصف یاختهٔ اولیه، کروموزوم دارد و سپس با تقسیم سیتوپلاسم، دو یاخته ایجاد می‌شود.
- معمولاً در پایان آن تقسیم سیتوپلاسم انجام و عدد کروموزومی نصف می‌شود.

بین میوز ۱ و ۲

بین آن‌ها اینترفاز و مضاعف شدن کروموزوم‌ها وجود ندارد.
در یاخته‌های جانوری، سانتریول‌ها همانندسازی کرده و دوباره هر یاخته دارای چهار سانتریول می‌شود.

وقایع میوز ۲

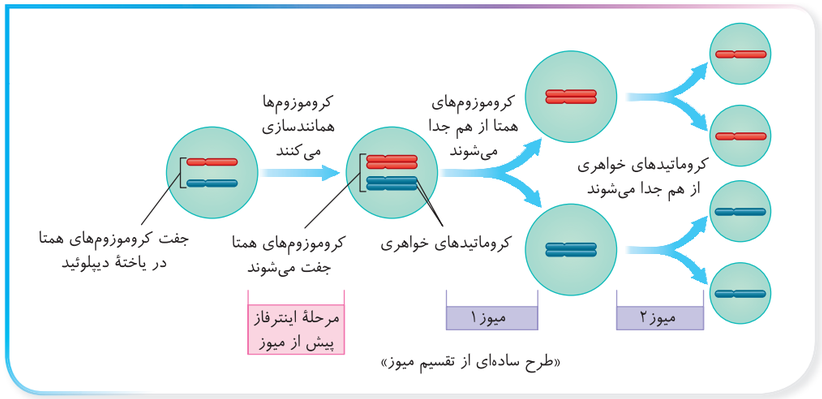
تمام وقایع میتوز در مراحل پروفاز ۲ تا تلوفاز ۲ آن رخ می‌دهد.
در پایان آن چهار یاخته ایجاد شده است که دوبه‌دو به هم شبیه می‌باشند (*در صورت عدم کراسینگ اوور*).
یاخته‌های حاصله کروموزوم‌های تک‌کروماتیدی و به تعداد نصف کروموزوم یاختهٔ مادری دارند.
در پایان تقسیم آن با تقسیم سیتوپلاسم، چهار یاخته ایجاد می‌شود که قدرت لقاح یا میتوز دارند ولی دوباره نمی‌توانند میوز کنند.

در انسان

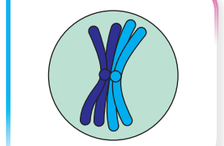
مردان
در لوله‌های اسپرم‌ساز رخ می‌دهد.
اسپرماتوسیت اولیه ($2n$) —میوز ۱→ اسپرماتوسیت ثانویه (n) —میوز ۲→ اسپرماتید n —تمایز→ اسپرم
اسپرماتوسیت اولیه ($2n$) —میوز ۱→ اسپرماتوسیت ثانویه (n) —میوز ۲→ اسپرماتید n —تمایز→ اسپرم

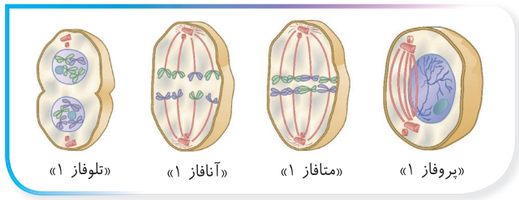
زنان
اووسیت اولیه —شروع میوز تخمدان→ دوران جنینی تا پروفاز ۱ رفته و متوقف می‌شود ← پس از تولد با شروع دورهٔ جنسی —ادامهٔ میوز ۱ در تخمدان→
- اووسیت ثانویهٔ بزرگ ($n=۲۳$) —تقسیم نامساوی→ تخمک بزرگ (n) + دومین گویچهٔ قطبی (n)
- اولین گویچهٔ قطبی کوچک ($n=۲۳$) —میوز ۲ در لولهٔ رحم، تقسیم مساوی→ دومین گویچهٔ قطبی (n) + دومین گویچهٔ قطبی (n)

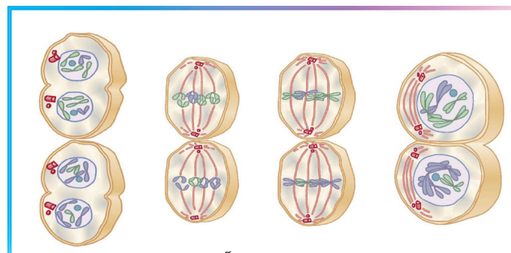
میوز ۱ در تخمدان با تقسیم سیتوپلاسم نامساوی و میوز ۲ در لولهٔ رحم رخ می‌دهد (*یک تقسیم مساوی و یک نامساوی*).



«طرح ساده‌ای از تقسیم میوز»


«طرح ساده‌ای از یک تتراد»


«پروفاز ۱» «متافاز ۱» «آنافاز ۱» «تلوفاز ۱»


«پروفاز ۲» «متافاز ۲» «آنافاز ۲» «تلوفاز ۲»

اشتباه در تقسیم یاخته‌ای

پلی‌پلوئیدی شدن (چندلادی شدن)

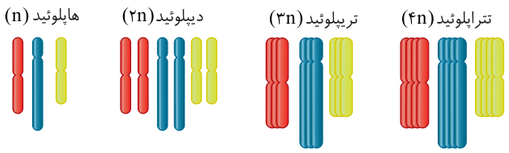
- به یاخته یا جانداری که بیش از دو ردیف کروموزوم داشته باشد.
- در اثر جدا نشدن **همهٔ** کروموزوم‌ها در مرحلهٔ آنافاز میتوز یا میوز رخ می‌دهد.
- یاختهٔ حاصل دو برابر یاختهٔ اولیه کروموزوم دارد و یاختهٔ دیگر فاقد کروموزوم است.
- در آزمایشگاه با تخریب رشته‌های **دوک**، این وضعیت ایجاد می‌شود.
- در ایجاد گندم زراعی $6n$ و موز $3n$ دیده می‌شود.

با هم ماندن کروموزوم‌ها

در اثر جدا نشدن یک یا چند جفت از کروموزوم‌ها در آنافاز میتوز یا میوز رخ می‌دهد ← در یاخته‌ها، تعدادی کروموزوم کم یا زیاد می‌شود.

نشانگان داون

- شایع‌ترین با هم ماندن کروموزومی در طبیعت است که بیماری حاوی نشانه‌های متعددی می‌باشد.
- سه عدد کروموزوم ۲۱ دارند، یعنی یاخته‌های پیکری آن‌ها ۴۷ کروموزوم دارند.
- در اسپرم یا تخمک ایجادکنندهٔ آن به جای یک کروموزوم ۲۱ دارای دو کروموزوم ۲۱ بوده است.
- بالا بودن سن مادر از عوامل ایجاد تخمک غیرعادی ایجادکنندهٔ آن‌هاست.



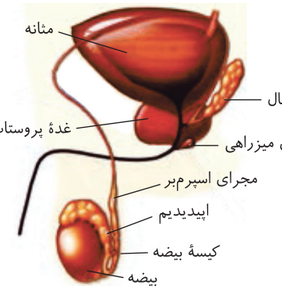
«طرح ساده‌ای از تعداد کروموزوم‌ها»

- در میوز می‌تواند سبب انتقال به نسل بعد شود.
- مصرف دخانیات، نوشیدنی الکلی، آلودگی‌ها و پرتوهای مضر در این موارد نقش مهمی دارند.

گفتار ۱ دستگاه تولیدمثل مرد

وظایف کلی
- تولید اسپرم (*گامت نر*) ← توسط لوله‌های اسپرم‌ساز بیضه ← کار اصلی دستگاه تناسلی مردان می‌باشد.
- ایجاد محیط مناسب برای نگهداری اسپرم ← بیضه‌ها و مجاری حاوی اسپرم
- انتقال اسپرم‌ها به خارج از بدن ← توسط میزراه به عنوان مجرای مشترک ادرار و اسپرم
- تولید هورمون جنسی مردانه (*تستوسترون*) ← توسط یاخته‌های بینابینی لوله‌های اسپرم‌ساز درون بیضه

کیسهٔ بیضه
- یک جفت بیضه، دوتا اپیدیدیم و قسمت ابتدایی از دو مجرای اسپرم‌بر را درون خود جای داده است.
- در خارج و پایین محوطهٔ شکمی قرار دارد.
- قرارگیری در خارج حفرهٔ شکمی ← سبب ایجاد دمای سه درجه پایین‌تر از دمای بدن در آن می‌شود ← این‌ها برای فعالیت بیضه‌ها و تمایز صحیح اسپرم‌ها ضروری است.
- شبکه‌ای از رگ‌های خونی کوچک آن



«اندام‌های دستگاه تولیدمثل در مرد (مثانه جزء آن نیست)»

اندام اصلی = بیضه‌ها
- دو عدد حاوی تعداد زیادی لوله‌های پر پیچ‌وخم اسپرم‌ساز و یاخته‌های بینابینی با قدرت تولید و ترشح هورمون تستوسترون می‌باشد.
- درون لولهٔ اسپرم‌ساز بیضه‌ها از هنگام بلوغ تا پایان عمر صورت می‌گیرد.

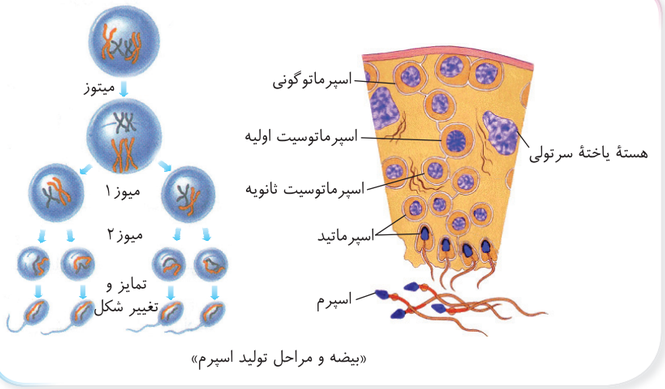
اسپرماتوگونی
- یاخته‌های زایندهٔ دیوارهٔ لولهٔ اسپرم‌ساز می‌باشند
  - به اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت اولیه متصل است.
  - نزدیک سطح **خارجی** دیوارهٔ درون لوله‌ها قرار دارند و دیپلوئید می‌باشند.
- میتوز می‌کند ← یکی از یاخته‌ها اسپرماتوگونی می‌شود و یکی دیگر به اسپرماتوسیت اولیه $2n$ برای شروع میوز تبدیل می‌شود.

اسپرماتوسیت اولیه
- یاختهٔ دیپلوئیدی می‌باشد که میوز ۱ را آغاز می‌کند ← به اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت ثانویه متصل می‌باشد.
- از هرکدام، دو اسپرماتوسیت ثانویه هاپلوئید در پایان میوز ۱ ایجاد می‌شود ← دو نوع مختلف با کروموزوم جنسی X یا Y دار می‌باشند.
- در طی تقسیم آن ممکن است در پروفاز ۱ کراسینگ‌اوور رخ دهد.

اسپرماتوسیت ثانویه
- یاخته‌های هاپلوئید مضاعف می‌باشند که میوز ۲ را آغاز می‌کنند ← به اسپرماتوسیت اولیه و اسپرماتید متصل می‌باشند.
- در اثر میوز ۲، از هرکدام دوتا اسپرماتید هاپلوئید با کروموزوم تک‌کروماتیدی ایجاد می‌شود.

اسپرماتید
- یاخته‌های هاپلوئید محصول میوز ۲ می‌باشند.
- درون لولهٔ اسپرم‌ساز بیضه ابتدا بدون تاژک و سپس تاژک‌دار می‌شوند.
- ضمن حرکت غیرفعال آن‌ها به سمت وسط لوله، از هم جدا یا تمایز یافته و به اسپرم تبدیل می‌شوند.

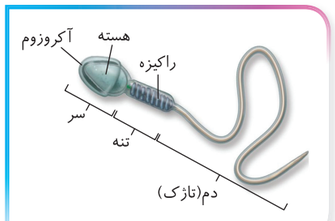
اسپرم‌زایی
- در وسط لولهٔ اسپرم‌ساز از تمایز اسپرماتیدهای جدا شده حاصل می‌شود.
- ضمن تمایز اسپرماتید، مقدار زیادی از سیتوپلاسم را از دست می‌دهد و هستهٔ فشرده به همراه حالت کشیده پیدا می‌کنند.
- هورمون تستوسترون، ترشحات سرتولی، شبکهٔ رگ‌های کوچک کیسهٔ بیضه و موقعیت کیسهٔ بیضه، در تولید و تمایز اسپرم‌ها مؤثر هستند.



«بیضه و مراحل تولید اسپرم»

اسپرم
- یک هستهٔ بزرگ، مقدار کمی سیتوپلاسم و کیسهٔ پرآنزیم آکروزوم دارد.
- آکروزوم آن کلاه‌مانند در جلوی هسته می‌باشد
  - آنزیم‌های نفوذکننده به جداره‌های تخمک دارد ← لایهٔ ژله‌ای تخمک را تخریب می‌کند.
  - اطراف قسمتی از هسته را فراگرفته است.

ساختار
- **سر**
- **تنه**
  - همان قطعهٔ میانی است
  - میتوکندری زیاد برای تأمین ATP لازم برای حرکت اسپرم دارد.
  - واکنش‌های اکسایش پیروات، استیل، چرخهٔ کربس، تولید $FADH_2$، ATP اکسایشی و زنجیرهٔ انتقال الکترون در راکیزه‌های این قسمت رخ می‌دهد.
- **دم**
  - ساختار تاژک‌داری برای حرکت اسپرم به جلو می‌باشد که در بیضه ایجاد ولی در اپیدیدیم فعال و متحرک می‌شود.



«ساختار اسپرم انسان»

ترتیب تمایز اسپرماتید به اسپرم
جدا شدن اسپرماتیدها ← تاژک‌دار شدن اسپرماتیدها ← از دست رفتن مقدار زیادی از سیتوپلاسم ← فشرده شدن هسته ← کشیده شدن یاخته

در مراحل اسپرم‌سازی، فقط اسپرم‌های بالغ هستند که بدون تقسیم سیتوپلاسم از یاختهٔ اسپرماتید قبلی خود ایجاد می‌شوند.

یاختهٔ سرتولی
- در دیوارهٔ لولهٔ اسپرم‌ساز و جدا از یاخته‌های مسیر ساخت اسپرم بوده ولی تحت تأثیر FSH هیپوفیز، ترشحاتی دارد که سبب تمایز اسپرم‌ها می‌شود.
- در همهٔ مراحل اسپرم‌سازی، پشتیبانی، تغذیهٔ یاخته‌های جنسی و **بیگانه‌خواری** باکتری‌ها نقش دارد.
- دیپلوئید می‌باشند ← پیک شیمیایی کوتاه‌برد ترشح می‌کنند ← در تمایز اسپرم‌ها و همهٔ مراحل اسپرم‌زایی نقش دارند.

اندام‌های ضمیمه (کمکی)
مجرای اپیدیدیم (*دو عدد*) ← مجرای اسپرم‌بر (*دو عدد*) ← مجرای میزراه (*یک عدد*) ← غدد وزیکول سمینال (*دو عدد*) ← غدهٔ پروستات (*یک عدد*) ← غدد پیازی میزراهی (*دو عدد*)

مایع منی
- مجموع ترشحات غدد وزیکول سمینال، پروستات و پیازی میزراهی به همراه اسپرم‌ها می‌باشد.
- اسپرم‌ها را از طریق میزراه به بیرون از بدن منتقل می‌کند.
- تمام ترشحات مختلف آن در میزراه مشترک می‌شوند.

اندام‌های ضمیمه (کمکی)

مجرای اپیدیدیم (برخاگ)
- درون کیسهٔ بیضه و روی هر بیضه می‌باشد (*خارج بیضه و خارج شکمی می‌باشد*).
- لولهٔ پیچیده و طویل برای خروج اسپرم‌های هر بیضه می‌باشد.
- اسپرم‌های درون آن ابتدا قدرت حرکت ندارند ← بعد از حداقل ۱۸ ساعت ← متحرک می‌شوند.
- ترشحاتی به صورت پیک شیمیایی کوتاه‌برد دارند که تازک اسپرم‌ها را به صورت فعال درآورده و اسپرم‌ها را متحرک می‌کند.
- اسپرم‌هایی با قدرت حرکت متفاوت می‌باشند.

مجرای اسپرم‌بر
- اسپرم‌های درون اپیدیدیم را گرفته و از کیسهٔ بیضه خارج می‌کند.
- لولهٔ طویلی است که برای عبور از کنار و پشت مثانه وارد محوطهٔ شکمی می‌شود.
- مایع غدد وزیکول سمینال به درون آن می‌ریزد.

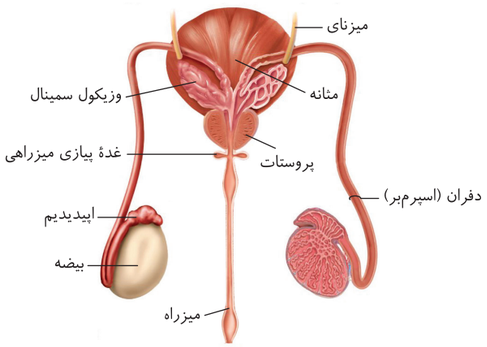
غدد وزیکول سمینال
- در کنار و پشت مثانه است ← اسپرم از درون آن عبور نمی‌کند.
- مایع غنی از فروکتوز را وارد لولهٔ اسپرم‌بر می‌کند ← اولین غدد ترشح‌کنندهٔ مایع همراه اسپرم در منی می‌باشد.
- فروکتوز آن انرژی لازم برای فعالیت اسپرم را تأمین می‌کند.

غدهٔ پروستات
- یک عدد در **زیر** مثانه می‌باشد ← درون آن دو مجرای اسپرم‌بر به میزراه خروجی از مثانه متصل می‌شوند.
- به اندازهٔ گردو با حالتی اسفنجی می‌باشد ← مجاری حاوی اسپرم از آن عبور می‌کند.
- ترشح مایع شیری‌رنگ قلیایی برای خنثی کردن اسید مسیر عبور اسپرم تا تخمک دارد ← *pH* میزراه مرد، واژن، گردن رحم و لولهٔ رحم را تنظیم می‌کند.
- مجاری ادرار و اسپرم در آن یکی می‌شوند.

غدد پیازی میزراهی
- یک جفت بوده ← به دو طرف میزراه متصل می‌شود ← اسپرم از آن‌ها عبور نمی‌کند.
- به اندازهٔ نخودفرنگی است ← در زیر پروستات می‌باشند.
- ترشحات قلیایی روان‌کننده‌ای برای مجرای تناسلی ادراری مرد دارد.

میزراه
- مجرای مشترک خروج ادرار و اسپرم می‌باشد.
- در زیر غدد پیازی میزراهی، دارای برآمدگی می‌باشد.
- در محل اتصال خود به مثانه، بندارهٔ داخلی با ماهیچهٔ صاف برای انتقال ادرار از مثانه به درون خود دارد.
- در انتهای منفذ خروج ادرار و اسپرم، یک برآمدگی حاوی بندارهای با ماهیچهٔ مخطط ارادی دارد.

مسیر عبور اسپرم
بیضه‌ها ← اپیدیدیم ← اسپرم‌بر ← پروستات ← میزراه



«مسیر عبور اسپرم (از نمای پشتی مثانه)»

نقش هورمون‌ها در تنظیم فعالیت دستگاه تناسلی مرد

- هیپوتالاموس همراه هورمون‌های آزاد و مهارکننده روی فعالیت آن نقش دارند.
- هیپوفیز پیشین یا ترشح هورمون‌های محرک جنسی (*FSH* و *LH*)، به‌طور **مستقیم** روی فعالیت آن نقش دارد ← وجود آن‌ها برای فعالیت این دستگاه ضروری است.
- *FSH* روی یاخته‌های سرتولی و *LH* روی یاخته‌های بینابینی اثر دارند.

هیپوتالاموس ← هورمون آزادکننده ← هیپوفیز پیشین ← *FSH* ← اثر روی یاخته‌های سرتولی دیوارهٔ لولهٔ اسپرم‌ساز ← ترشحات سرتولی سبب تسهیل تولید و تمایز اسپرم‌های درون لولهٔ اسپرم‌ساز می‌شود.

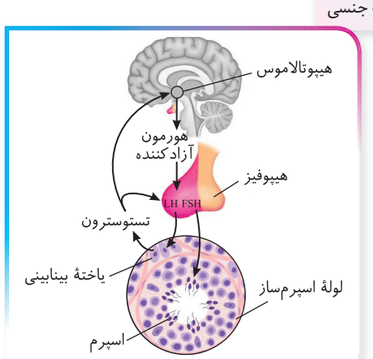
هیپوتالاموس ← هورمون آزادکننده ← هیپوفیز پیشین ← *LH* ← اثر روی یاخته‌های بینابینی لوله‌های اسپرم‌ساز ← ترشح هورمون جنسی تستوسترون به خون ← صفات ثانویهٔ جنسی:
- تحریک رشد اندام‌های جنسی و اسپرم‌زایی
- رشد ماهیچه‌ها و استخوان
- بم شدن صدا
- روییدن مو در صورت و سایر نواحی

- تنظیم میزان ترشح هورمون‌های محرک جنسی و تستوسترون با بازخوردی (*خودتنظیمی*) منفی صورت می‌گیرد.
- تستوسترون برای خودتنظیمی (*بازخوردی*) منفی و تنظیم خود، روی هیپوفیز پیشین و هیپوتالاموس اثر می‌گذارد و گیرنده دارد.

پیک‌های شیمیایی دستگاه تناسلی مرد

پیک کوتاه‌برد
- ترشحات سرتولی ← برای تمایز و تولید اسپرم‌ها
- ترشحات اپیدیدیم ← برای متحرک کردن تازک اسپرم‌ها

پیک دوربرد
تستوسترون بیضه ← وارد خون می‌شود ← صفات ثانویهٔ جنسی می‌دهد (*رشد استخوان، ماهیچه و ...*).
در تولید اسپرم و رشد اندام‌های جنسی مؤثر است.



«تنظیم فعالیت دستگاه تولیدمثل در مرد»

گفتار ۲

دستگاه تولیدمثلی در زنان

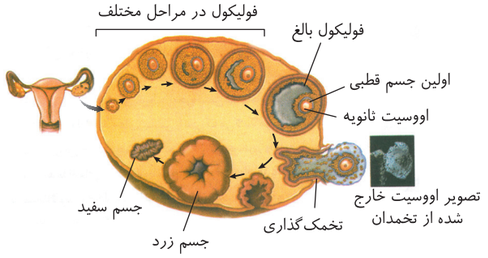
وظایف

- تولید یاختهٔ جنسی ماده ← میوز ۱ در تخمدان ولی گامت (*تخمک*) در اثر میوز ۲ در لولهٔ رحم تشکیل می‌شود (*میوز ۲، فقط در صورت وجود اسپرم انجام می‌شود*).
- انتقال یاختهٔ جنسی ماده به سمت رحم ← از طریق لولهٔ رحم و به کمک انقباضات ماهیچه و عمل مژک‌ها و زوائد صورت می‌گیرد.
- ایجاد شرایط مناسب برای لقاح اسپرم و تخمک ← لقاح و تشکیل زیگوت در اواسط لولهٔ رحم صورت می‌گیرد.
- حفاظت و تغذیهٔ جنین در صورت تشکیل ← وظیفهٔ رحم می‌باشد که با تشکیل جفت کامل می‌شود.
- تولید هورمون‌های جنسی زنانه ← از تخمدان ترشح می‌شوند و همان استروژن و پروژسترون بوده که تحت کنترل هورمون‌های محرک جنسی *FSH* و *LH* هیپوفیز پیشین می‌باشد.

اجزای دستگاه

تخمدان‌ها

- دو عدد غدهٔ جنسی ماده درون حفرهٔ شکمی هستند که با طنابی **پیوندی عضلانی** به دیوارهٔ خارجی قسمت بالایی رحم متصلند.
- هرکدام در دوران نوزادی حدود یک میلیون فولیکول دارد که درون هرکدام، یک اووسیت اولیه متوقف شده در مرحلهٔ پروفاز ۱ وجود دارد.
- هر فولیکول تخمدان، حاوی یک اووسیت اولیه میوز دهنده و تعدادی یاختهٔ پیکری مغذی و هورمون‌ساز می‌باشد.
- از شروع دوران بلوغ، چرخهٔ جنسی ۲۸ روزه تحت تأثیر مستقیم *FSH* و *LH* را آغاز می‌کنند.
- پس از تولد به دلایل نامعلومی تعداد **زیادی** از فولیکول‌های تخمدان از بین می‌روند.
- تقسیم میوز ۱، تولید جسم قطبی اول، اووسیت ثانویه و تولید هورمون‌های استروژن و پروژسترون توسط آن‌ها صورت می‌گیرد.
- فولیکول بالغ آن، میوز ۱ را به پایان رسانده و حاوی اووسیت ثانویه و یک جسم قطبی اول می‌باشد.



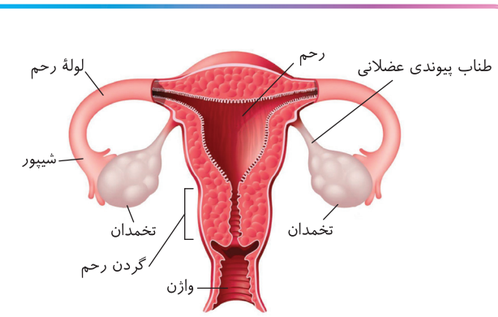
«تخمدان و تغییرات آن در دورهٔ جنسی»

رحم

- اندامی از ماهیچهٔ صاف به شکل گلابی و کیسه‌مانند می‌باشد که فاقد مژک است.
- دیوارهٔ داخلی آن یا آندومتر در دوران قاعدگی و بارداری دچار تغییرات می‌شود.
- جنین را درون یکی از حفرات دیوارهٔ داخلی خود رشد و نمو می‌دهد.
- بخش پهن و بالای آن از دو طرف به دوتا لولهٔ رحم متصل می‌باشد.

لولهٔ رحم

- همان لوله‌های فالوپ هستند که میوز ۲ و تولید گامت ماده به همراه لقاح در آن صورت می‌گیرد.
- انتهای آن‌ها به سمت تخمدان، دارای زوائد انگشت‌مانند بوده و حالت شیپوری برای گرفتن اووسیت ثانویه از تخمدان می‌باشد.
- بافت پوششی داخل لوله‌های رحم، مخاطی و مژک‌دار می‌باشد ← از این نظر مشابه داخل مجاری تنفسی است.
- زنش مژک‌های درون لولهٔ رحم، سبب حرکت اووسیت ثانویه و یا زیگوت به سمت رحم می‌شود.



«دستگاه تولیدمثل در زن»

گردن رحم

- بخش پایین رحم می‌باشد که بخشی از رحم بوده و باریک‌تر از قسمت‌های بالایی است.
- این قسمت از پایین به داخل واژن باز می‌شود.

واژن

- قسمتی از دستگاه تناسلی زن بوده که به سطح بدن راه دارد.
- اسپرم‌ها از طریق آن وارد بدن ماده می‌شوند.
- خروج خون قاعدگی و خروج جنین در زایمان طبیعی از آن صورت می‌گیرد.

دورهٔ جنسی در زنان

کلیات دوره‌های جنسی

عادت ماهیانه (قاعدگی)
- حدود ۷ روز اول دورهٔ ۲۸ روزهٔ جنسی می‌باشد. عادت ماهیانه یا قاعدگی، از شروع سن بلوغ (۹ تا ۱۱ سالگی) آغاز می‌شود.
- در قاعدگی دیوارهٔ داخلی رحم (*آندومتر*) همراه رگ‌های خونی، تخریب شده و از بدن خارج می‌شوند.
- عادت ماهیانه ابتدا به صورت نامنظم شروع شده و کم‌کم منظم می‌شود که نظم آن، مهم‌ترین شاخص کارکرد دستگاه تولیدمثلی زن می‌باشد.

یائسگی
- با توقف دوره‌های جنسی و عادت ماهیانه در حدود سنین ۴۵ تا ۵۰ سالگی رخ می‌دهد.
- علت آن از کار افتادن تخمدان‌هاست که زودتر از سایر دستگاه‌های بدن پیر می‌شوند.
- دورهٔ باروری را در زنان حدود ۳۰ تا ۳۵ سال می‌رساند.
- تغذیهٔ نامناسب، کار زیاد و سخت، فشار روحی و جسمی سبب یائسگی زودرس و کاهش دورهٔ باروری می‌شود.

انواع چرخهٔ جنسی

چرخهٔ تخمدانی
- زمان‌بندی بالغ شدن اووسیت‌ها را در تخمدان تنظیم می‌کند.
- تحت کنترل هورمون‌های مغزی است.

چرخهٔ رحمی
- رحم را برای بارداری آماده می‌کند.
- تحت کنترل هورمون‌های تخمدانی است.

تخمک‌زایی

- زمان‌بندی بالغ شدن اووسیت را در تخمدان و تحت کنترل هورمون‌های *FSH* و *LH* هیپوفیز پیشین انجام می‌دهد.

مراحل تخمک‌زایی

- هر تخمدان حاوی حدود یک میلیون فولیکول می‌باشد که هر فولیکول در دوران جنینی یک یاختهٔ دیپلوئید زاینده به نام اووگونی به همراه چند لایهٔ یاخته‌ای پیکری در اطراف آن دارد.
- اووگونی‌ها از دوران جنینی میتوز کرده و اووسیت اولیهٔ حاصل از آن، میوز ۱ خود را آغاز کرده و پس از شروع، در پروفاز ۱ و با تشکیل ۲۳ عدد تتراد متوقف می‌شوند.
- با شروع سن بلوغ، هر ماه، در یکی از فولیکول‌های یک تخمدان، اووسیت اولیه، میوز را ادامه می‌دهد.
- میوز ۱ درون تخمدان، در یک فولیکول تا تلوفاز ۱ در روز چهاردهم ادامه دارد و با تولید اووسیت ثانویه در فولیکول بالغ دوباره متوقف می‌شود.
- در طی تخمک‌سازی، توقف اول، در دوران جنینی آغاز شده و با شروع دورهٔ جنسی در یک فولیکول به پایان می‌رسد.
- توقف دوم در صورت وجود اسپرم پایان می‌یابد. در این حالت اووسیت ثانویه میوز ۲ را در لولهٔ رحم انجام می‌دهد و فرایند لقاح کامل می‌شود.
- اگر اسپرم به اووسیت ثانویه برخورد نکند، این یاخته همراه با خونریزی عادت ماهیانهٔ بعدی از رحم خارج می‌شود.

اووگونی

میتوز در تخمدان در دوران جنینی:
- اووگونی (*لایهٔ زاینده*) ← میتوز
- اووسیت اولیهٔ $2n$ ← (شروع میوز در تخمدان جنین) توقف در پروفاز ۱ ← (ادامهٔ میوز ۱ در تخمدان با شروع بلوغ) تقسیم سیتوپلاسم نامساوی
  - اووسیت ثانویهٔ بزرگ ← (میوز ۲ در لولهٔ رحم در صورت برخورد با اسپرم (تقسیم سیتوپلاسم نامساوی)) تخمک (n) + دومین گویچهٔ قطبی
  - اولین گویچهٔ قطبی ← (میوز ۲ تقسیم سیتوپلاسم مساوی) دومین گویچهٔ قطبی + دومین گویچهٔ قطبی

گویچه‌های قطبی
- به‌طور طبیعی ۲۳ کروموزوم و سانترومر دارند.
- به ندرت با اسپرم لقاح می‌کنند.
- در صورت لقاح ← میتوز کرده ← تودهٔ یاخته‌ای بی‌شکل می‌سازد ← پس از مدتی دفع می‌شود.

توقف‌های چرخهٔ تخمدانی

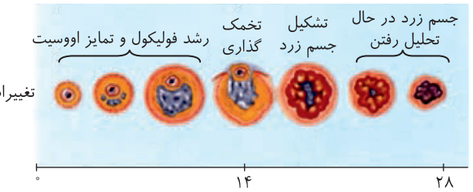
توقف اول
- از دوران جنینی با توقف در پروفاز ۱ شروع شده و در هر فولیکول تا دوران بلوغ و شروع دورهٔ جنسی آن ادامه دارد.

توقف دوم
- از پایان میوز ۱ و تولید اووسیت ثانویه در هر دورهٔ جنسی می‌باشد که تا برخورد اسپرم به آن برای انجام میوز ۲ در چند روز اتفاق می‌افتد.

چرخهٔ تخمدانی

هورمون‌های هیپوفیزی مؤثر

- ***FSH* (محرک فولیکولی)**: در ۱۴ روز اول دورهٔ جنسی با اثر بر یاخته‌های پیکری فولیکول رشد کرده تخمدانی، سبب رشد فولیکول و ادامهٔ میوز ۱ می‌شوند.
- ***LH* (محرک تخمک‌گذاری و رشد جسم زرد)**: علاوه بر پایان دادن به میوز ۱ و تخمک‌گذاری، در ۱۴ روز دوم دورهٔ جنسی با اثر بر جسم زرد تخمدان، سبب تولید استروژن و پروژسترون و برای اثر بر رحم می‌شوند.



وقایع ۱۴ روز اول (نیمهٔ فولیکولی)

- در ۷ روز اول آن بالا رفتن هورمون‌های *FSH* و *LH* ، سبب شروع رشد یک فولیکول در یک تخمدان می‌شود.
- در کل این دوران مقدار استروژن خون از پروژسترون بیشتر می‌باشد و یکی از فولیکول‌ها با رشد بیشتر، چرخهٔ دوران جنینی را ادامه می‌دهد.
- لایه‌های یاخته‌ای فولیکول، تکثیر و حجیم شده و تحت تأثیر *FSH*، هورمون استروژن را به خون ترشح می‌کنند.
- میوز ۱ در تخمدان ادامه یافته و کامل می‌شود و سبب ایجاد اووسیت ثانویه هاپلوئید بزرگ و یک جسم قطبی اولیه هاپلوئید کوچک می‌شود.
- هرچه رشد فولیکول آن افزایش می‌یابد، تولید هورمون استروژن نیز افزایش می‌یابد.

وقایع وسط دورهٔ جنسی

- در اثر خودتنظیمی **مثبت**، زیاد شدن استروژن سبب بالا رفتن *LH* شده و اووسیت ثانویه به همراه یاخته‌های فولیکولی و گویچهٔ قطبی اول از تخمدان وارد محوطهٔ شکمی می‌شود.
- فولیکول بالغ شده به دیوارهٔ تخمدان چسبیده و پس از تخمک‌گذاری، اووسیت ثانویه با حرکت زوائد انگشت‌مانند ابتدای لولهٔ رحم وارد این لوله می‌شود.
- در صورت برخورد اسپرم با اووسیت ثانویه، فرایند لقاح و میوز ۲ در لولهٔ رحم آغاز می‌شود.
- ابتدا استروژن و سپس *FSH* و *LH* در روز ۱۴ به حداکثر مقدار خود در خون می‌رسند.
- اووسیت ثانویه همراه با تعدادی یاختهٔ پیکری فولیکولی به لولهٔ رحم می‌رسد که به تغذیه و محافظت از اووسیت می‌پردازند.

وقایع ۱۴ روز دوم (نیمهٔ لوتئالی)

- به باقی‌ماندهٔ تودهٔ یاخته‌ای فولیکولی در تخمدان که اووسیت ثانویه خود را آزاد کرده است، جسم زرد می‌گویند.
- جسم زرد تحت تأثیر هورمون *LH*، فعالیت ترشحی خود را با آزاد کردن استروژن و پروژسترون به خون انجام می‌دهد.
- در صورت بارداری، جسم زرد تا مدتی به فعالیت خود ادامه داده و در صورت عدم بارداری، پس از چند روز به جسم غیرفعال سفید تبدیل شده و استروژن و پروژسترون کاهش می‌یابد که در انتهای دوره سبب عادت ماهیانه و دورهٔ جنسی جدید می‌شود.
- رشد جسم زرد و مقدار پروژسترون خون در اواسط این دوره به حداکثر می‌رسد.
- در این دوره هورمون‌های جنسی بالا با بازخورد منفی سبب کاهش *FSH* و *LH* شده ← مانع رشد فولیکول جدید در تخمدان می‌شود.

چرخهٔ رحمی

۷ روز اول (قاعدگی)

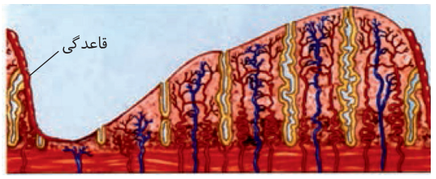
- قاعدگی یا عادت ماهیانه رخ می‌دهد ← جدار داخلی پوششی رحم (*آندومتر*) به همراه رگ‌های خونی تخریب شده و از واژن خارج می‌شوند.
- استروژن و پروژسترون کم می‌باشند ← رحم قدرت نگهداری جدار داخلی خود را ندارد و آندومتر آن متلاشی می‌شود.
- *FSH* و *LH* رو به افزایش هستند ← با خودتنظیمی منفی رخ می‌دهد.
- مقدار چین‌خوردگی‌ها، حفرات و اندوختهٔ خونی رحم کاهش می‌یابد.

۷ روز دوم

- فقط تحت اثر **استروژن** دیوارهٔ داخلی رحم رشد می‌کند ← بیشترین سرعت رشد رحم در این روزها دیده می‌شود.
- چین‌خوردگی‌ها، حفرات و اندوختهٔ خونی زیادی ایجاد می‌شود.

۱۴ روز دوم

- رشد و نمو دیوارهٔ داخلی رحم تا حدود روز ۲۶ ادامه می‌یابد ← در صورت لقاح، این رشد باز هم بیشتر شده و در صورت عدم لقاح، شروع به کاهش رشد می‌کند.
- چند روز پس از ادامهٔ نیمهٔ دوم دوره، سرعت رشد جدار داخلی رحم کم شده ولی فعالیت ترشحی آن افزایش می‌یابد تا آمادهٔ پذیرش جنین اولیه شود.
- در صورت لقاح، یاخته‌های جنینی در **یکی** از فرورفتگی‌های جدار رحم جایگزین می‌شود و با مادر رابطهٔ خونی پیدا می‌کند.
- در صورت عدم لقاح، اووسیت ثانویه و گویچهٔ قطبی اول بدون جایگزینی دفع می‌شود.

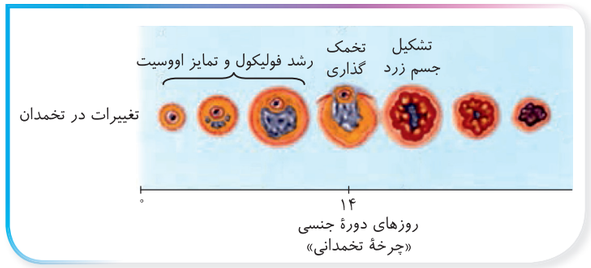


تنظیمات هورمونی دستگاه تولیدمثلی زن

- هورمون‌های آزادکنندهٔ هیپوتالاموسی، محرک جنسی *FSH* و *LH* از غدهٔ هیپوفیز پیشین به همراه هورمون‌های جنسی استروژن و پروژسترون تخمدان در تنظیم دوره‌های جنسی مؤثرند.
- تنظیم هورمون‌های مؤثر در دوره‌های جنسی توسط مکانیسم بازخوردی (*خودتنظیمی*) و **اغلب** با بازخوردی منفی صورت می‌گیرد (*فقط در روزهای ۱۳ و ۱۴ دورهٔ جنسی بازخوردی مثبت است*).

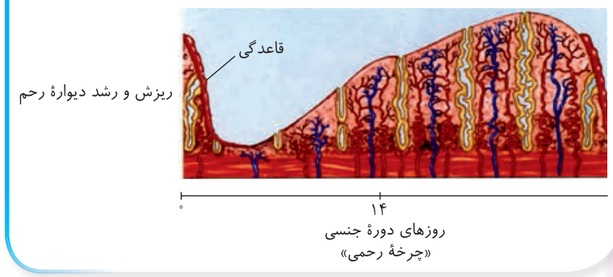
در روزهای قاعدگی (۷ روز ابتدای دوره)

- مقدار استروژن و پروژسترون خون کم است که علاوه بر ایجاد قاعدگی، با خودتنظیمی منفی سبب افزایش مقدار *FSH* و *LH* می‌شود.
- کمبود هورمون‌های جنسی با بازخوردی منفی سبب ایجاد پیام برای هیپوتالاموس و هیپوفیز در جهت تولید هورمون آزادکننده و محرک جنسی می‌شود.
- هورمون آزادکنندهٔ هیپوتالاموسی ← تحریک ترشح هورمون‌های محرک جنسی *FSH* و *LH* از هیپوفیز پیشین ← شروع رشد یکی از فولیکول‌های تخمدانی
- کمبود هورمون‌های جنسی سبب ریزش جدار داخلی رحم یا قاعدگی می‌شود ولی فولیکول تخمدان رشد کمی دارد.



در روزهای ۷ تا ۱۴ دورهٔ جنسی

- در ابتدا ترشح استروژن، کمی افزایش می‌یابد که این عمل با خودتنظیمی منفی سبب ممانعت از آزاد شدن *FSH* و *LH* می‌شود.
- در حدود انتهای این نیمه، افزایش ناگهانی استروژن، با خودتنظیمی مثبت سبب به حداکثر رسیدن *FSH* و *LH* در روز ۱۴ می‌شود.
- افزایش *FSH* و *LH* سبب تکمیل میوز ۱ در تخمدان و افزایش *LH*، عامل اصلی تخمک‌گذاری می‌شود.
- در روز ۱۴ با پایان میوز ۱، فولیکول بالغ در تخمدان ایجاد می‌شود.
- فولیکول بالغ حاوی یک اووسیت ثانویه و یک گویچهٔ قطبی اولیه می‌باشد که تعدادی یاختهٔ پیکری در اطراف آن‌هاست.



روزهای ۱۴ تا ۲۶

- به باقی‌مانده فولیکول در تخمدان، جسم زرد گفته می‌شود که فاقد اووسیت است.
- با رشد جسم زرد مقدار استروژن و پروژسترون بالا می‌رود که سبب کاهش *FSH* و *LH* با بازخوردی منفی و عدم رشد فولیکول دیگر در تخمدان می‌شود.
- در وسط دوره، جسم زرد رشد زیاد کرده و به کمک پروژسترون فعالیت ترشحی رحم زیاد می‌شود.
- مقدار زیاد استروژن و پروژسترون آزاد شده از جسم زرد تخمدان، سبب رشد بیشتر دیوارهٔ داخلی رحم و افزایش فعالیت ترشحی آن می‌شود تا آمادهٔ بارداری احتمالی شود.
- رشد رحم در روز ۲۴ تا ۲۶ تقریباً به حداکثر خود رسیده است ولی جسم زرد در صورت عدم باروری از وسط این نیمه تحلیل می‌رود.

روزهای ۲۶ تا ۲۸ (آخر دوره)

- جسم زرد تخمدان در صورت عدم باروری به جسم سفید تبدیل شده و تولید هورمون‌های جنسی کاهش می‌یابد.
- مقدار هورمون‌های جنسی بسیار کم می‌شود.
- مقدار هورمون‌های *FSH* و *LH* با سیستم بازخوردی منفی افزایش می‌یابد.
- کاهش هورمون‌های جنسی سبب کاهش استحکام دیوارهٔ داخلی رحم شده و چند روز بعد با پاشیدگی آن، قاعدگی و دورهٔ جنسی بعد آغاز می‌شود.

مقایسهٔ مقدار و اثر هورمون‌ها

روزهای دوره	بازخورد	استروژن و پروژسترون
۱ تا ۷	منفی	استروژن > پروژسترون
۷ تا ۱۴	منفی و مثبت	استروژن > پروژسترون
۱۵ تا ۲۷	منفی	پروژسترون > استروژن
۲۶ تا ۲۸	منفی	هر دو کم می‌شوند.

اثر هورمون‌ها

FSH و LH

- *FSH* در نیمهٔ اول روی رشد فولیکول مؤثر است.
- *LH* در نیمهٔ دوم روی رشد جسم زرد مؤثر است و عامل اصلی تخمک‌گذاری در روز ۱۴ است.

استروژن و پروژسترون

- در نیمهٔ اول و دوم روی رشد رحم مؤثر است.
- در نیمهٔ دوم روی رشد و ترشحات رحم مؤثر است.

ترتیب به حداکثر رسیدن مقدار هورمون‌ها

استروژن (*روز ۱۳*) ← *FSH* و *LH* (*روز ۱۴*) ← پروژسترون (*روز ۲۱*)

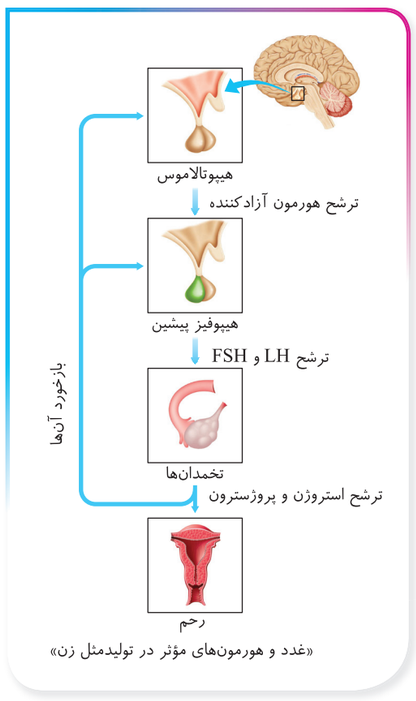
استروژن و پروژسترون

در زنان

- در تخمدان ← تحت تأثیر هورمون‌های محرک جنسی تولید می‌شوند.
- در قشر غدد فوق‌کلیه ← تحت تأثیر هورمون محرک فوق‌کلیوی تولید می‌شوند.

در مردان

- در قشر غدد فوق‌کلیه ← تحت تأثیر هورمون محرک فوق‌کلیوی تولید می‌شوند.



گفتار ۳

رشد و نمو جنین

مراحل رشد انسان: تخم ← جنین ← نوزاد ← قبل از بلوغ ← بلوغ ← مسن ← مرگ!!

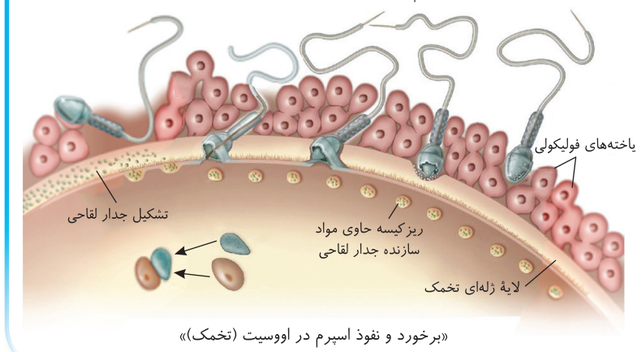
لقاح

- فرایند لقاح با برخورد غشای یک اسپرم به غشای اووسیت ثانویه موجود در لولهٔ رحم آغاز می‌شود.
- اووسیت ثانویه آزاد شده از تخمدان ← از شیپور فالوپ وارد لولهٔ رحم می‌شود ← با حرکات زوائد انگشت‌مانند، انقباض دیواره و زنش مژک‌های لولهٔ رحم ← به سمت رحم حرکت می‌کند.
- مایع منی، میلیون‌ها اسپرم را وارد رحم کرده ولی فقط **تعداد کمی** از آن‌ها در لولهٔ رحم به اووسیت ثانویه می‌رسند و یکی از آن‌ها می‌تواند لقاح کند.
- اووسیت ثانویه در لایهٔ خارجی خود باقی‌ماندهٔ یاخته‌های فولیکولی دیپلوئید تخمدان و در لایهٔ داخلی خود لایهٔ شفاف ژله‌ای دارد.
- کیسهٔ آکروزوم سر اسپرم در حین عبور از لایهٔ **خارجی** اووسیت (*یاخته‌های فولیکولی*) پاره شده و آنزیم‌های آن لایهٔ **داخلی** ژله‌ای اووسیت را هضم می‌کند. (*لایهٔ داخلی ساختاری یاخته‌ای ندارد.*)

بعد از تماس غشای اسپرم و اووسیت ثانویه ← ادغام دو غشای دو یاخته و ورود هستهٔ اسپرم به اووسیت ← تغییرات در سطح درونی اووسیت ← تجمع و اگزوسیتوز مواد ریزکیسه‌های اووسیت که حاوی مواد سازندهٔ جدار لقاحی می‌باشند. ← تشکیل جدار لقاحی در اطراف غشای اووسیت ثانویه با اگزوسیتوز ریزکیسه‌ها ← ممانعت از ورود سایر اسپرم‌ها

تشکیل یاختهٔ تخم از هستهٔ دو گامت و سیتوپلاسم تخمک ← مخلوط شدن دو ردیف کروموزوم‌های اسپرم و تخمک ← ادغام شدن پوشش هستهٔ اسپرم و تخمک ← شروع تقسیم میوز ۲ در اووسیت و ایجاد تخمک ← ورود هستهٔ اسپرم به سیتوپلاسم اووسیت ثانویه

- تعدادی اسپرم می‌توانند از لایه‌های خارجی اووسیت عبور کنند ولی فقط یک اسپرم از لایهٔ داخلی رد می‌شود.



«برخورد و نفوذ اسپرم در اووسیت (تخمک)»

وقایع پس از لقاح

۳۶ ساعت پس از لقاح (*حدود روز ۱۶ دورهٔ جنسی*)، اولین میتوز تخم در لولهٔ رحم آغاز شده و به تدریج **تودهٔ یاخته‌ای توپری** به اندازهٔ یاختهٔ تخم به نام مورولا در لولهٔ رحم ایجاد می‌کند.
میتوز در لولهٔ فالوپ بدون رشد حجمی یاخته‌ها صورت می‌گیرد و ابتدا دویاخته‌ای، بعد چهاریاخته‌ای و سپس تودهٔ توپر مورولا چندیاخته‌ای می‌شود.
مورولا حاوی یاخته‌های بنیادی جنینی می‌باشد که قادر است به همهٔ بافت‌های جنینی و پرده‌های خارج جنینی تبدیل شود.
تودهٔ توپر مورولا پس از رسیدن به رحم به شکل کرهٔ **توخالی** و پر از مایعات به نام بلاستوسیست (*بلاستولا*) می‌شود. ← در هنگام تشکیل بلاستوسیست، جدار لقاحی پاره می‌شود.
در مراحل مورولا و بلاستولا، سرعت تقسیم یاخته و تعداد نقاط آغاز همانندسازی یاخته‌ها زیاد می‌شود.
اندوختهٔ غذایی تخمک، تا چند روز سبب تغذیهٔ یاخته‌های حاصله می‌شود.

اجزای بلاستوسیست

- تروفوبلاست ← یک لایهٔ یاختهٔ بیرونی دور تا دور می‌باشد ← با تکثیر خود ← تولید برون‌شامهٔ جنین یا پردهٔ کوریون می‌کند ← کوریون به همراه آندومتر ← سبب تولید جفت می‌شود.
- تودهٔ یاخته‌ای درونی ← تجمع یاخته‌های درونی این توده می‌باشد ← حالت بنیادی تخصص نیافته دارند و توانایی تبدیل به یاخته‌ها، بافت‌ها و اندام‌های متفاوت جنینی را دارند
  لایه‌های زاینده، بافت‌ها و اندام‌های مختلف جنین را می‌سازند.
- تودهٔ یاخته‌ای درونی بلاستوسیست، قدرت تبدیل به پرده‌های خارج جنینی را ندارد.
- حفرهٔ درون بلاستوسیست ← حاوی مایعی در اطراف یاختهٔ درونی توده می‌باشد.

وظایف لایهٔ بیرونی بلاستوسیست (تروفوبلاست)

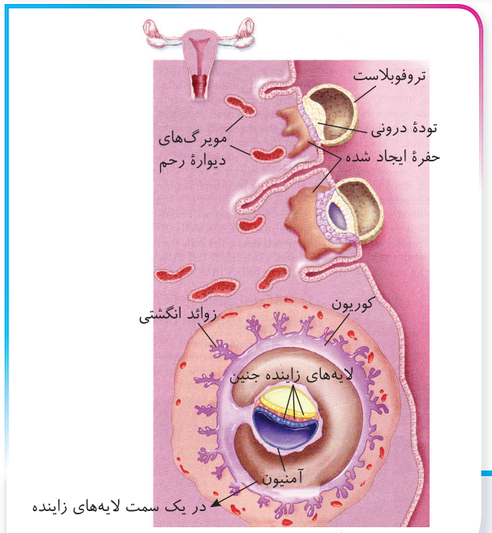
ترشح آنزیم‌های هضم‌کننده از آن ← تخریب یاخته‌های جدار رحم ← ایجاد حفره برای جایگزینی جنین (*بلاستوسیست*) در جدار رحم ← فرایند جایگزینی جنین در رحم
مواد مغذی مورد نیاز یاخته‌های جنینی ابتدا از بافت‌های تخریب شدهٔ آندومتر مادر فراهم می‌شود.

منشأ پرده‌های محافظت‌کننده در اطراف جنین می‌شود

مهم‌ترین پرده‌های محافظت‌کننده

برون‌شامهٔ جنین (*کوریون*)
- در تشکیل جفت و بند ناف نقش دارد و زوائد انگشتی به سمت آندومتر مادر دارد.
- خارجی‌ترین پردهٔ جنینی و چسبیده به رحم مادر می‌باشد.
- مانع مخلوط شدن خون مادر و جنین می‌شود ولی مواد را مبادله می‌کند.
  - هورمون *HCG* ترشح می‌کنند ← وارد خون مادر می‌شوند
    - اساس تست‌های بارداری می‌باشد.
    - سبب حفظ جسم زرد می‌شود ← تداوم ترشح هورمون پروژسترون از جسم زرد را سبب می‌شود.
    - وجود *HCG* و پروژسترون از قاعدگی و تخمک‌گذاری مجدد مادر در دوران بارداری ممانعت می‌کند.

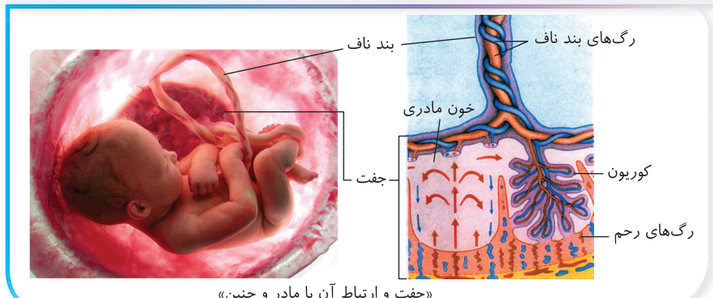
برون‌شامهٔ جنین (*آمنیون*)
- به لایه‌های زایندهٔ جنینی نزدیک می‌باشد ولی ابتدا در یک سمت آن قرار دارد.
- در حفاظت و تغذیهٔ جنین نقش دارد.



«جایگزینی جنین در رحم»

جفت و بند ناف

- جفت در اثر ادغام کوریون و جدار داخلی رحم از هفتهٔ دوم جنینی تمایز آن شروع شده و تا هفتهٔ دهم ادامه دارد.
- بند ناف در بخش جنینی جفت ایجاد می‌شود که رابط بین جنین و جفت و حاوی دو سرخرگ تیره و یک سیاهرگ قطور روشن می‌باشد.
- جفت: رابط بند ناف و دیوارهٔ رحم است.
- بند ناف: رابط بین جنین و جفت است (*رحم مادر* ← *جفت* (*آندومتر - کوریون*) ← *بند ناف* ← *جنین*)
- دو سرخرگ بند ناف، خون تیره جنین را به جفت و یک سیاهرگ آن خون روشن مادر را از جفت به جنین می‌رساند.
- سیاهرگ بند ناف، مواد مغذی، اکسیژن و برخی پادتن‌ها را از راه جفت از مادر به جنین می‌رساند ← سبب تغذیه و محافظت جنین می‌شود.
- مواد دفعی جنین از دو سرخرگ بند ناف از راه جفت به بدن مادر می‌رسد.
- عوامل بیماری‌زا، نیکوتین، کوکائین، الکل و داروها نیز می‌توانند از مادر به جنین برسند ← روی رشد جنین تأثیر دارند.
- خون مادر و جنین، در جفت به دلیل وجود پردهٔ کوریون مخلوط نمی‌شود.
- هورمون *HCG* مترشحه از کوریون جنین ← خون مادر ← اثر بر جسم زرد تخمدان مادر ← تداوم ترشح پروژسترون ← حفظ جدار رحم مادر
- سیاهرگ بند ناف، همانند مویرگ کلافکی کلیه و سیاهرگ‌های ششی، خون روشن دارد.



«جفت و ارتباط آن با مادر و جنین»

تشکیل بیش از یک جنین در بارداری

- اگر تودهٔ درونی بلاستوسیست در ابتدای دوران جنینی به دو یا چند قسمت تبدیل شوند ← بیش از یک جنین ایجاد می‌شود که همگی همسان و هم‌جنس می‌باشند ← اگر کاملاً از هم جدا نشوند ← به هم چسبیده متولد می‌شوند.
- دو یا چند قلوهای همسان در اثر لقاح یک اسپرم با یک تخمک بوده‌اند ← یک نوع جنسیت دارند
  - اگر از هم جدا شوند ← چندقلوهای جدا از هم همسان هستند.
  - اگر از هم جدا نشوند ← چندقلوهای به هم چسبیدهٔ همسان هستند.
- دوقلوهای غیرهمسان در اثر چند اسپرم و چند تخمک ایجاد می‌شوند
  - شباهت و تفاوت چندقلوهای ناهمسان همانند سایر فرزندان خانواده می‌باشد ← جنسیت آن‌ها می‌تواند یکسان یا متفاوت باشد.
  - در این حالت، تخمدان‌های مادر در یک دورهٔ جنسی، بیش از یک اووسیت ثانویه آزاد کرده‌اند.

تشکیل اندام‌های جنینی

سه ماههٔ اول

هفتهٔ اول
- جنسیت جنین در بدو تشکیل یاختهٔ تخم، با آزمایش کروموزومی مشخص می‌شود که *XX* است یا *XY*!
- تقسیم میتوز در لولهٔ رحم و ایجاد مورولا ← تولید بلاستوسیست در رحم
  - تولید تروفوبلاست و تودهٔ یاخته‌ای درونی بلاستوسیستی
  - شروع جایگزینی در رحم

هفتهٔ دوم
- تشکیل لایهٔ زایندهٔ جنینی در تودهٔ یاختهٔ درونی بلاستوسیست ← تولید کوریون
  - شروع تولید هورمون *HCG*
  - شروع تشکیل و تمایز جفت
- شروع تمایز جفت و ایجاد لایهٔ زایندهٔ جنینی هم‌زمان و پس از جایگزینی می‌باشد.

وقایع ماه اول ←

هفتهٔ بعد
- شروع نمو رگ‌های خونی
- شروع نمو روده

تا انتهای ماه اول
- تولید جوانهٔ دست و پا، پس از نمو روده
- شروع به تشکیل شدن اندام‌های اصلی بدن (*شروع نمو اندام‌ها*)
- شروع ضربان قلب ← هنوز قلب شکل نگرفته است ولی ضربانات آن آغاز شده است.

ماه دوم جنینی
- همهٔ اندام‌های بدن مشخص می‌شوند.

انتهای ماه سوم
- اندام‌های جنسی مشخص شده‌اند ← با سونوگرافی جنسیت جنین مشخص می‌شود.
- جنین دارای ویژگی‌های بدنی قابل تشخیص شده است.

سه ماههٔ دوم و سوم
- جنین به سرعت **رشد** می‌کند ← اندام‌های آن شروع به عمل می‌کنند
  - برخی اندام‌ها مثل شش، بعد از تولد شروع به عمل می‌کنند.
  - در انتهای سه ماههٔ سوم ← جنین قادر به زندگی در خارج از بدن مادر است.

ناباروری
- در اثر عدم تولید اسپرم یا تخمک در برخی زنان یا مردان رخ می‌دهد.
- می‌تواند در اثر عدم لقاح موفق بین اسپرم و تخمک نیز رخ دهد.
- با روش‌ها و فناوری‌هایی می‌توان برخی از آن‌ها را برطرف کرد.

سونوگرافی (صوت‌نگاری)
- روشی تشخیصی با استفاده از امواج صوتی با فرکانس **بالا** می‌باشد.
- برخلاف اشعهٔ *X* رادیولوژی، امواج سونوگرافی برای جنین ضرری ندارد.
- امواج با کمک دستگاهی وارد بدن شده و **بازتاب** آن‌ها را به صورت نوار ویدئویی نشان می‌دهد.
- می‌تواند بارداری را در ماه اول تشخیص دهد.
- اندازه‌گیری ابعاد جنین برای تعیین سن، جنسیت جنین و سالم بودن جنین از لحاظ حرکتی و عملکردی برخی اندام‌ها (*از جمله قلب، در ماه دوم*) را نشان می‌دهد.
- ضربان قلب از هفتهٔ چهارم آغاز می‌شود ولی در ماه دوم، حرکات قلب با سونوگرافی، قابل مشاهده می‌باشد.

تولد – زایمان
- در زایمان طبیعی ابتدا سر جنین به سمت پایین فشار می‌آورد ← کیسهٔ آمنیون پاره می‌شود ← مایع آمنیوتیک یک مرتبه به بیرون از واژن رانده می‌شود ← نشانهٔ نزدیک بودن زایمان است.

نقش اساسی هورمون‌ها در زایمان
- اکسی‌توسین در هیپوتالاموس ساخته و در هیپوفیز پسین ذخیره می‌شود.
- اکسی‌توسین سبب تحریک ماهیچه‌های دیوارهٔ رحم شده ← سبب شروع انقباضات رحم شده ← به تدریج دفعات و شدت آن زیادتر می‌شود.
- با خودتنظیمی مثبت و تزریق پزشکان ← اکسی‌توسین در خون مادر زیادتر می‌شود ← افزایش انقباضات رحم
  - شروع دردهای زایمان
- دهانهٔ رحم با هر بار انقباض بیشتر باز می‌شود ← فشار سر جنین بیشتر می‌شود ← خروج نوزاد از رحم آسان‌تر و سریع‌تر می‌شود.
- در موقع زایمان ← ابتدا سر و سپس بقیهٔ بدن جنین خارج می‌شود ← سپس با ادامهٔ انقباضات رحم ← جفت و اجزای مرتبط با آن (*بند ناف*) خارج می‌شود.
- زایمان وقتی تمام می‌شود که علاوه بر جنین، جفت و سایر بخش‌های مرتبط با آن نیز خارج شوند.
- بعد از زایمان ← اکسی‌توسین، ماهیچه‌های صاف غدد شیری پستان را منقبض کرده ← خروج شیر از غدد شیری را آسان و سریع‌تر می‌کند.
- مکیدن نوزاد از نوک غدد شیری مادر ← خودتنظیمی مثبت
  - تولید اکسی‌توسین بیشتر در هیپوتالاموس و ترشح از هیپوفیز پسین به خون ← افزایش ترشح شیر از غدد شیری مادر
  - تولید و ترشح پرولاکتین بیشتر از هیپوفیز پیشین به خون ← تولید شیر بیشتر در غدد شیری مادر

- متخصصان زنان و زایمان برای پیش‌بینی تاریخ زایمان، ۲۸۴ روز را به زمان شروع آخرین قاعدگی اضافه می‌کنند.
- مدت زمان بارداری ۳۶ هفته یا حدود ۹ ماه می‌باشد.
- در زایمان غیرطبیعی (*سزارین*)، با عمل جراحی نوزاد خارج می‌شود ولی زیاد توصیه نمی‌شود.
- مادران باردار ممکن است تا پایان هفتهٔ چهارم بعد از لقاح، از بارداری خود مطلع نباشند.



تولیدمثل در جانوران

- اساس تولیدمثل جنسی همانند اساس حرکت در همهٔ جانوران مشابه است ولی چگونگی انجام، مراحل آن، حفاظت و تغذیهٔ جنین آن‌ها تفاوت‌هایی دارد.

لقاح خارجی

- در آبزیانی مثل ماهی‌ها، دوزیستان و بی‌مهرگان آبزی دیده می‌شود.
- تخمک دیوارهٔ چسبناک ژله‌ای دارد ← پس از لقاح، تخم‌ها را به هم می‌چسباند ← لایهٔ ژله‌ای تخمک آن‌ها
  - ابتدا محافظ جنین از عوامل نامساعد محیطی است.
  - سپس غذای اولیهٔ جنینی می‌باشد.
- برای افزایش احتمال برخورد گامت‌ها به هم ← والدین گامت‌های زیادی را هم‌زمان وارد آب می‌کنند.
- عواملی که سبب هم‌زمانی ترشح گامت‌های والدین در آب می‌شود
  - دمای محیط و طول روز
  - آزاد کردن مواد شیمیایی توسط والد نر یا ماده
  - بروز برخی رفتارها مثل رقص عروسی در ماهی‌ها

لقاح داخلی

- در جانوران خشکی‌زی و برخی آبزیان مثل سخت‌پوستان و برخی ماهی‌ها مثل کوسه‌ماهی دیده می‌شود.
- این لقاح نیازمند دستگاه‌های تولیدمثلی با اندام‌های تخصص یافتهٔ جنسی می‌باشد.
- اغلب تخم در بدن جانور ماده و پس از ورود اسپرم‌ها ایجاد می‌شود.

لقاح در اسبک‌ماهی

- تخمک‌ها از جانور ماده وارد حفره‌ای در بدن جنس نر می‌شوند.
- لقاح در جنس نر صورت گرفته ← جنس نر جنین‌ها را در بدن نگه می‌دارد ← پس از مراحل رشد و نمو ← نوزادان متولد می‌شوند.

- در این لقاح تعداد اسپرم‌ها زیاد ولی تعداد تخمک کم می‌باشد.

تولیدمثل جنسی خاص در جانورانی خاص

نرماده (هرمافرودیت)

- در کرم‌های پهن و حلقوی دیده می‌شود ← یک فرد هر دو نوع دستگاه تولیدمثلی نر و ماده را دارد.
- در کرم‌های پهن (*کرم کبد*)
  - هر فرد تخمک‌های خود را بارور می‌کند. ← هیچ گامتی از بدن آن‌ها خارج نمی‌شود.
  - از جلو به عقب بدن، رحم، تخمدان و بیضه‌ها قرار دارند.
- در کرم‌های حلقوی (*کرم خاکی*)
  - لقاح دوطرفی انجام می‌شود (*گلبول‌های حرکت دارند*).
  - اسپرم‌های هرکدام تخمک دیگری را بارور می‌کند ← فقط اسپرم‌ها از بدن خارج می‌شوند.
  - تخم‌ها در بدن هر کرم خاکی تشکیل می‌شود.





«هرمافرودیت»

بکرزایی

- نوعی تولیدمثل جنسی است که فرزند فقط از والد ماده ایجاد می‌شود ← فرد حاصل، صد درصد کروموزوم‌هایش را از والد ماده گرفته است.
- طی بکرزایی، تخمک، بدون لقاح وارد اینترفاز می‌شود و میتوز می‌کند.

زنبور عسل

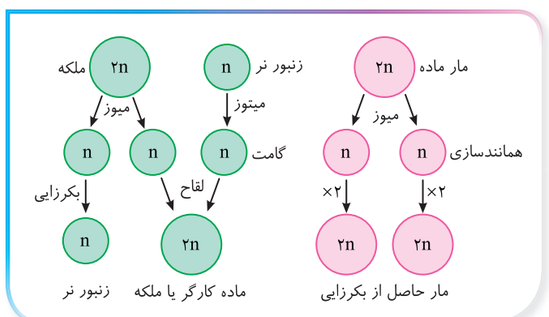
- تخمک‌ها در اثر میوز ملکه $2n$ ایجاد می‌شوند ← برخی تخمک‌ها با میتوز طی بکرزایی زنبور عسل نر هاپلوئید ایجاد می‌کنند.
- برخی تخمک‌ها با اسپرم (*حاصل از میتوز زنبور نر*) لقاح کرده و دوباره زنبور عسل ماده کارگر یا ملکه $2n$ می‌سازند.

زنبور عسل نر (n)

- حاصل بکرزایی است و با میتوز به تولید اسپرم می‌پردازد.
- در اثر لقاح ایجاد نشده است ← فقط یک ردیف یا مجموعهٔ کروموزوم دارد که با هم غیرهمتا می‌باشند.
- صد درصد ژن‌های هستهٔ خود را از نصف ژن‌های والد ماده گرفته است.

زنبور ماده (ملکه یا کارگر)

- حاصل لقاح از اسپرم و تخمک می‌باشند.
- کارگرها
  - قدرت لقاح و ایجاد تخمک ندارند (*نازا هستند*).
  - با رفتار دگرخواهی، نقش محافظت و تغذیه برای سایر تخم‌ها دارند.
- همهٔ ژن‌های والد نر خود را گرفته‌اند.
- نصف ژن‌های والد مادهٔ خود را گرفته‌اند.



در برخی مارها

- تخمک‌ها که محصول میوز هستند از روی کروموزوم‌های خود یک نسخه می‌سازند ← سپس با هم ترکیب شده ← تخم ایجاد می‌کنند.
- تخم حاصل از بکرزایی آن‌ها، در همهٔ صفات خالص می‌باشد ($AAbb$).

تغذیه و حفاظت جنین

در لقاح خارجی

- **تا چند روز بعد از لقاح**
  - در هر نوع لقاحی، همواره تغذیهٔ جنین چندیاخته‌ای از اندوختهٔ غذایی تخمک که حاوی مخلوطی از مواد مغذی است صورت می‌گیرد.
- **اندازهٔ تخمک و اندوختهٔ غذایی**
  - در جانوران مختلف بستگی به میزان اندوخته دارد.
  - در جانوران تخم‌گذار ← اندوختهٔ غذایی تخمک **زیاد** است ← در دوران جنینی بین مادر و جنین ارتباط غذایی وجود ندارد (*حشرات، پلاتی‌پوس، پرندگان و خزندگان*).
  - در پستانداران (*به‌جز پلاتی‌پوس*) ← ارتباط خونی بین مادر و جنین وجود دارد ← اندوختهٔ غذایی تخمک کم است.
  - در ماهی‌ها و دوزیستان ← دورهٔ جنینی کوتاه است ← اندوختهٔ غذایی تخمک کم است.
- **دیوارهٔ چسبناک ژله‌ای تخمک**
  - پس از لقاح، تخم‌ها را به هم می‌چسباند.
  - ابتدا محافظ جنین از عوامل نامساعد محیطی است.
  - سپس به عنوان غذای اولیه، مورد استفادهٔ جنین قرار می‌گیرد.

در جانوران تخم‌گذار

- همگی لقاح داخلی دارند.
- پوستهٔ ضخیم اطراف تخم نقش محافظتی دارد ← برای محافظت بیشتر
  - خزندگان ← تخم‌ها را با ماسه و خاک می‌پوشانند (*کلاک پشت‌ها*).
  - پرندگان ← روی تخم خود می‌خوابند.
  - پلاتی‌پوس پستاندار
    - تخم‌ها را در بدن نگه می‌دارد و چند روز مانده به تولد تخم‌گذاری می‌کند.
    - روی تخم‌ها می‌خوابند تا رشد و نمو نهایی یابند.

پستانداران کیسه‌دار (کانگورو)

- جنین در **رحم ابتدایی** مادر رشد و نمو را آغاز می‌کند.
- نوزاد **نارس** به دنیا آمده ← وارد کیسهٔ شکمی مادر شده ← ضمن حفاظت، از غدد شیری تغذیه کرده و رشد و نمو را **کامل** می‌کند.

پستانداران جفت‌دار

- جنین در **رحم کامل** مادر، رشد و نمو را آغاز می‌کند.
- از طریق **جفت** با خون مادر ارتباط غذایی کاملی دارد.
- پس از تولد از غدد شیری مادر تغذیه کرده تا زمانی که مستقل شوند.

- **گیاهان**
  - **بدون آوند**
    - **خزه‌گیان**
      - آوند، دانه، ریشه، ساقه و برگ ندارند.
      - گامت نر آن‌ها همانند اسپرم جانوران وسیلهٔ حرکتی دارد.
      - گامت نر آن‌ها در قطره‌های آب یا رطوبت سطح گیاه شنا کرده تا به گامت ماده برسد.
  - **آوندار**
    - **بدون دانه**
      - **سرخس‌ها**
        - گل، میوه و دانه ندارند.
        - نوعی از آن‌ها می‌تواند **آرسنیک** سمی را در خود جمع کند.
    - **دانه‌داران**
      - **بازدانگان**
        - گل ندارند.
        - دانه دارند.
      - **نهاندانگان (گل‌داران)**
        - **تک‌لپه‌ای‌ها**
          - مانند غلات (*گندم*، *جو* و *ذرت*) و پیاز می‌باشند.
          - ریشهٔ مغزدار دارند که مغز در بین آوندها محصور است.
          - دستجات آوندی متعدد روی دوایر متعدد در ساقه دارند.
          - در ساقهٔ آن‌ها حد بین پوست و استوانهٔ مرکزی نامشخص است.
          - ریشهٔ افشان و برگ لوله‌ای دارند.
          - دمبرگ و پهنک برگ ندارند.
          - در میانبرگ خود فقط پارانشیم اسفنجی دارند.
          - غلاف آوندی برگ آن‌ها کلروپلاست‌دار است.
          - دانهٔ رسیدهٔ آن‌ها آندوسپرم‌دار و حاوی یک لپهٔ نازک می‌باشد.
          - رویان دانهٔ آن‌ها مقدار فراوانی هورمون جیبرلین می‌سازد.
        - **دولپه‌ای‌ها**
          - مانند حبوبات (*لوبیا*، *نخود* و *عدس*) می‌باشند.
          - ریشهٔ آن‌ها فاقد مغز است ولی نسبت پوست زیادی دارد.
          - ساقهٔ مغزدار به همراه دستجات آوندی روی یک دایره دارند.
          - پهنک و دمبرگ دارند.
          - در میانبرگ خود به سمت روپوست زبرین پارانشیم نرده‌ای و به سمت روپوست زیرین، پارانشیم اسفنجی دارند.
          - غلاف آوندی آن‌ها معمولاً کلروپلاست ندارد.
          - ساقه و ریشهٔ آن‌ها پوست مشخص دارند.
          - برخی از آن‌ها کامبیوم و رشد پسین قطری دارند.
          - اغلب از گیاهان C_3 هستند.
          - دانهٔ رسیدهٔ آن‌ها فاقد آندوسپرم است.
          - دانهٔ رسیدهٔ آن‌ها دو لپهٔ قطور برای ذخیره و انتقال غذا به رویان دارد.
          - توسط برخی ترکیبات اکسینی از بین می‌روند.
        - **ویژگی مشترک و منحصر به‌فرد آن‌ها**
          - در برش عرضی ریشه، ساقه و برگ خود، سه سامانهٔ بافتی یا سه بخش پوششی، زمینه‌ای و آوندی دارند.
          - بیشترین گونهٔ گیاهی را دارند.
          - گل اندام زایشی آن‌هاست.
          - گامت نر و ماده را در مادگی ایجاد می‌کنند.
          - در کنار آوندهای آبکش، یاخته‌های همراه دارند.
          - سانتریول و گامت متحرک ندارند.
          - لقاح مضاعف و کیسهٔ رویانی دارند.
          - دانهٔ آن‌ها رویش روزمینی یا زیرزمینی دارند.
          - آوندهای چوبی تراکئیدی و عنصر آوندی دارند.

گفتار ۱

تولیدمثل غیرجنسی نهاندانگان (رویشی)

این تولیدمثل با استفاده از بخش‌های **رویشی**، مثل ساقه، ریشه و برگ صورت می‌گیرد.
در این تولیدمثل میوز نقشی ندارد و تنوع محصولات فقط در اثر جهش ایجاد شده است.

توسط بخش‌های تخصص نیافته برای تولیدمثل رویشی

ریشه
- **جوانه‌های** روی ریشهٔ درخت آلبالو
- در یک ریشهٔ آلبالو، جوانه‌هایی دارد ← از هر جوانه یک پایه و درخت جدید ایجاد می‌شود.

قلمه زدن
- قطعاتی از **ساقه** را در خاک یا آب قرار می‌دهند.
- هر قلمه باید جوانه‌ای برای تکثیر داشته باشد.

پیوند زدن
- پیوندک ← جوانه یا شاخه‌ای است که ویژگی مطلوب مثل میوهٔ خوب دارد.
- گیاه پایه
  - پیوندک را به آن پیوند می‌زنند.
  - مقاومت به بیماری‌ها و سازگاری به خشکی و شوری دارد.
- جوانه یا شاخه دارای ویژگی مطلوب (*پیوندک*) را به پایهٔ مقاوم وصل می‌کنند.

خوابانیدن
- بخشی از **ساقه** یا **شاخه** دارای **گره** را با خاک می‌پوشانند.
- از محل گرهٔ آن، ریشه و ساقهٔ برگ‌دار ایجاد می‌شود.
- گیاه جدید را به عنوان پایهٔ جدید از گیاه مادر جدا می‌کنند.

در قلمه زدن، پیوند زدن و خوابانیدن از اندام‌های هوایی برای رویش استفاده می‌کنند.

توسط انواع ساقه‌های تخصص یافته برای تولیدمثل رویشی

زمین‌ساقه (ریزوم)
- به صورت افقی **زیر خاک** رشد می‌کند.
- همانند ساقهٔ هوایی، جوانهٔ انتهایی و جانبی دارد.
- جوانهٔ انتهایی باعث رشد افقی در زیر خاک می‌شود.
- جوانه‌های جانبی سبب ایجاد پایه‌های جدید می‌شوند.
- زنبق گیاه علفی چندساله و دارای زمین‌ساقه می‌باشد.



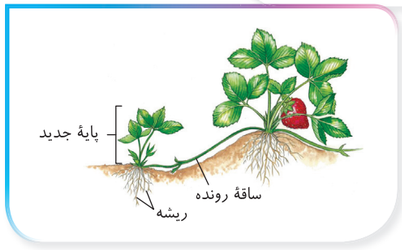
غده
- ساقهٔ زیرزمینی متورم و پر از ذخیرهٔ مواد غذایی می‌باشد.
- سیب‌زمینی از این نوع با جوانه‌های سطحی است.
- هر **جوانهٔ** سطحی روی غدهٔ سیب‌زمینی به یک **گیاه** تبدیل می‌شود.
- برای تکثیر، هر غده را به قطعه‌های جوانه‌دار تقسیم کرده و در خاک می‌کارند.



پیاز
- از دو قسمت ساقهٔ زیرزمینی **کوتاه تکمه**مانند و برگ‌های خوراکی متصل به آن تشکیل شده است.
- ساقه و برگ‌های خوراکی آن زیر خاک قرار دارند.
- پیاز خوراکی، نرگس و لاله از این گروه می‌باشند.
- دانه‌ای تک‌لپه با رویش **روزمینی** دارد.
- از هر پیاز، تعدادی پیاز کوچک تشکیل می‌شود ← هر **پیاز کوچک** خاستگاه **یک گیاه** می‌شود.



ساقهٔ رونده
- رشد افقی **روی خاک** دارد.
- در توت‌فرنگی دیده می‌شود ← در محل **گره‌ها** توت‌فرنگی‌های جدید ایجاد می‌شوند.



فن کشت‌بافت

برای تولید گیاهانی با ویژگی‌های مطلوب و به صورت انبوه در آزمایشگاه استفاده می‌شود.
از یاخته یا قطعات یاخته‌ای با قدرت میتوز (*مریستمی یا پرانشیمی*) در محیط کشت استفاده می‌شود.
محیط کشت کاملاً سترون و دارای مواد مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه است.
با تقسیم یاخته، ابتدا توده‌ای تمایز نیافتهٔ یاخته‌ای به نام **کال** ایجاد می‌شود.
کال، مریستمی است که می‌تواند ضمن تمایز به گیاهی تبدیل شود که ژن‌های یکسانی با گیاه مطلوب اولیه دارد.

گفتار ۲

گل

- اندام‌های نهاندانگان
  - اندام‌های رویشی ← ریشه، ساقه، برگ، دمبرگ، شاخه
  - اندام‌های زایشی ← گل، میوه، دانه
- ساختاری اختصاصی برای تولیدمثل جنسی ویژهٔ نهاندانگان است.
- اجزای آن روی بخشی **وسیع** به نام نهنج قرار دارند که ممکن است صاف، برآمده یا گرد باشد ← نهنج منشأ **میوهٔ کاذب مثل سیب** می‌باشد.

اجزا یا حلقه‌های گل کامل

کاسبرگ‌ها
- خارجی‌ترین حلقهٔ گل می‌باشد (*حلقهٔ اول*).
- اغلب سبز و سبزدیسه‌دار است.

گلبرگ‌ها
- به سمت داخل کاسبرگ است (*حلقهٔ دوم*).
- معمولاً به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود ← سبب جلب توجه جانوران گرده‌افشان می‌شود.
- در برخی گیاهان مثل آلبالو جدا از هم ولی در برخی مثل کدو به هم متصل می‌باشند.

پرچم‌ها
- حلقهٔ سوم می‌باشد که اندام جنسی نر هستند.
- دو قسمت دارد
  - بساک ← بخش پهن محل تولید گردهٔ نارس و رسیده می‌باشد.
  - میله ← پایه‌ای برای اتصال بساک به نهنج می‌باشد.
- گامت نر (*اسپرم*) در آن ایجاد نمی‌شود.

مادگی
- حلقهٔ چهارم یا داخلی‌ترین حلقهٔ گل می‌باشد که اندام جنسی مادهٔ گیاه است.
- محل تولید گامت نر (*اسپرم*) و گامت ماده (*تخم‌زا*) می‌باشد.
- از یک یا چند برچه تشکیل شده است.
- در مادگی‌های چندبرچه‌ای ممکن است در برخی مثل پرتقال فضای آن با دیوارهٔ برچه‌ها از هم جدا شده باشند.
- هر برچهٔ آن
  - واحد ساخت مادگی است.
  - اجزای هر برچه
    - کلاله ← بخش پهن بالای برچه برای گرفتن دانهٔ گرده است.
    - خامه
      - کلاله را به تخمدان متصل می‌کند.
      - لولهٔ گرده و اسپرم‌ها در آن ایجاد می‌شود.
    - تخمدان
      - بخش حجیم انتهای برچه است.
      - منشأ میوهٔ حقیقی مثل میوهٔ هلو می‌باشد.
      - تخمک‌ها در آن ایجاد می‌شوند.
      - محل لقاح گامت‌ها و تولید دانه می‌باشد.

انواع گل

بر حسب تعداد حلقه‌ها

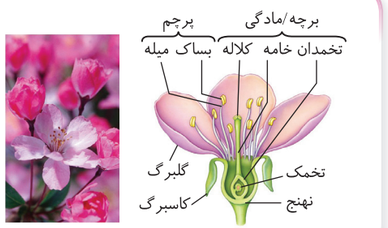
گل کامل
- هر چهار حلقه را دارد (*مثل آلبالو*).
- دوجنسی است و حاوی پرچم و مادگی می‌باشد.

گل ناکامل
- هر چهار حلقه را ندارد.
- می‌تواند تک‌جنسی یا دوجنسی باشد.

بر حسب انواع اندام جنسی

گل تک‌جنسی
- مثل گل کدو می‌باشد.
- یا پرچم و یا مادگی را به عنوان داخلی‌ترین حلقه دارد.
- گل کدو
  - کاسبرگ سبز و گلبرگ‌های متصل به هم زرد دارد.
  - گل نر
    - گامت نر و ماده ایجاد نمی‌کند.
    - گردهٔ نارس و رسیده تولید می‌کند.
    - پرچم داخلی‌ترین حلقهٔ آن است.
  - گل ماده
    - داخلی‌ترین حلقهٔ آن مادگی است.
    - گامت نر و ماده در آن ایجاد می‌شود.

گل دوجنسی
- مثل گل گیاه آلبالو است.
- هم پرچم و هم مادگی (*داخلی‌ترین حلقه*) دارد.
- ممکن است چهارحلقه‌ای کامل باشد.
- ممکن است ناکامل باشد و فاقد کاسبرگ یا گلبرگ یا هر دو باشد.



«گل در گیاه آلبالو»

انواع گامت نر (اسپرم) در گیاهان

حاوی وسیلهٔ حرکتی
- در خزه‌گیان و سرخس‌ها دیده می‌شود و تاژک دارد.
- در قطره‌های آب یا رطوبت سطح گیاه شنا می‌کند تا به گامت ماده برسد.
- نیازی به لولهٔ گرده برای رسیدن به گامت ماده ندارد.

فاقد وسیلهٔ حرکتی
- در گیاهان دانه‌دار و گل‌دار دیده می‌شود ← تاژک و وسیلهٔ حرکتی ندارند.
- پس از گرده‌افشانی و از میتوز یاختهٔ زایشی درون لولهٔ گرده ایجاد می‌شوند.
- برای لقاح و رسیدن به گامت ماده به آب سطحی نیازی ندارند.

مراحل تولید گردهٔ رسیده در پرچم گیاهان گل‌دار

هر بساک ← تعدادی کیسهٔ گرده دارد ← هر کیسهٔ گرده تعدادی یاختهٔ دیپلوئید (مثلاً Aa) مولد گرده دارد. ← هر یاختهٔ دیپلوئید (Aa) قدرت میوز دارد و ۴ گردهٔ نارس و سپس ۴ گردهٔ رسیده ایجاد می‌کند.

یاختهٔ $2n$

میوز ←
- گردهٔ نارس A ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای A
- گردهٔ نارس A ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای A
- گردهٔ نارس a ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای a
- گردهٔ نارس a ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای a

گرده‌های نارس

دانه‌های گردهٔ رسیده

هر چهار گردهٔ رسیده یک یاختهٔ کوچک زایشی و یک یاختهٔ بزرگ رویشی به همراه دو دیواره دارد.

شکفتن بساک و گرده‌افشانی

«گردهٔ رسیدهٔ نهاندانگان»
- دیوارهٔ خارجی گردهٔ رسیده: قطعاً منفذدار است. / ممکن است صاف یا دارای تزئینات باشد.
- دیوارهٔ داخلی صاف
- یاختهٔ هاپلوئید کوچک زایشی ← پس از گرده‌افشانی ← میتوز کرده ← دو اسپرم مشابه می‌سازد: یا هردو a / یا هردو A
- یاختهٔ هاپلوئید بزرگ رویشی ← با رویش خود و بدون میتوز، لولهٔ گرده را پس از گرده‌افشانی در کلاله و خامه ایجاد می‌کند.
- ژنوتیپ دو هستهٔ هاپلوئید درون هر گردهٔ رسیده قطعاً مشابه هم می‌باشد: یا هردو a هستند. / یا هردو A هستند.

مراحل تولید گامت ماده (تخم‌زا) و کیسهٔ رویانی در مادگی گل

تخمدان متورم هر برچه ← تعدادی تخمک دارد ← هر تخمک جوان
- دو پوسته یا پوشش دولایه‌ای دارد که یاخته‌های دیپلوئید دارد (مثلاً Aa).
- درون پوسته‌ها، بافتی به نام خورش با یاخته‌های دیپلوئید دارد (مثلاً Aa). ← در هر تخمک ← یکی از یاخته‌های بافت خورش (Aa)

بزرگ می‌شود و میوز می‌کند. ← چهار هستهٔ هاپلوئید به وجود می‌آورد. ← سه یاختهٔ هاپلوئید آن می‌میرد. / یاختهٔ بزرگ‌تر و داخلی‌تر هاپلوئید باقی می‌ماند (مثلاً A) ← یاختهٔ باقی‌مانده سه مرحله میتوز می‌کند ← یک کیسهٔ رویانی با ۸ هستهٔ هاپلوئید (A) در تخمک ایجاد می‌کند ← یکی از یاخته‌های تک‌هسته‌ای گامت ماده یا تخم‌زا می‌باشد (A). / یکی از یاخته‌ها دوهسته‌ای است که AA می‌باشد.

تخمک — یاختهٔ $2n$ از بافت خورش

چهار یاخته

یاختهٔ باقی‌مانده — سه یاخته در حال از بین رفتن

یاختهٔ دو هسته‌ای — تخم‌زا

گرده‌افشانی

- با شکفتن بساک و رها شدن گرده‌های رسیده صورت می‌گیرد.
- به انتقال گردهٔ رسیده از بساک به کلاله گرده‌افشانی می‌گویند.
- دانهٔ گردهٔ رسیده به وسیلهٔ باد، آب و جانوران در محیط پراکنده می‌شود یا در همان گل خودلقاحی می‌کند.

گرده‌افشان‌ها

- **جانورانی** هستند که گرده‌ها را از یک گل به گل دیگر می‌برند.
- پیکر آن‌ها هنگام تغذیه به دانه‌های گردهٔ رسیده آغشته می‌شود.
- رنگ‌های درخشان، بوهای قوی و شهد گل، عوامل محرک برای جلب توجه این جانوران می‌باشد.

زنبورهای عسل

- گل‌هایی که شهد آن‌ها قند فراوان دارند را می‌افشانند.
- گیرندهٔ فرابنفش در چشم مرکب خود دارند.
- پرتو فرابنفش بازتاب شده از گل‌ها را گرفته و به سوی آن‌ها می‌روند.
- اغلب زنبورهای کارگر ماده هستند که در اثر لقاح ایجاد شده‌اند ولی خود آن‌ها در لقاح شرکت نمی‌کنند.

خفاش‌ها

- پستاندارانی هستند که برخی رفتار دگرخواهی با گروه همکاری دارند.
- گل‌های سفیدی که در شب باز هستند را می‌افشانند.

گرده‌افشانی با باد

- مخصوص گیاهانی است که تعداد فراوانی گل کوچک دارند (*مانند بلوط*).
- فاقد رنگ‌های درخشان، بوهای قوی و شیره هستند.

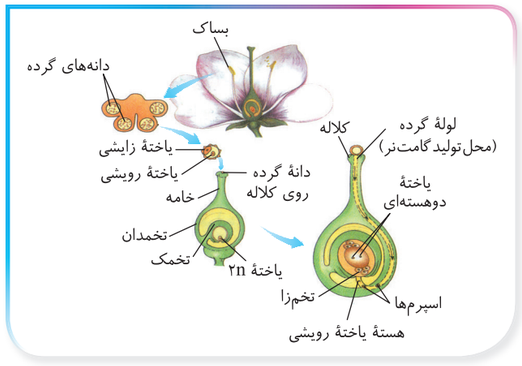
لقاح و تولید گامت در نهاندانگان

- پس از گرده‌افشانی ← قرارگیری گردهٔ رسیده روی کلاله ← در صورت پذیرش کلاله (*هم‌گونه‌یابی و سازگاری یابی*) ← تمایز یاختهٔ رویشی دانهٔ گرده ← ایجاد لولهٔ گرده و نفوذ آن در کلاله و خامه
- درون لولهٔ گرده ← هستهٔ زایشی هاپلوئید گرده (A) ← (میتوز می‌کند) دوتا اسپرم مشابه (a) می‌سازد ← هردو توانایی لقاح دارند و وارد کیسهٔ رویانی می‌شوند.
- گامت نر نهاندانگان درون لولهٔ گرده ایجاد می‌شود ولی لولهٔ گرده در برچه (*قسمت خامه*) ایجاد شده است.
- گامت نر نهاندانگان در کیسهٔ گرده و پرچم یا بساک ایجاد نمی‌شود.
- هر تخمک رسیده حاوی یک کیسهٔ رویانی می‌باشد که در اطراف کیسهٔ رویانی بقیهٔ یاخته‌های دیپلوئید خورش واقع هستند.
- دور هر کیسهٔ رویانی و پارانشیم‌های خورش اطراف آن، دو پوستهٔ تخمک با یاخته‌های دیپلوئید وجود دارند.
- در هر کیسهٔ رویانی تعدادی یاخته وجود دارد که دو یاختهٔ آن قدرت لقاح دارد
  - یاختهٔ تخم‌زای هاپلوئید (a)
  - یاختهٔ دوهسته‌ای با دو هستهٔ هاپلوئید مشابه (aa)
- فرض کنید گل نر با ژنوتیپ AA و گل ماده با ژنوتیپ aa باشد.

لقاح مضاعف نهاندانگان

- اسپرم ($A=n$) + تخم‌زا ($a=n$) ← تخم اصلی ($Aa=2n$) ← (میتوز) منشأ رویان، لپه و گیاه اصلی می‌شود.
- اسپرم ($A=n$) + یاختهٔ دوهسته‌ای ($aa=2n$) ← تخم ضمیمه ($Aaa=3n$) ← (میتوز)
  - بافت $3n$ درون دانه (*آندوسپرم*) می‌سازد.
  - یاخته‌های پارانشیمی دارد.
  - ذخیرهٔ غذای رویان می‌باشد.

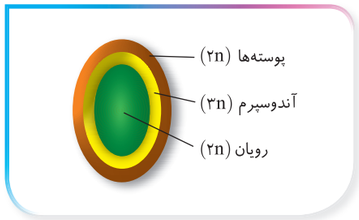
- در کیسهٔ رویانی، پنج هسته در لقاح مضاعف شرکت می‌کنند
  - دو هسته از دو اسپرم
  - سه هسته از دو یاختهٔ کیسهٔ رویانی
- انواع آندوسپرم (*درون دانه*)
  - اگر میتوز تخم ضمیمه بدون تقسیم سیتوپلاسم باشد ← بافت غذایی مایع مثل شیر نارگیل می‌سازد.
  - اگر میتوز آن با تقسیم سیتوپلاسم باشد ← بخش گوشتی جامد و سفید نارگیل را می‌سازد.





بخش‌های دانهٔ اولیهٔ هر نهاندانه

- دو پوسته که از یاخته‌های ($2n$) تخمک حاصل شده است ← ژنوتیپ والد یا گل ماده را دارد.
- رویان و لپه یا لپه‌های آن ← از میتوز تخم اصلی $2n$ ایجاد شده است.
- اندوختهٔ اولیه یا درون دانه (*آندوسپرم*)
  - از میتوز تخم ضمیمه $3n$ ایجاد شده است.
  - یک الل از والد نر و دو الل مشابه از والد ماده دارد.



بخش‌های دانهٔ اولیهٔ هر نهاندانه

- دو پوسته که از یاخته‌های ($2n$) تخمک حاصل شده است ← ژنوتیپ والد یا گل ماده را دارد.
- رویان و لپه یا لپه‌های آن ← از میتوز تخم اصلی $2n$ ایجاد شده است.
- اندوختهٔ اولیه یا درون دانه (*آندوسپرم*)
  - از میتوز تخم ضمیمه $3n$ ایجاد شده است.
  - یک الل از والد نر و دو الل مشابه از والد ماده دارد.

دو مثال از ژنتیک گیاهی

مثال (۱)

اگر ژنوتیپ گل نر به صورت *aaBB* و گل ماده به صورت *Aabb* باشد، به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) انواع ژنوتیپ‌های گردهٔ نارس، هستهٔ زایشی، هستهٔ رویشی و اسپرم‌ها ← همگی یک نوع *aB* می‌شوند.

والد نر *aaBB* ←(میوز) یک نوع گردهٔ نارس (*aB*) ←(میتوز) گرده‌های رسیده *aB*
- هستهٔ رویشی *aB*
- هستهٔ زایشی *aB* ←(میتوز) اسپرم *aB*، اسپرم *aB*

ب) انواع ژنوتیپ‌های ممکن برای تخم‌زا و یاختهٔ دوهسته‌ای را بنویسید:

گل ماده *Aabb* ←(میوز، خورش)
- *Ab* ←(میتوز) کیسهٔ رویانی با هسته‌های *Ab*: تخم‌زای آن *Ab*، یاختهٔ دوهسته‌ای آن *AAbb*
- *ab* ←(میتوز) کیسهٔ رویانی با هسته‌های *ab*: تخم‌زای آن *ab*، یاختهٔ دوهسته‌ای آن *aabb*

ج) انواع دانه‌های حاصل با ژنوتیپ پوسته، رویان و آندوسپرم آن‌ها را بنویسید:

۱) لقاح مضاعف اسپرم‌های *aB* در کیسهٔ رویانی حاوی هسته‌های *Ab*:

اسپرم *aB* + تخم‌زای *Ab* ← تخم اصلی $2n$ ← *AaBb* (*رویان*)

اسپرم *aB* + یاختهٔ دوهسته‌ای *AAbb* ← تخم ضمیمهٔ $3n$ ← *AAaBbb* (*آندوسپرم*)

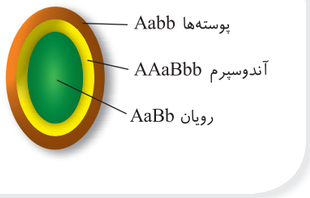
پوستهٔ آن همواره ژنوتیپ گل مادهٔ *Aabb* را دارد.

۲) لقاح مضاعف بین اسپرم‌های *aB* در کیسهٔ رویانی حاوی هسته‌های *ab*:

اسپرم *aB* + تخم‌زای *ab* ← تخم اصلی *aaBb* (*رویان*)

اسپرم *aB* + یاختهٔ دوهسته‌ای *aabb* ← تخم ضمیمهٔ *aaaBbb* (*آندوسپرم*)

پوستهٔ دانهٔ آن باز هم ژنوتیپ گل مادهٔ *Aabb* را دارد.



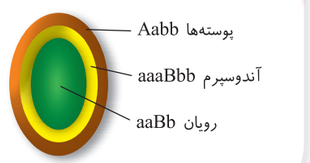
مثال (۲)

اگر ژنوتیپ آندوسپرم نارگیل به صورت *AaaBBBDDd* باشد، ژنوتیپ اسپرم، تخم‌زا، یاختهٔ دوهسته‌ای و تخم اصلی یا رویان آن چیست؟

نکته در هر صفت مثل *Aaa*، اللی که با بقیه متفاوت است، مربوط به اسپرم (*A*) و دو الل مشابه دیگر (*aa*) مربوط به یاختهٔ دوهسته‌ای است.

AaaBBBDDd
- اسپرم (n) ← *ABd*
- تخم‌زا (n) ← *aBD*

(از لقاح آن‌ها تخم اصلی *AaBBDd* به وجود می‌آید.)
- یاختهٔ دوهسته‌ای ← *aaBBDD* (*همواره در همهٔ صفات خالص است.*)
- رویان و تخم اصلی ← *AaBBDd*





رویان دانه‌ها

- تخم اصلی $2n$ ← درون کیسهٔ رویانی ابتدا یک میتوز با تقسیم سیتوپلاسم نامساوی می‌کند و دو یاختهٔ بزرگ و کوچک ایجاد می‌کند.
- تخم اصلی $2n$ ←(میتوز) دو هستهٔ $2n$ ایجاد می‌کند ← تقسیم سیتوپلاسم نامساوی
  - یاختهٔ کوچک‌تر ← منشأ رویان و گیاه اصلی می‌شود.
  - یاختهٔ بزرگ‌تر ← بخش ارتباط دهندهٔ رویان و مادر را ایجاد می‌کند.

اجزای رویان

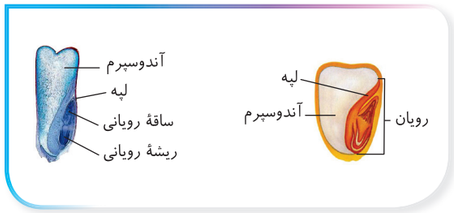
- ساقهٔ رویانی ← انتهای بالایی رویان می‌باشد که زمینه‌ساز اندام‌های هوایی می‌شود.
- یک یا دو لپه
  - مشخص‌ترین بخش رویان می‌باشند.
  - در غلات، یک عدد و در حبوبات دو عدد وجود دارند.
  - وظیفهٔ انتقال مواد غذایی به سایر بخش‌های رویان را دارند.
  - به لپه‌ها، برگ‌های رویانی نیز می‌گویند چون در بسیاری از گونه‌ها از خاک خارج شده و به مدت کوتاهی فتوسنتز می‌کنند.
- ریشهٔ رویانی ← انتهای پایینی رویان است که زمینه‌ساز تشکیل ریشهٔ گیاه می‌شود.



انواع دانهٔ رسیدهٔ نهاندانگان

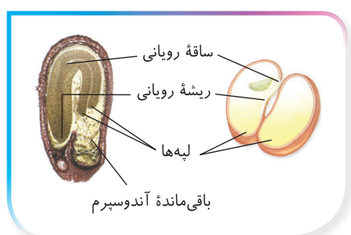
الف) دانهٔ رسیدهٔ آندوسپرم‌دار ($3n$دار)

- در غلات (*گندم و ذرت*) دیده می‌شود.
- در این دانه‌ها یاختهٔ اندوخته‌دار همان یاخته‌های $3n$ آندوسپرمی می‌باشند.
- لپهٔ آن‌ها نازک می‌باشد.
- لپهٔ آن‌ها وظیفهٔ انتقال مواد مغذی از آندوسپرم به رویان دارد.
- لپهٔ آن‌ها به ذخیرهٔ مواد مغذی نمی‌پردازد.
- این دانه‌های رسیده یاخته‌های
  - دیپلوئید پوسته و رویان دارند.
  - تریپلوئید آندوسپرمی دارند.



ب) دانهٔ رسیدهٔ فاقد آندوسپرم (*خود $3n$*)

- در حبوبات (*لوبیا*، *نخود* و *عدس*) دیده می‌شود.
- مواد آندوسپرمی جذب لپه‌ها شده‌اند.
- دو لپهٔ قطور با قدرت ذخیرهٔ مواد غذایی دارند.
- لپه‌های آن‌ها هم ذخیره و هم انتقال غذا به رویان دارند.
- این دانه‌ها فقط یاخته‌های دیپلوئید پوسته و رویان دارند.
- باقی‌ماندهٔ آندوسپرم آن‌ها در حال از بین رفتن می‌باشد.
- در اغلب موارد لپه‌های آن‌ها از خاک خارج می‌شوند
  - لپه‌ها برگ رویانی هستند.
  - مدت کوتاهی فتوسنتز می‌کنند.



در هر نوع دانهٔ رسیده

- پوسته‌های دانه ← همان پوسته‌های تخمک از والد ماده می‌باشند.
- لپه و رویان ← یاخته‌های حاصل از میتوز تخم اصلی می‌باشند.
- یاختهٔ اندوخته‌دار
  - در آندوسپرم‌دارها (*ذرت*) ← یاختهٔ $3n$ حاصل از تخم ضمیمه می‌باشد.
  - در بدون آندوسپرم‌ها (*لوبیا*) ← یاختهٔ اندوخته‌دار همان یاختهٔ $2n$ لپه‌ها است.

رویش دانه‌ها

- پوستهٔ دانه سخت است و رویان را در برابر شرایط نامساعد محیط و صدمات مختلف حفظ می‌کند.
- پوستهٔ دانه، با جلوگیری از ورود آب و اکسیژن به دانه، مانع از رشد **سریع** رویان می‌شود.
- بعد از تشکیل رویان (*در اثر تقسیم یاختهٔ کوچک* $2n$) ← رشد رویان تا مدتی متوقف می‌شود.
- رویان در شرایط مناسب و به کمک هورمون **جیبرلین**، رشد خود را از سر می‌گیرد.
- به گیاه کوچکی که از رشد رویان از دانه خارج می‌شود، **دانهٔ رست** می‌گویند.
- مشاهدهٔ دانهٔ رست به معنی رویش یافتن دانه می‌باشد.
- دانه برای رویش به آب، اکسیژن و دمای مناسب نیاز دارد.
- جذب آب توسط دانه ← متورم شدن ← شکفتن پوسته ← رسیدن O_2 کافی به رویان
  - استفاده از ذخایر غذایی
  - افزایش تنفس هوازی
  - شروع رشد دانه و دانهٔ رست
- در دانهٔ رست
  - رشد مریستم ساقه ← ایجاد سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی ساقه می‌دهد.
  - رشد مریستم ریشه ← ایجاد سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی ریشه می‌دهد.
- گیاهان گل‌دار بعد از مدت زمانی از رشد رویشی به تولید گل، میوه و دانه یا همان رشد زایشی می‌پردازند.
- انواع دانه‌ها از نظر رویش
  - الف) رویش روزمینی
    - در دانهٔ دولپه‌ای لوبیا و تک‌لپه‌ای پیاز دیده می‌شود.
    - ابتدا ریشه و سپس ساقه از زیر پوستهٔ دانه خارج می‌شود.
    - لپه‌ها در خارج خاک سبز و فتوسنتزکننده‌اند.
    - لپه‌ها پس از مدتی خشک می‌شوند.
  - ب) رویش زیرزمینی
    - در دانهٔ ذرت تک‌لپه‌ای و نخود دولپه‌ای دیده می‌شود.
    - ریشه از زیر لپه و ساقه از بالای لپه خارج می‌شود.
    - لپه از خاک خارج نمی‌شود و فتوسنتز نمی‌کند.
    - رشد ساقه و ریشه همواره از دو طرف دانه می‌باشد.

میوه

- تخمک به دانه تبدیل می‌شود ولی میوه از رشد و نمو بقیهٔ قسمت‌های گل ایجاد می‌شود.
- میوهٔ حقیقی ← همیشه از رشد **تخمدان** ایجاد می‌شود (*مثال میوهٔ هلو*).
- میوهٔ کاذب ← از قسمتی از گل به غیر از تخمدان حاصل می‌شود ← میوهٔ کاذب سیب از نهنج ایجاد می‌شود.
- در میوهٔ کاذب سیب
  - بخش خوراکی از نهنج ایجاد شده است.
  - تخمدان و تخمک‌ها در وسط میوه به صورت نازک قرار دارند.
- در میوهٔ حقیقی هلو ← محدودهٔ دیوارهٔ تخمدان هم شامل بخش خوراکی و هم بخش چوبی ضخیم اطراف دانه می‌شود.

پراکنش میوه‌ها

- میوه‌ها در حفظ دانه‌ها و پراکندگی آن‌ها مؤثرند.
- برخی میوه‌ها با چسبیدن به پیکر جانوران با آن‌ها جابه‌جا می‌شوند.
- باد، آب و جانوران علاوه بر گرده‌افشانی در جابه‌جا کردن میوه و دانه‌ها نیز نقش دارند.
- میوهٔ نارس **معمولاً** مزهٔ ناخوشایند دارد
  - در نتیجه توسط جانوران خورده نمی‌شود.
  - زمان لازم برای حفظ دانه‌های خود را دارد.
- هورمون **اتیلن** با زودرس کردن میوه‌ها، مدت نگهداری دانه توسط آن‌ها را کم می‌کند.
- جانوران با خوردن میوهٔ رسیده ← سبب آزاد شدن دانهٔ آن‌ها می‌شوند ← سبب پراکنش گیاه می‌شوند.
- پوستهٔ سخت برخی **دانه‌ها**، سبب محافظت آن‌ها در برابر شیرهٔ گوارشی می‌شود.
- رنگ‌های درخشان میوهٔ رسیده، جانوران را به خود جذب می‌کنند.
- هورمون اکسین و جیبرلین در درشت کردن میوه‌ها و تشکیل میوهٔ بی‌دانه نقش دارند.

میوه‌های بدون دانه

- اگر تخم اصلی و دانه تشکیل نشود
  - اکسین و جیبرلین در این عمل نقش دارند.
  - میوهٔ بی‌دانه ایجاد می‌شود (*مانند پرتقال بی‌دانه*).
- اگر لقاح صورت بگیرد ← تخم اصلی تشکیل شود ← ولی رویان قبل از تکمیل مراحل رشد، بمیرد ← دانه‌های نارس ریز با پوستهٔ نازک ایجاد می‌شوند ← به آن‌ها نیز میوهٔ بی‌دانه گفته می‌شود (*مثال برخی موزها که بی‌دانه هستند*).



«میوه درخت هلو حاصل رشد تخمدان است.»



«میوه درخت سیب حاصل رشد نهنج است.»

طول عمر گیاهان نهاندانه

- از چند روز تا چند قرن می‌باشد.
- **معمولاً** طول عمر درختان دولپه‌ای که رشد پسین و کامبیوم دارند از علفی‌ها بیشتر است.

گیاهان یک‌ساله

- در مدت یک‌سال یا کمتر رشد رویشی و زایشی خود را تکمیل می‌کنند.
- پس از تولیدمثل و گل‌دهی از بین می‌روند.
- گیاه گندم و خیار، نهاندانهٔ یک‌ساله هستند.
- همهٔ این گیاهان علفی هستند و کامبیوم و رشد پسین ندارند.

گیاهان دوساله

- این گیاهان در سال اول فقط رشد رویشی دارند ← ریشه، ساقه و برگ ایجاد می‌کنند.
- شلغم و چغندرقند از این گروه می‌باشند ← رنگ چغندر به دلیل آنتوسیانین درون کریچه‌های ریشهٔ آن است.
- این گیاهان در سال اول، مواد غذایی حاصل از فتوسنتز را در ریشهٔ خود ذخیره می‌کنند.
- در سال دوم علاوه بر رشد رویشی با مصرف مواد درون ریشه، ساقهٔ گل‌دهنده ایجاد می‌کنند.
- در سال دوم گل می‌دهند (*یک‌بار گل می‌دهند*) ولی دو سال رشد رویشی دارند.
- ریشهٔ آن‌ها
  - در سال اول نوعی اندام مصرف می‌باشد که مواد آلی را ذخیره می‌کند.
  - در سال دوم نوعی اندام منبع است که مواد آلی را از خود خارج می‌کند.
- همهٔ این گیاهان علفی هستند و اغلب فاقد کامبیوم و رشد پسین می‌باشند.

گیاهان چندساله

- چندسالهٔ علفی
  - برخی مثل زنبق هستند که زمین‌ساقه‌ای در خاک حاوی جوانه دارد.
  - برخی از آن‌ها هر سال گل، دانه و میوه می‌دهند.
  - سال‌ها به رویش خود ادامه می‌دهند.
- چندسالهٔ چوبی
  - دولپه‌ای‌های درختی و درختچه‌ای هستند.
  - کامبیوم و رشد پسین قطری دارند.
  - ممکن است حتی تا چند قرن زندگی کنند.
  - سال‌ها رشد رویشی و گل‌دهی دارند.

گفتار ۱

تاریخچه

آزمایش داروین

اولین‌بار داروین و پسرش، نورگرایی دانهٔ رست نوعی گیاه از گندمیان را بررسی کردند.

۱) متوجه شدند که دانهٔ رست در صورتی که نور یک‌جانبه به نوک آن برخورد کند، به سمت نور خم می‌شود.
۲) وقتی روی نوک ساقهٔ آن پوشش مات قرار دادند، به نور یک‌طرفه پاسخ خمشی ندادند.
۳) وقتی روی نوک ساقهٔ آن پوشش **شفاف** قرار دادند، به نور یک‌طرفه پاسخ خمشی دادند.
۴) وقتی پوشش مات را در منطقهٔ زیر نوک دانهٔ رست قرار دادند، دیدند ساقه به نور یک‌طرفه پاسخ خمشی داد.





آزمایش پس از داروین

فهمیدند، عامل خم شدن دانهٔ رست به سمت نور، ماده‌ای است که در نوک آن ساخته می‌شود.
نوک دانهٔ رست رشد کرده در نور را جدا کردند و روی قطعه‌ای از آگار قرار دادند.
آگار حاوی مادهٔ درون نوک دانهٔ رست را روی ساقهٔ بدون نوک قرار دادند ← سبب رشد ساقهٔ آن شد.
آگار حاوی ماده را در هر لبه‌ای از نوک دانهٔ رست قرار می‌دادند ← دانهٔ رست به سمت مقابل خمش می‌یافت.
دانهٔ رست به دلیل اختلاف اندازهٔ یاخته‌های دو طرف آن خمش می‌یابد.
رشد طولی یاخته‌هایی که در سمت سایه قرار دارند، بیشتر از یاخته‌های سمت نوردیده می‌باشد.
نور یک‌جانبه سبب حرکت مادهٔ خمش‌دهنده از سمت نوردیده به سمت نورندیده می‌شود.
مادهٔ خمش‌دهنده را **اکسین** به معنی رشد کردن نامیدند که انواع مختلفی دارد.
نور:
- همه‌جانبه ← رشد دانهٔ رست بدون خمش صورت می‌گیرد ← اکسین در دو طرف مساوی است.
- یک‌جانبه ← تراکم بیشتر اکسین در سمت نورندیده ← رشد طولی بیشتر سمت نورندیده ← خمش نوک دانهٔ رست

تنظیم‌کننده‌های رشد (هورمون‌های گیاهی)

به رشد جهت‌دار اندام‌های گیاه در پاسخ به نور یک‌جانبه **نورگرایی** می‌گویند.

انواع

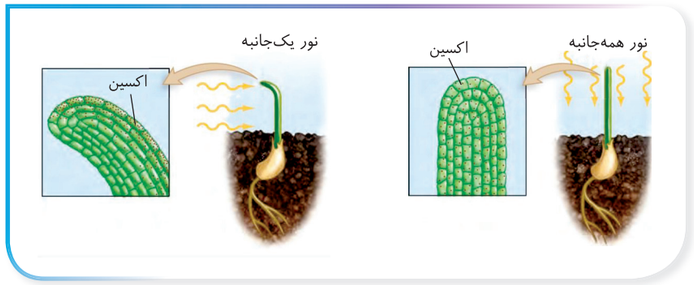
محرک رشد:
- تحریک تقسیم و رشد طولی یاخته می‌دهند.
- ایجاد و حفظ اندام‌ها را سبب می‌شوند.
- اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها هستند.
- برحسب مقدار و محل اثر می‌توانند نقش بازدارندگی داشته باشند.

بازدارندهٔ رشد:
- آبسیزیک اسید و اتیلن
- در مقاومت در شرایط سخت، رسیدن و ریزش میوه و برگ نقش دارند.

الف) تنظیم‌کننده‌های محرک رشد

اکسین‌ها

۱. با افزایش رشد **طولی** یاخته ← سبب افزایش طول **ساقه** می‌شود.
۲. ریشه‌زایی را تحریک می‌کند و برای تکثیر رویشی قلمه‌ها استفاده می‌شود.
۳. هرچه مقدار اکسین بیشتر شود، رشد ریشه و انشعابات آن بیشتر می‌شود.
۴. با جلوگیری از لقاح نهاندانگان سبب تولید میوهٔ بدون دانه می‌شود.
۵. با افزایش رشد تخمدان‌ها، سبب درشت کردن میوه‌های حقیقی می‌شود.
۶. برخی از ترکیبات آن گیاهان **دولپه‌ای** را نابود می‌کند ← از آن‌ها برای ساخت **سموم کشاورزی** برای از بین بردن گیاهان **خودرو** در مزارع استفاده می‌کنند.
۷. در جوانهٔ رأسی ساقه، ساخته شده و سبب چیرگی رأسی می‌شود.
۸. عامل نارنجی
- مخلوطی از اکسین‌ها بود ← اثراتی ضد گیاهان دولپه‌ای خودرو دارد.
- سرطان‌زا می‌باشد و شیوع تولد نوزاد با نقص مادرزادی را زیاد می‌کند.

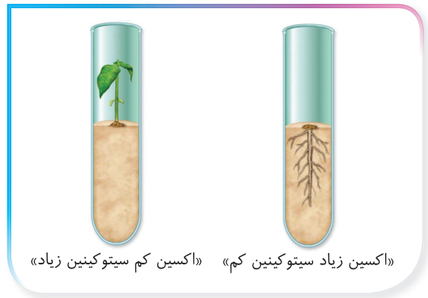


سیتوکینین‌ها (هورمون جوانی)

۱. تحریک تقسیم یاخته می‌دهد ← پیر شدن اندام‌های **هوایی** گیاه را به تأخیر می‌اندازد.
۲. افشانهٔ آن‌ها سبب تازه نگه‌داشتن برگ و گل‌ها می‌شود.
۳. هورمون ساقه‌زایی یا هورمون **جوانی** نامیده می‌شود.
۴. در کشت‌بافت سبب ایجاد **ساقه** از بخش‌های تمایز نیافته می‌شود.
۵. در جوانهٔ **کناری** ساخته می‌شود.

برهم‌کنش اکسین و سیتوکینین

- قطع جوانهٔ رأسی ساقه (*محل تولید اکسین*) ← رشد جوانه‌های جانبی (*محل تولید سیتوکینین*) ↑
- قطع جوانهٔ رأسی
  - افزایش تولید سیتوکینین در جوانهٔ کناری ← رشد شاخه و گل
  - کاهش مقدار اکسین در جوانهٔ کناری ← کاهش چیرگی رأسی
  - پرشاخه شدن گیاه
- نسبت اکسین به سیتوکینین
  - اگر بالا باشد ← سبب **ریشه‌زایی** تودهٔ تمایز نیافتهٔ کال می‌شود.
  - اگر کم باشد ← سبب **ساقه‌زایی** تودهٔ تمایز نیافتهٔ کال می‌شود.
- قرار دادن اکسین بر ساقه‌ای که نوک بریده دارد ← عدم رشد جوانهٔ جانبی ← اکسین از جوانهٔ رأسی به جوانهٔ جانبی می‌رود و مانع رشد شاخه و گل می‌شود.

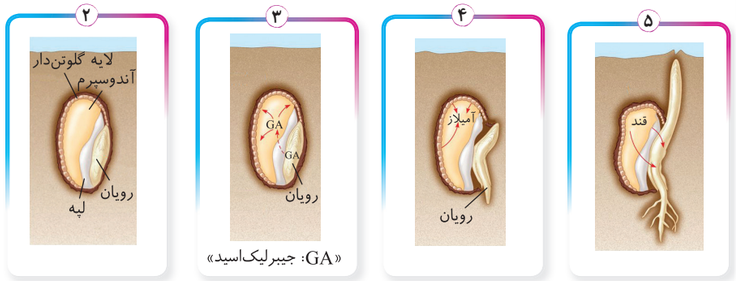


جیبرلین‌ها

- اولین‌بار از قارچ جیبرلا پیدا شد که سبب عدم استحکام در دانهٔ رست برنج‌ها می‌شد.
- در گیاهان نیز تولید می‌شود و کنترل‌کنندهٔ رشد و فعالیت جاندار است.
- در افزایش طول ساقه، هم از طریق تقسیم یاخته و هم با رشد طولی یاخته تأثیر می‌گذارد.
- در رشد میوه و رویش دانه‌ها نقش دارد (*سبب ایجاد متفذ در پوستهٔ دانه می‌شود*).
- با جلوگیری از لقاح گامت‌ها سبب تولید میوهٔ بی‌دانه می‌شود (*همانند اکسین*) ← انگور بی‌دانه ایجاد می‌کند.
- با اثر بر تخمدان سبب رشد آن و درشت کردن میوه‌های حقیقی می‌شود (*همانند اکسین*).

اثر جیبرلین بر رویش بذر غلات

۱. **رویان** دانهٔ غلات در هنگام رویش دانه مقدار زیادی جیبرلین می‌سازد.
۲. جیبرلین بر **خارجی‌ترین** لایهٔ آندوسپرم (*دارای پروتئین گلوتن*) اثر می‌گذارد.
۳. تولید و رها شدن آنزیم گوارشی مثل **آمیلاز** را از لایهٔ گلوتن‌دار آندوسپرم تحریک می‌کند.
۴. آنزیم‌های گوارشی دیوارهٔ یاخته‌ها و ذخایر نشاستهٔ آندوسپرم را تجزیه می‌کنند.
۵. لپهٔ نازک آن در نهایت سبب انتقال گلوکز از آندوسپرم به رویان می‌شود.



ب) بازدارنده‌های رشد

آبسیزیک اسید

- در شرایط نامساعد محیطی مثل خشکی (*کمبود رطوبت جو*) ترشح می‌شود.
- با پلاسمولیز یاختهٔ نگهبان سبب بستن روزنه‌های هوایی در محیط خشک می‌شود.
- با کاهش تعرق سبب حفظ آب گیاه می‌شود.
- مانع رویش دانه و رشد جوانه‌ها در شرایط نامساعد می‌شود (*برعکس جیبرلین*).
- رشد گیاهان را در پاسخ به شرایط نامساعد، کاهش می‌دهد.
- از انباشت ساکارز، یون کلر و پتاسیم در یاختهٔ نگهبان روزنه جلوگیری می‌کند.

اتیلن

- توسط میوه‌های رسیده ترشح می‌شود و این گاز سبب رسیده شدن سریع میوه‌های نارس می‌شود.
- از سوخت‌های فسیلی رها می‌شود ← سبب ریزش برگ درختان می‌شود.
- در ریزش میوه‌ها نقش دارد.
- توسط بافت‌های آسیب‌دیدهٔ گیاهان نیز تولید می‌شود.
- توسط اکسین جوانهٔ رأسی
  - تولید هورمون اتیلن در جوانهٔ کناری زیاد می‌شود.
  - تولید سیتوکینین در جوانهٔ کناری کم می‌شود.
  - رشد شاخه، برگ و گل مهار می‌شود.

ریزش برگ

- اتیلن تولید لایهٔ جداکننده در قاعدهٔ دمبرگ در اتصال با شاخه را تسریع می‌بخشد.
- اتیلن ← تولید لایهٔ زایندهٔ جداگر دمبرگ ← آنزیم تجزیه‌کنندهٔ یاخته‌ها ← جدایی برگ از شاخه
- پس از ریزش برگ ← یاخته‌های شاخه در محل گره یا ریزش برگ **چوب‌پنبه‌ای** می‌شوند ← جوانه در مقابل عوامل محیطی محافظت می‌شوند.
- نسبت بالای اتیلن به اکسین ← زیادی آنزیم تجزیه‌کنندهٔ دیواره ← ریزش برگ‌ها



پاسخ گیاهان به نور

گل‌دهی گیاهان برحسب نور محیط

ساقه به سمت نور خمش یک‌جانبه دارد ولی ریشه نورگرایی منفی دارد.
نور در گیاهان نقش حیاتی دارد ← منبع انرژی در واکنش‌های فتوسنتزی می‌باشد.
فرایندهای مختلفی را در گیاه تنظیم می‌کند.

برخی گیاهان در فصلی خاص و برخی دیگر در همهٔ فصول گل می‌دهند.
برای گل‌دهی گیاهان ← باید مریستم رویشی جوانهٔ آن‌ها ← (در اثر دما و طول روز و شب) ← به مریستم زایشی تبدیل شود.

گیاهان روزکوتاه (داوودی)
به‌طور طبیعی در پاییز که روز کوتاه است ← گل می‌دهند.
برای گل دادن به شب‌های طولانی نیاز دارند.
زمانی گل می‌دهند که طول شب از حدی کمتر نباشد.
با کوتاه کردن طول روز در تابستان ← گل می‌دهند.

گیاهان بی‌تفاوت
گل دادن آن‌ها به طول روز و شب وابسته نیست.
در هر زمانی گل می‌دهند (*مثل گوجه‌فرنگی*).

گیاهان روزبلند (شبدر)
به‌طور طبیعی در تابستان با روز بلند ← گل می‌دهند.
برای گل دادن به شب‌های کوتاه نیاز دارند.
زمانی گل می‌دهند که طول شب از حدی بیشتر نباشد.
در پاییز با شکستن شب بلند توسط فلش نوری ← گل می‌دهند.

پرورش‌دهندگان گل با شرایط نوری مصنوعی، سبب گل‌دهی گیاهان در همهٔ فصول می‌شوند.

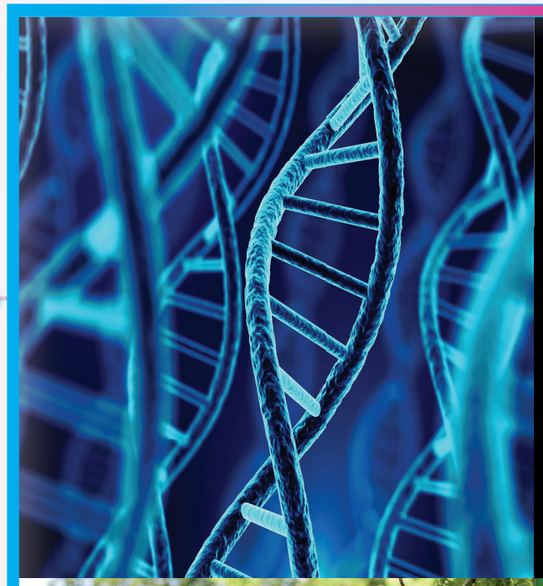
پاسخ گیاه به محیط

پاسخ به دما
درختان با کاهش سرمای زمستان، گل می‌دهند.
سرمای شدید مانع از رویش دانه‌ها و جوانه‌ها می‌شود.
کاهش دما در پاییز ← تولید اتیلن ↑ ← تولید لایهٔ زایندهٔ جداگر برگ ← ریزش برگ ← حفظ جوانه‌ها با پولک‌های محافظ
بعضی گیاهان برای گل دادن ← نیاز به گذراندن یک دورهٔ سرما دارند.
در نوعی گندم ← اگر بذر آن را مرطوب کنیم + سرما ← دورهٔ رویشی آن کوتاه می‌شود ← زودتر گل می‌دهد ← امکان بهره‌برداری از زمین‌های پوشیده از برف را می‌دهد.

پاسخ به گرانش زمین
ساقه برخلاف گرانش زمین ← زمین‌گرایی منفی دارد.
ریشه‌ها معمولاً در جهت گرانش زمین ← زمین‌گرایی مثبت دارند.
زمین‌گرایی ← رشد جهت‌دار **اندام‌های** گیاه به گرانش زمین می‌باشد.

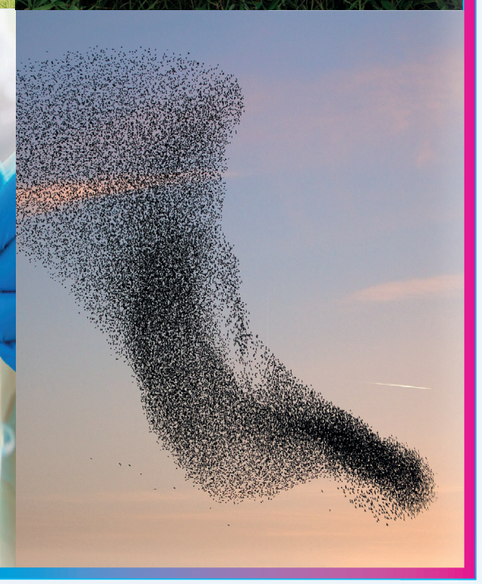
پاسخ به تماس
پیچش ← در اثر رشد نابرابر دو طرف اندام در محل تماس ایجاد می‌شود.
ساقهٔ درخت مو ← در تماس با درخت دیگر و یا یک پایه ← به دور آن می‌پیچد.
در پیچش، رشد یاخته‌ها در محل تماس کمتر از سمتی است که تماس ندارد.
در پیچش ساقهٔ مو ← بخش قرار گرفته در سمت تماس با تکیه‌گاه رشد کمتری دارد.
ضربه زدن به برگ گیاه حساس ← تغییر فشار تورژسانس در یاخته‌های قاعدهٔ برگ ← تاخوردن برگچه‌ها روی هم
تماس بدن حشره یا جسم خارجی با کرک‌های برگ گیاه گوشت‌خوار ← ایجاد پیام در گیاه ← بسته شدن برگ تله‌مانند گیاه (*تورپرواش*) ← به دام افتادن حشره ← جبران کمبود نیتروژن در گیاه

- **پاسخ گیاه به محیط**
  - **پاسخ‌های دفاعی گیاه**
    - **تلاش برای جلوگیری از ورود**
      - پوستک روپوست اندام‌های هوایی مانع ورود مواد خارجی می‌شود.
      - دیوارهٔ محکم یاخته‌ای عبور عوامل بیگانه را سخت می‌کند.
      - لیگنین (*چوب*) و سیلیس (*خشن شدن*) دیواره ← سد فیزیکی در ورود مواد به گیاه می‌باشد.
      - عوامل بیماری‌زا (*رشتهٔ مویچه‌ها*) از راه منافذ روزنه‌ها یا فضاهای بین‌یاخته‌ای می‌توانند وارد شوند.
      - چوب‌پنبهٔ موجود در پریدرم اندام مسن سبب حفظ آب و ممانعت از ورود مواد آسیب‌رسان می‌شود.
      - خارها گیاهان را از خورده شدن به وسیلهٔ گیاه‌خواران حفظ می‌کنند.
      - کرک و مواد چسبندهٔ آن، مانع ورود عوامل بیگانه به گیاه می‌شوند.
      - برگ کرک‌دار ← ترشح مواد چسبنده ← حشره نمی‌تواند روی آن حرکت کند.
      - برخی گیاهان در پاسخ به زخم ← ترکیبات رزینی محافظ ترشح می‌کنند.
      - حشرهٔ به دام افتاده در ترکیبات دفاعی ← می‌تواند فسیل شود.
    - **دفاع شیمیایی**
      - ترکیبات سیانیددار ← در تعدادی گونهٔ گیاهی تولید می‌شوند ← تنفس یاخته‌ای گیاه‌خواران را متوقف می‌کنند.
      - آلکالوئیدها (*نیکوتین*)
        - در شیرابهٔ برخی گیاهان زیاد است ← سبب دور کردن گیاه‌خواران می‌شود.
        - سبب دفاع گیاه در برابر گیاه‌خواران می‌شود ← نیکوتین در گیاه تنباکو
        - در ساختن داروهای مسکن و ضدسرطان کاربرد دارند.
        - برخی اعتیادآورند.
      - ترکیبات دفاعی
        - اگر گیاه‌خوار را نکشد ← آن را مسموم می‌کند ← جانور با رفتار شرطی شدن فعال دیگر به سمت آن گیاه نمی‌رود.
        - با سازوکارهای متفاوتی، سبب عدم بیماری در گیاه می‌شوند.
        - ترکیباتی ایجاد می‌کنند که برای گیاه سمی نیستند.
        - ترکیب سیانیددار
          - برای گیاه سمی نیست.
          - در لولهٔ گوارش جانور تجزیه می‌شود ← سیانید آن آزاد می‌شود ← سیانید مانع تنفس یاخته‌ای در جانور می‌شود.
        - برخی گیاهان مواد سمی برای سایر گیاهان می‌سازند.
  - **محافظت جانوران از گیاهان**
    - **مورچه، زنبور و گیاه آکاسیا**
      - مورچه‌ها روی برگ گیاه آکاسیا زندگی می‌کنند.
      - مورچه‌ها، به حشرات، پستانداران کوچک و گیاهان دارزی حمله‌ور می‌شوند.
      - گرده‌افشانی گیاه آکاسیا وابسته به زنبورهاست.
      - وقتی **گل‌های** گیاه آکاسیا باز می‌شوند ← نوعی ترکیب شیمیایی آزاد می‌کنند ← مورچه‌ها را فراری می‌دهند ← تا زنبورها برای گل‌ها گرده‌افشانی کنند.
    - **برگ تنباکو، زنبور وحشی و نوزاد کرمی‌شکل حشره**
      - نوزاد کرمی‌شکل حشره از برگ تنباکو تغذیه می‌کند.
      - یاخته‌های آسیب‌دیدهٔ برگ تنباکو ← ترکیب فرار ایجاد می‌کند ← زنبور وحشی این ترکیبات را می‌شناسد.
      - زنبور وحشی ماده با ردیابی ترکیب فرار، روی نوزاد کرمی‌شکل حشره آمده و تخم‌گذاری می‌کند.
      - نوزادان زنبور بعد از خروج از تخم ← از نوزاد کرمی‌شکل حشره تغذیه می‌کنند ← سبب مرگ نوزاد کرمی‌شکل می‌شوند.
  - **مرگ یاخته‌ای**
    - نوعی پاسخ دفاعی در گیاهان است.
    - ورود ویروس به گیاه ← ایجاد فرایندهای مختلف ← مرگ یاختهٔ آلوده به ویروس و قطع ارتباط آن با یاخته‌های سالم
    - در این فرایند، یاخته توسط آنزیم‌های خود، گوارش می‌یابد.
    - برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه ← مثل سالیسیلیک اسید
      - از یاختهٔ گیاهی آلوده ترشح می‌شوند.
      - سبب مرگ یاخته‌ای می‌شوند.







درسنامهٔ درختی زیست‌شناسی دوازدهم

گفتار ۱

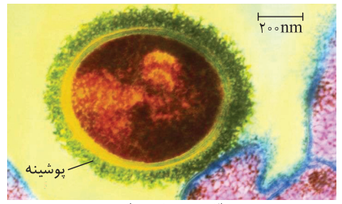
مولکول‌های اطلاعاتی

دانشمندان

- هر یک از یاخته‌های بدن ما، ویژگی‌هایی مثل شکل و اندازه، تحت فرمان **هسته** دارند.
- *DNA* مولکولی در کروموزوم‌هاست که مادهٔ ذخیرهٔ اطلاعات وراثتی یاخته و جاندار می‌باشد.

گریفیت

- اطلاعات اولیه در مورد مادهٔ وراثتی از فعالیت‌ها و آزمایشات این باکتری‌شناس انگلیسی به دست آمد.
- در پی ساخت واکسنی برای آنفلوانزا بود که در آن زمان فکر می‌کرد عامل آن نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا است.
- روی باکتری استرپتوکوکوس نومونیا (*علت سینه‌پهلو*) در موش‌ها کار می‌کرد که خود دو نوع داشت: پوشینه‌دار و فاقد پوشینه
- نوع پوشینه‌دار، در موش بیماری‌زا بود ولی نوع فاقد پوشینه بیماری ایجاد نمی‌کرد ← قطر این باکتری بیشتر از ۲۰۰ نانومتر می‌باشد.



«باکتری پوشینه‌دار»

آزمایشات

- **آزمایش اول** ← تزریق باکتری‌های زندهٔ پوشینه‌دار به موش
- نتیجه ← موش مُرد و در خون و شش‌های آن باکتری‌های **پوشینه‌دار زنده** مشاهده شد.
- **آزمایش دوم** ← تزریق باکتری‌های زندهٔ فاقد پوشینه به موش
- نتیجه ← موش زنده ماند و در خون و شش‌های موش، باکتری زنده یافت نشد.
- **نتیجه‌گیری بعد از دو آزمایش اول و دوم** ← پوشینه عامل بیماری در موش‌ها می‌باشد.
- **آزمایش سوم** ← تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما به موش‌ها
- نتیجه ← موش زنده ماند ← در خون و شش موش، هیچ باکتری نبود ← پوشینه **به تنهایی** عامل مرگ موش‌ها نیست.
- **آزمایش چهارم** ← مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده و فاقد پوشینهٔ زنده را به موش تزریق کرد.
- نتیجه ← موش مرد و در خون و شش‌های آن، باکتری پوشینه‌دار و فاقد پوشینه زنده مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی از آزمایشات گریفیت

۱. تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه زنده به نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار زنده شدند.
۲. مادهٔ وراثتی می‌تواند به یاختهٔ دیگری منتقل شود.
۳. **ماهیت** این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

ایوری

- عوامل مؤثر در انتقال این صفت را حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت کشف کرد.

آزمایش اول

- ابتدا از **عصارهٔ** استخراج شده از باکتری **کشته شدهٔ پوشینه‌دار**، استفاده کردند و در آن **تمامی پروتئین‌های** موجود را توسط **پروتئازها** تخریب کردند، سپس باقی‌ماندهٔ محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند.
- نتیجهٔ آزمایش ← انتقال صفت صورت گرفت، یعنی باکتری‌های زندهٔ فاقد پوشینه به نوع زندهٔ پوشینه‌دار تبدیل شدند.
- نتیجه‌گیری نهایی از آزمایش اول ← **پروتئین‌ها** مادهٔ وراثتی نیستند و سبب انتقال صفت بین دو جاندار نشده‌اند.

آزمایش دوم

- عصارهٔ استخراج شده از باکتری کشتهٔ شدهٔ پوشینه‌دار را سانتریفیوژ کرد (*با سرعت بالا*) و مواد آن را به صورت لایه لایه جدا کرد.
- هر یک از لایه‌ها را به صورت جداگانه به محیط کشت دارای باکتری **فاقد پوشینه** اضافه کرد ← در این آزمایش از آنزیم‌های هیدرولاز استفاده نشد.
- نتیجه ← انتقال صفت، فقط با لایه‌ای که در آن **دنا** وجود دارد، انجام شد.
- نتیجه‌گیری نهایی ← عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، **دِنا** است و پروتئین نمی‌باشد.

- با اینکه ثابت کردند مادهٔ وراثتی، *DNA* می‌باشد ← ولی بسیاری از دانشمندان همچنان بر این باور بودند که عامل تغییر صفت، **پروتئین‌ها** می‌باشند.

آزمایش سوم

- عصارهٔ استخراج شده از باکتری پوشینه‌دار را چهار قسمت کرد.
- به هر قسمت آنزیم تخریب‌کنندهٔ یک گروه از مواد آلی را اضافه کرد ← از هر چهار نوع آنزیم هیدرولاز (*پروتئاز، لیپاز، نوکلئاز و کربوهیدراز*) استفاده کرد.
- هرکدام را به محیط کشت حاوی باکتری **بدون پوشینه** اضافه کرد (*فرصت انتقال صفت تکثیر و رشد دارد شد*).
- نتیجه ← در همهٔ ظروف انتقال صفت صورت می‌گیرد به‌جز ظرفی که حاوی **آنزیم تخریب‌کنندهٔ دنا** است.

- از نتایج هر سه آزمایش، متوجه شدند که پروتئین، عامل انتقال صفت نیست.
- از نتایج آزمایش دوم و سوم، متوجه شدند که *DNA*، عامل وراثتی و انتقال صفت است.
- در هر سه آزمایش از عصارهٔ باکتری‌های کشته شدهٔ پوشینه‌دار به همراه باکتری‌های زندهٔ فاقد پوشینه استفاده کردند.

چارگاف

- نقض تصورات گذشته مبنی بر اینکه ۴ نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند را اعلام کرد.
- روی دنای جانداران مختلف نشان داد که $A=T$ و $C=G$ است.
- **دلیل** برابری نسبت $\frac{A}{T}$ و $\frac{G}{C}$ را نمی‌دانست.

ویلکینز و فرانکلین

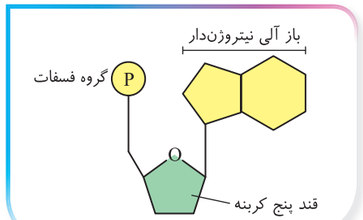
- با استفاده از پرتو *X* از مولکول دنا **تصاویری** تهیه کردند.
- نتایج به دست آمده با تجزیه و تحلیل این تصاویر: دنا حالت **مارپیچی** دارد، **بیش** از یک رشته دارد و **ابعاد مولکول‌ها** را نیز تشخیص دادند.



واتسون و کریک

- با استفاده از نتایج **چارگاف، مطالعات حاصل از تصاویر تهیه شده با اشعهٔ *X* و اطلاعاتی که از یافته‌های خود** داشتند، مدل **نردبان مارپیچ دوگانه** را پیشنهاد دادند.
- بیان کردند که هر مولکول دنا از دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده که به دور محور فرضی پیچیده شده و ساختار **مارپیچ دورشته‌ای** را ایجاد می‌کند.
- ستون‌های نردبان *DNA* را از فسفات و قند و پله‌های آن را از بازهای آلی نیتروژن‌دار می‌دانستند.

- **نوکلئیک اسیدها**
  - **واحد سازنده**
    - **انواع نوکلئوتیدها**
      - **اجزای هر نوکلئوتید**
        - **قند پنج‌کربنی**
          - در *DNA* ← دئوکسی ریبوز است.
          - در *RNA* ← ریبوز است ← یک اتم اکسیژن از دئوکسی ریبوز، بیشتر دارد.
        - **باز آلی نیتروژن‌دار**
          - با پیوند اشتراکی به قند متصل است ← هر نوکلئوتید، یک پیوند قند باز دارد.
          - انواع
            - دوحلقه‌ای (*پورین‌ها*)
              - آدنین و گوانین است.
              - یک حلقهٔ پنج‌ضلعی و یک حلقهٔ شش‌ضلعی دارد.
              - از حلقهٔ کوچک‌تر خود به قند متصل می‌شود.
            - تک‌حلقه‌ای (*پیریمیدین‌ها*)
              - سیتوزین، تیمین و یوراسیل هستند.
              - یک حلقهٔ شش‌ضلعی دارند.
          - باز آلی تیمین، فقط در *DNA* و یوراسیل، فقط در *RNA* وجود دارد.
        - یک، دو یا سه گروه فسفات به صورت رشتهٔ فسفاتی به قند متصل می‌باشد
          - پیوند بین قند و فسفات از نوع اشتراکی (*فسفواستر*) است.
          - پیوند بین فسفات‌ها از نوع اشتراکی و پرانرژی است.
      - بدون در نظر گرفتن فسفات‌ها، ۸ نوع نوکلئوتید می‌توان با قندها و بازهای آلی متنوع تولید کرد.
      - با در نظر گرفتن فسفات‌ها، ۲۴ نوع نوکلئوتید در طبیعت وجود دارد.
      - در ساختار دنا و رنا وجود دارند.
      - در ساختار *ATP* منبع رایج انرژی نیز با قند ریبوز وجود دارد.
      - در ساختار مولکول‌های حامل الکترون در واکنش‌های سوخت‌وسازی فرایندهای فتوسنتزی و تنفس یاخته‌ای (*NADH* ، $FADH_2$ ، *NADPH*) وجود دارند.
    - **انواع**
      - **دنا**
        - مارپیچ دورشته‌ای است ← تفاوت نوکلئوتیدهای آن، در نوع باز آلی آن‌هاست.
        - ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهد.
        - بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی‌استر و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است.
        - در هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید، نوکلئوتیدها با پیوند اشتراکی به نام فسفودی‌استر به هم متصل می‌شوند.
        - در تشکیل پیوند فسفودی‌استر، فسفات نوکلئوتید جدید به گروه هیدروکسیل قند نوکلئوتید قبلی متصل می‌شود.
        - پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشتهٔ دنا را مقابل هم نگه می‌دارد. $A=T$ ، $C\equiv G$
        - قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد ← سبب پایداری *DNA* می‌شود.
        - اگرچه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدها به دنا حالت پایدارتری می‌دهد.
        - با باز شدن دو رشتهٔ دنا در بعضی نقاط، پایداری دنا به هم نمی‌خورد.
        - با شناسایی نوکلئوتیدهای یک رشتهٔ *DNA*
          - می‌توانیم از ردیف نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر مطلع شویم.
          - می‌توانیم نوکلئوتیدهای *RNA*های ساخته شده از بخش‌های آن را شناسایی کنیم.
      - **رنا**
        - تک‌رشته‌ای پلی‌نوکلئوتیدی است و از روی **بخشی** از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود.
        - تفاوت نوکلئوتید آن، در نوع باز آلی آن‌هاست.
        - انواع و نقش‌های متعدد دارند
          - رنای پیک (*mRNA*): انتقال اطلاعات از *DNA* به ریبوزوم برای پروتئین‌سازی می‌آورد.
          - رنای ناقل (*tRNA*): انتقال آمینواسیدها به سمت ریبوزوم برای استفاده در پروتئین‌سازی را انجام می‌دهد ← پیوند هیدروژنی دارد.
          - رنای ریبوزومی (*rRNA*): شرکت در ساختار رناتن دارند.
          - نقش آنزیمی (*کاتالیزوری*) با پایین آوردن انرژی فعال‌سازی دارند ← جایگاه فعال برای اتصال به پیش‌ماده دارند.
          - برخی از آن‌ها در بیان ژن‌ها دخالت دارند.





«دنای دورشته‌ای و رنای تک‌رشته‌ای»

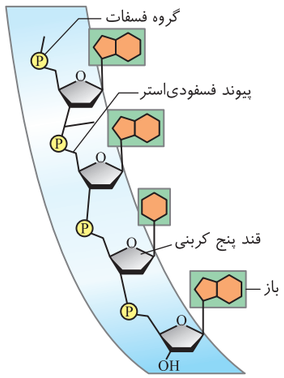
ژن
- بخشی از مولکول **دنا** است که بیان آن می‌تواند به تولید رنا یا پلی‌پپتید بیانجامد.
- این اطلاعات وراثتی در دنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند.

پیوندها

هیدروژنی
- بین دو باز آلی *A* و *T* ← دو عدد
- بین دو باز آلی *C* و *G* ← سه عدد

اشتراکی
- قند فسفات
  - در یک نوکلئوتید ← فسفواستر
  - بین دو نوکلئوتید ← فسفودی‌استر
- بین فسفات‌ها ← پرانرژی است.

تفاوت نوکلئوتیدهای *DNA* و *RNA*
- قطعاً در نوع قند آن‌ها می‌باشد.
- ممکن است در نوع باز آلی آن‌ها نیز باشد.



«بخشی از رشتهٔ نوکلئیک‌اسید»

رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید

خطی
- همیشه دو سر متفاوت از یک فسفات آزاد در یک انتها و یک گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر دارند.
- در هر رشتهٔ *DNA* هستهٔ یوکاریوت‌ها و هر *RNA* در همهٔ جانداران دیده می‌شود.
- بین هر دو نوکلئوتید آن، یک پیوند فسفودی‌استر وجود دارد ← تعداد نوکلئوتیدهای آن > تعداد پیوند فسفودی‌استر



حلقوی
- در اثر اتصال دو نوکلئوتید دو انتهای رشته به هم با پیوند فسفودی‌استر ایجاد می‌شوند.
- در *DNA*های اصلی و کمکی (*پلاسمید*) باکتری‌ها و در میتوکندری و کلروپلاست یوکاریوت‌ها مشاهده می‌شوند.
- سر آزاد فسفات یا هیدروکسیل ندارند.
- همواره در آن‌ها ← تعداد نوکلئوتیدها = تعداد پیوند فسفودی‌استر

- هر نوکلئوتیدی که در هر نوع رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید قرار می‌گیرد ← ابتدا پیوند اشتراکی بین فسفات‌های آن می‌شکند ← به صورت یک‌فسفاته در رشته قرار می‌گیرد.

گفتار ۲ همانندسازی DNA

دنا، به عنوان مادهٔ وراثتی، حاوی اطلاعات یاخته است که هنگام تقسیم یاخته این اطلاعات بدون کم و کاست به دو یاختهٔ حاصل از تقسیم می‌رسد.

همانندسازی

به ساخته شدن مولکول دنای جدید از روی دنای قدیمی، همانندسازی می‌گویند.

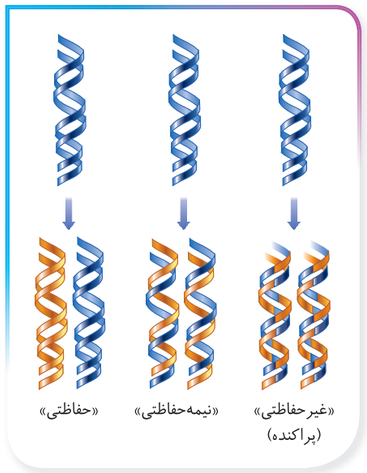
با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطهٔ مکملی بین بازها، تا حد زیادی همانندسازی دنا قابل توضیح است.

طرح‌های مختلف ارائه شده برای همانندسازی دنا

۱) **همانندسازی حفاظتی** ← در این طرح هر دو رشتهٔ دنای قبلی به صورت دست‌نخورده باقی می‌ماند و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دنای حاوی دو رشتهٔ جدید هم وارد یاختهٔ دیگر می‌شوند.
دلیل نام‌گذاری ← چون دنای اولیه به صورت دست‌نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است ← طبق این روش در هر همانندسازی، یک مولکول جدید و یک مولکول قدیمی ایجاد می‌شود.

۲) **همانندسازی نیمه‌حفاظتی** ← یکی از دو رشتهٔ دنای هر یاخته، مربوط به دنای اولیه است و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است.
دلیل نام‌گذاری ← چون در هر یاختهٔ حاصل، فقط یکی از دو رشتهٔ دنای قبلی وجود دارد ← از هر مولکول *DNA*، یک رشتهٔ آن مربوط به مادر و یکی دیگر جدید ساخته شده است.

۳) **همانندسازی غیرحفاظتی (پراکنده)** ← هرکدام از دنای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.



تکات

به پرسش «کدام طرح همانندسازی مورد تأیید قرار گرفت؟» ← از طریق روش **علمی** پاسخ دادند.

با توجه به فرضیه‌های متعدد ارائه شده و امکانات، آزمایشی را طراحی کردند ← در انتها متوجه شدند که روش نیمه‌حفاظتی صحیح است.

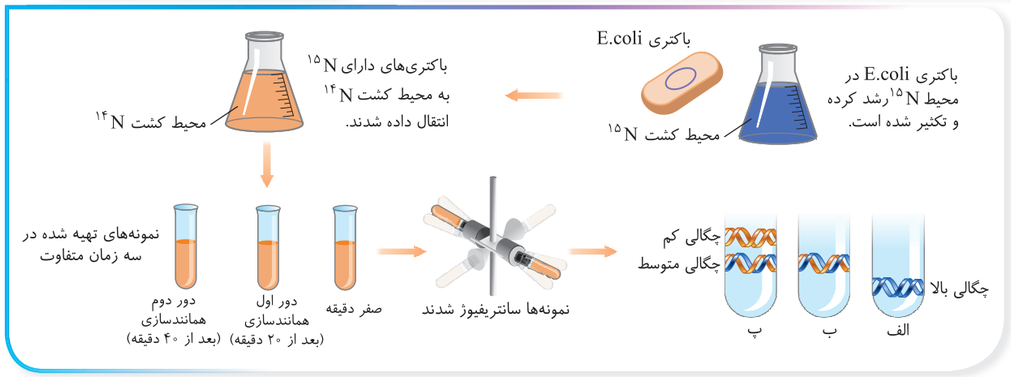
در ابتدای کار، آن‌ها باید می‌توانستند رشته‌های دنای نوساز را از رشتهٔ قدیمی تشخیص دهند ← به همین دلیل دنای اولیه یا مادر را با استفاده از ایزوتوپ سنگین نیتروژن (N^{15}) نشانه‌گذاری کردند.

دنای معمولی در نوکلئوتیدهای خود N^{14} دارد که نسبت به نوکلئوتید با N^{15} چگالی کمتری دارد ← دناهای معمولی (N^{14}) در لولهٔ سانتریفیوژ در محل بالاتری قرار می‌گیرند.

تحقیقات مزلسون و استال

آزمایش

۱) ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای N^{15} کشت دادند (*N^{15} در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار دنا وارد شدند.*)
۲) چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط ← باکتری‌هایی با دنای سنگین‌تر و حاوی دو رشتهٔ N^{15} تولید کردند.
۳) این باکتری‌ها را به محیط کشت با نوکلئوتیدهای حاوی N^{14} منتقل کردند.
۴) به فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند (*تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد.*)
۵) دنای باکتری‌ها برای سنجش چگالی استخراج شد.
۶) دناهای استخراج شده در شیبی از محلول **سزیم کلرید** با غلظت‌های مختلف در **سرعت بالا** سانتریفیوژ شدند.
۷) نتیجه ← مواد براساس **چگالی** در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند.



نتایج آزمایش

۱) دنای باکتری‌های اولیه دو رشته حاوی N^{15} و سنگین داشتند و پس از گریز دادن، **یک نوار** در **انتهای** لوله تشکیل دادند (*صفر دقیقه*).
دلیل ← چون هر دو رشتهٔ دنای آن‌ها N^{15} و چگالی سنگینی داشت.

۲) دنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی N^{14} (*بعد از ۲۰ دقیقه*) ← پس از گریز دادن، یک نوار در میانهٔ لوله تشکیل دادند.
دلیل ← چون دنای آن‌ها چگالی متوسط داشت ← فهمیدند طرح همانندسازی، قطعاً از نوع حفاظتی نمی‌باشد.

۳) دنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی (*پس از ۴۰ دقیقه*) بعد از گریز دادن **دو نوار**، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند.
دلیل ← چون نیمی از آن‌ها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند ← فهمیدند که طرح همانندسازی
- غیرحفاظتی نمی‌باشد.
- فقط نوع نیمه‌حفاظتی صحیح است.

مهم‌ترین عوامل مؤثر در همانندسازی

۱) مولکول دنای دورشته‌ای به عنوان الگو

۲) واحدهای سازندهٔ دنا
- نوکلئوتیدهای آزاد سه‌فسفاته داخل یاخته که در لحظهٔ اتصال به رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید، با شکستن پیوند اشتراکی بین فسفات‌ها ← دو فسفات خود را از دست می‌دهند.
- هنگامی که در رشته قرار می‌گیرند، همواره یک‌فسفاته هستند.

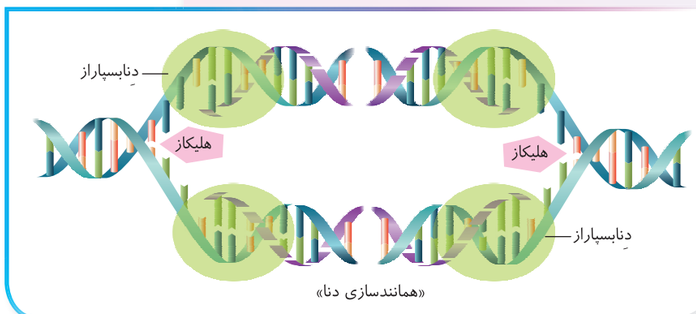
۳) آنزیم‌های لازم
- دو نوع اصلی آن
  - هلیکاز
  - دناپلیمراز
- آنزیم‌های فرعی ← قبل از شروع و در حین همانندسازی لازم هستند.

مراحل همانندسازی

۱) قبل از همانندسازی ← با کمک آنزیم‌هایی باید پیچ و تاب دنا باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند (*هیستون مخصوص یوکاریوت‌هاست*).
۲) مارپیچ دنا و دو رشتهٔ آن توسط آنزیم هلیکاز از هم باز می‌شود ← این عمل به تدریج صورت می‌گیرد و دو رشته از ابتدا کاملاً از هم جدا نمی‌شوند.
۳) انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا رشتهٔ الگو مقابل یک رشتهٔ دنا ساخته شود. یکی از مهم‌ترین این آنزیم‌ها دنابسپاراز است.

جهت همانندسازی

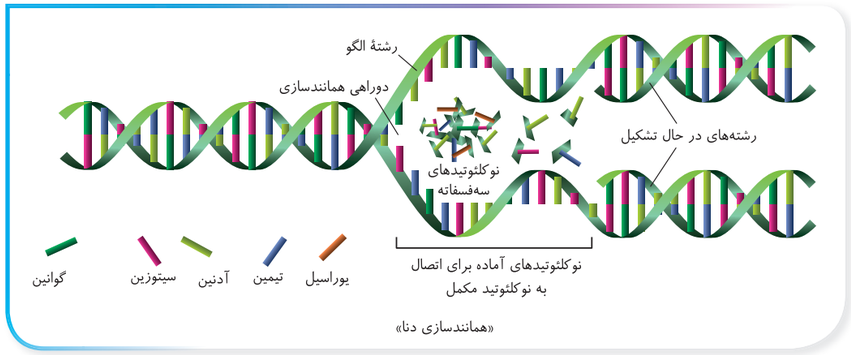
همواره از نقطه یا نقاط آغاز اختصاصی شروع می‌شود ← معمولاً به صورت دوجهته و همواره از هر دو رشتهٔ دنای الگو صورت می‌گیرد.



«همانندسازی دنا»

دوراهی همانندسازی

- در محلی که دو رشتهٔ دنا به وسیلهٔ هلیکاز از هم جدا می‌شوند ← دو ساختار Y مانند به وجود می‌آید ← به هرکدام، یک دوراهی همانندسازی می‌گویند.
- در این محل همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود که به آن همانندسازی دوجهتی نیز می‌گویند.
- ترتیب اتفاقات در فاصلهٔ بین ساختار Y:
  1. شکست پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته و باز شدن دو رشته از دو طرف توسط دو هلیکاز مختلف.
  2. قرارگیری نوکلئوتیدهای مکمل (*بستهٔ به نوع باز*) روبه‌روی رشتهٔ الگو و ایجاد پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل.
  3. شکسته شدن پیوند اشتراکی پرانرژی بین فسفات‌ها و ایجاد نوکلئوتید یک‌فسفاتهٔ جدید.
  4. تشکیل پیوند فسفودی‌استر جدید بین فسفات نوکلئوتید جدید با هیدروکسیل نوکلئوتید قبلی در همان رشته (*توسط دنابسپاراز*).
  5. اضافه شدن هر نوکلئوتید جدید، به نوع باز آلی مکمل آن در رشتهٔ الگو بستگی دارد.



«همانندسازی دنا»

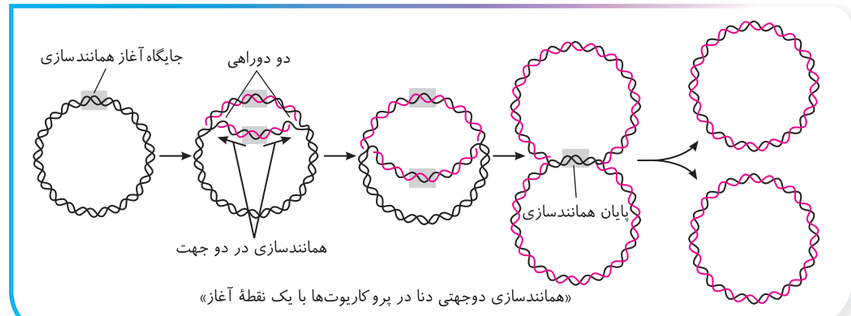
اعمال آنزیم‌ها

هلیکاز
۱. شناسایی نقطهٔ شروع همانندسازی به صورت اختصاصی
۲. باز کردن مارپیچ دنا
۳. باز کردن تدریجی دو رشتهٔ دنا با شکستن پیوند هیدروژنی

دنابسپاراز
۱. نوکلئوتیدها را براساس رابطهٔ مکملی با دقت زیادی مقابل هم قرار می‌دهد.
۲. برقرار کردن پیوند فسفودی‌استر در همانندسازی ← فعالیت بسپارازی (*پلیمرازی*)
۳. پس از برقراری **هم** پیوند فسفودی‌استر، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتیدها را بررسی می‌کند.
۴. ویرایش ← در صورت وجود نوکلئوتید جدید نادرست، پیوند فسفودی‌استر را با فعالیت نوکلئازی می‌شکند و آن را از دنا جدا می‌کند
   - سپس نوکلئوتید مناسب را قرار می‌دهد
     - به این عمل **ویرایش** می‌گویند.
     - اگر انجام نشود ← سپس ایجاد جهش پایدار می‌شود.
   - ضمن این عمل، پیوند هیدروژنی آن‌ها نیز شکسته می‌شود.

همانندسازی در پروکاریوت‌ها

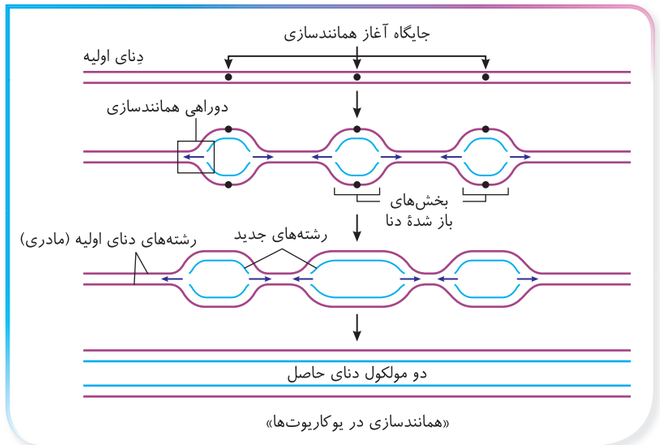
- فام‌تن اصلی آن‌ها به صورت یک مولکول دنای **حلقوی** در سیتوپلاسم و متصل به **غشای** یاخته است.
- علاوه بر دنای اصلی **ممکن** است دنای حلقوی دیگری به نام دیسک (*پلازمید*) داشته باشد ← دنای کمکی به غشا متصل نیست.
- دیسک می‌تواند ویژگی‌های دیگری به باکتری بدهد، مانند افزایش مقاومت باکتری به آنتی‌بیوتیک.
- اغلب فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر دنای اصلی و کمکی خود دارند.
- از یک نقطهٔ همانندسازی شروع می‌شود ← دو رشته توسط دو هلیکاز به تدریج از هم باز می‌شوند ← دو دوراهی همانندسازی ایجاد می‌شود.
- در هر دوراهی آن‌ها
  - یک هلیکاز وجود دارد.
  - دو دنابسپاراز وجود دارد.
- همانندسازی آن‌ها همانند یوکاریوت‌ها دوجهته می‌باشد ← در انتها دو دوراهی در مقابل نقطهٔ آغاز به هم می‌رسند ← همانندسازی در روبه‌روی نقطهٔ آغاز، تمام می‌شود ← دو مولکول *DNA* حلقوی از هم جدا می‌شوند.



«همانندسازی دوجهتی دنا در پروکاریوت‌ها با یک نقطهٔ آغاز»

همانندسازی در یوکاریوت‌ها

- آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند.
- انواع دنا
  - در فام‌تن هسته‌ای
    - دنای خطی دارد.
    - همراه دنا، مجموعه‌ای از پروتئین‌ها (*معمول‌ترین آن‌ها هیستون‌ها*) قرار دارد ← سبب فشردگی دنا می‌شوند.
    - بیشتر دنای یاخته را تشکیل می‌دهد ← دنای هسته‌ای را تشکیل می‌دهند.
  - سیتوپلاسمی
    - مقداری از دنای یاخته را تشکیل می‌دهد.
    - حلقوی می‌باشد و دو سر آزاد ندارد.
    - در راکیزه (*میتوکندری*) و دیسه (*پلاست*) وجود دارد ← برخی فعالیت این اندامک‌ها مثل تنفس و فتوسنتز را انجام می‌دهند.
- بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است ← علت آن
  - وجود مقدار زیادی دنا
  - قرار داشتن دنا در چندین فام‌تن ← دنای هر فام‌تن آن‌ها، چندین برابر دنای باکتری است.
- چندین نقطهٔ آغاز در هر فام‌تن دارند ← تا مدت زمان همانندسازی را کاهش دهند.
- تعداد جایگاه همانندسازی آن‌ها ← بستگی به مراحل رشد و نمو دارد و متغیر است
  - در مراحل مورولا و بلاستولای جنینی ← سرعت تقسیم زیاد ← تعداد جایگاه آغاز همانندسازی هم زیاد است.
  - پس از تشکیل اندام‌های جنین (*انتهای سه‌ماه اول جنینی در انسان*) ← سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کمتر می‌شود.
- به ازای هر نقطهٔ شروع همانندسازی ← دو دوراهی همانندسازی دارند.
- به ازای هر دوراهی همانندسازی ← یک هلیکاز و دو دنابسپاراز نیاز دارند.



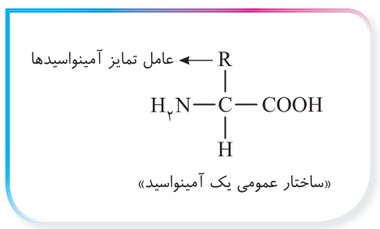
«همانندسازی در یوکاریوت‌ها»



پروتئین‌ها

ساختار آمینواسیدها

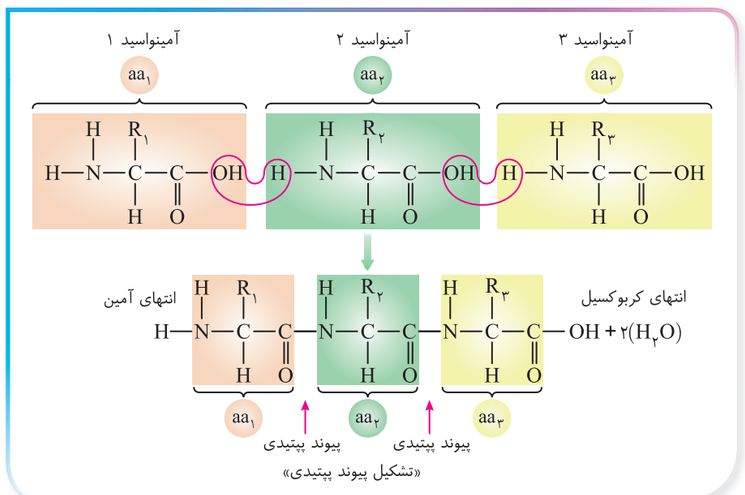
- پروتئین‌ها، بسپارهایی از آمینواسیدها هستند ← واحدهایی متشکل از اتم‌های کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن هستند *(برخی از آن‌ها، عناصر دیگری هم دارند)*.
- نوع، تعداد و ترتیب آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آن‌ها را مشخص می‌کند.
- متشکل از:
  - یک گروه آمین (NH_2) ← در سمت چپ
  - یک گروه اسیدی کربوکسیل $(COOH)$ ← در سمت راست
  - یک اتم هیدروژن
  - یک گروه R *(از اتم‌های مختلف)*
  - ← همگی به یک اتم کربن مرکزی متصلند.
- گروه R در آمینواسیدهای مختلف، متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به‌فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.
- هر آمینواسید به دلیل ماهیت شیمیایی گروه R، می‌تواند در شکل‌دهی پروتئین مؤثر باشد.
- در طبیعت، آمینواسیدهای گوناگونی وجود دارد ولی فقط ۲۰ نوع آن‌ها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.



«ساختار عمومی یک آمینواسید»

پیوند پپتیدی

- پیوند از نوع **اشتراکی** بین دو آمینواسید **مجاور** می‌باشد که با حضور **آنزیم** و خروج یک مولکول آب طی فرایند سنتز آبدهی شکل می‌گیرد.
- پیوند اشتراکی بین آمینواسیدهای مجاور هم را پیوند پپتیدی می‌گویند.
- برای تشکیل پیوند پپتیدی:
  - عامل کربوکسیل آمینواسید اول و عامل آمین از آمینواسید بعدی نقش دارند.
  - گروه هیدروکسیل (OH) از عامل کربوکسیل آمینواسید اول جدا می‌شود ← یک مولکول H_2O آزاد می‌شود.
  - یک اتم H از عامل آمینی (NH_2) آمینواسید بعدی نیز جدا می‌شود ← یک پیوند اشتراکی $(-C(=O)-NH-)$ به نام پپتیدی تشکیل می‌شود.
- وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم متصل می‌شوند ← به زنجیرهٔ آمینواسید حاصل، **پلی‌پپتید** گویند.
- یک یا چند زنجیرهٔ **بلند** و **بدون** شاخه از پلی‌پپتید ← تشکیل یک **پروتئین** می‌دهد.
- هر پروتئین:
  - ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد.
  - شکل‌دهی آن به نوع هر آمینواسید و گروه R آن بستگی دارد.



«تشکیل پیوند پپتیدی»

نکات

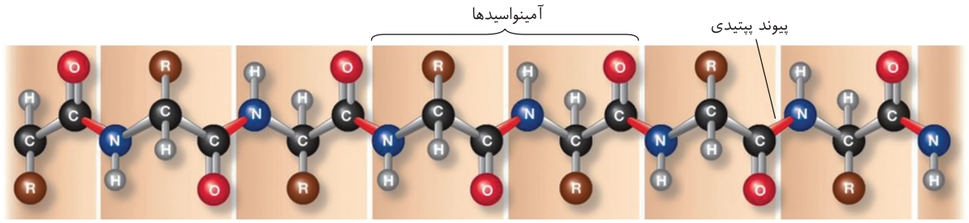
- از جمله مولکول‌هایی هستند که نقش بسیار مهمی در **فرایندهای یاخته‌ای** دارند *(برخلاف دنا و رنا، به ذخیره و انتقال اطلاعات کمک نمی‌کنند)*.
- **متنوع‌ترین** گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند.
- نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدهای آن ← ساختار آن را ایجاد می‌کند ← شکل فضایی آن ← نوع عمل آن را مشخص می‌کند.
- یکی از راه‌های پی بردن به شکل پروتئین ← استفاده از **پرتو X** است.
- با استفاده از تصاویر حاصل از پرتو X و روش‌های دیگر ← محققین به ساختار **سه‌بعدی** پروتئین‌ها پی می‌برند ← به کمک پرتو X، حتی **جایگاه هر اتم** را می‌توانند مشخص کنند.
- اولین پروتئینی که ساختار آن مشخص شد، **میوگلوبین** بود.
- میوگلوبین از **یک** رشتهٔ پلی‌پپتیدی تشکیل شده است ← ساختار نهایی آن، ساختار سوم می‌باشد ← در یاختهٔ ماهیچه‌ای به ذخیرهٔ آهن و اکسیژن می‌پردازد.
- هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آن‌ها را شناسایی می‌کنند.

سطوح ساختاری پروتئین‌ها

از چهار ساختار تشکیل شده است ← هر ساختار ← مبنای تشکیل ساختار بالاتر از خود است.

ساختار اول (توالی آمینواسیدها)

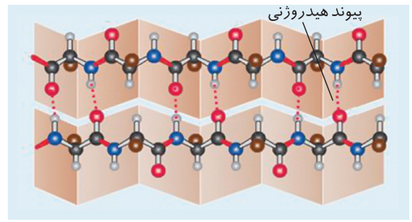
- نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند.
- این ساختار خطی است و با تشکیل پیوند اشتراکی از نوع پپتیدی شکل می‌گیرد.
- تغییر آمینواسید در **هر** جایگاه، موجب تغییر در ساختار اول می‌شود.
- تغییر آمینواسید **ممکن** است فعالیت آن را تغییر دهد.
- عدم محدودیت در توالی آمینواسیدها ← موجب تنوع بسیار زیاد پروتئین‌ها می‌شود.
- همهٔ سطوح دیگر ساختاری پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارد.
- پیوند پپتیدی آن ← بین عوامل کربوکسیل و آمینی دو آمینواسید مجاور صورت می‌گیرد.



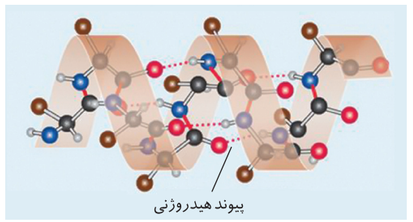
«ساختار اول پروتئین‌ها»

ساختار دوم (الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی)

- بین **بخش‌هایی** از زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی ← می‌تواند پیوند هیدروژنی برقرار شود.
- به چند صورت دیده می‌شود. دو نوع معروف آن‌ها:
  - ساختار مارپیچ (*در هر رشتهٔ هموگلوبین دیده می‌شود.*)
  - ساختار صفحه‌ای
- همهٔ آمینواسیدها در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت نمی‌کنند.
- پیوند هیدروژنی بین H عامل آمینی (NH) با اکسیژن عامل کربوکسیلی ($C=O$) برخی آمینواسیدها صورت می‌گیرد.
- اولین تاخوردگی مولکول در این ساختار دیده می‌شود.



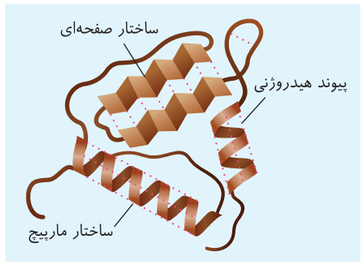
«ساختار صفحه‌ای»



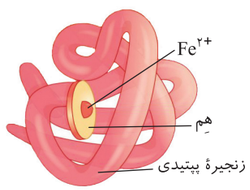
«ساختار مارپیچ»

ساختار سوم (تاخورده و متصل به هم)

- در اثر تاخوردگی **بیشتر** صفحات و مارپیچ‌ها رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل **مختلف** درمی‌آیند.
- نحوهٔ تشکیل در اثر برهم‌کنش‌های **آب‌گریز** می‌باشد ← نزدیک شدن گروه R آمینواسیدهایی که آب‌گریز هستند:
  - به هم نزدیک می‌شوند.
  - تا در معرض آب نباشند.
- این ساختار با تشکیل پیوندهای هیدروژنی، اشتراکی و یونی **تثبیت** می‌شود.
- مجموع این نیروها ← سبب پیچیده شدن و کنار هم قرار گرفتن قسمت‌های مختلف پروتئین می‌شود.
- پیوند اشتراکی در این ساختار برخلاف ساختار اول از نوع پپتیدی نمی‌باشد.
- با وجود این نیروها، ساختار سوم **ثبات نسبی** دارد.
- ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید (*جهش جانشینی در ژن سازندهٔ آن‌ها*) هم می‌تواند ساختار و هم عملکرد را به شدت تغییر دهد.
- مثال پروتئین با ساختار سوم: میوگلوبین ← یک گروه غیرآلی هم ← یک آهن ← یک O_2 دارد.



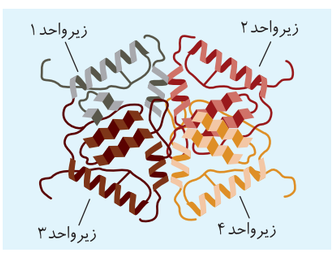
«ساختار سوم پروتئین‌ها»



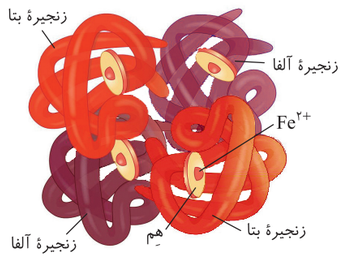
«میوگلوبین با ساختار سوم»

ساختار چهارم (آرایش زیرواحدها)

- **بعضی** پروتئین‌ها ساختار چهارم را دارند ← باید بیش از یک زنجیرهٔ پلی‌پپتید داشته باشند.
- دو یا چند زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی در کنار هم این ساختار را تشکیل می‌دهند ← نحوهٔ آرایش زیرواحدها سبب ساختار چهارم می‌شود.
- هر یک از زنجیره‌ها نقش کلیدی در شکل‌گیری پروتئینی دارد.
- مثال این ساختار: هموگلوبین که ۴ زنجیره دارد:
  - ۲ زنجیره از نوع آلفا
  - ۲ زنجیره از نوع بتا
  - ۴ گروه هم و آهن
  - هر زنجیره ترتیب خاصی از آمینواسیدها ← در ساختار اول دارد.
  - شکل مارپیچی اولیه ← در ساختار دوم دارد.
  - هر زیرواحد تاخورده با شکل خاص کروی سه‌بعدی ← ساختار سوم دارد.
  - قرارگیری چهار زیرواحد کنار هم ← ساختار چهارم را ایجاد می‌کند.



«ساختار چهارم پروتئین‌ها»



«هموگلوبین با ساختار چهارم»

انواع نقش پروتئین‌ها

۱. آنزیمی ← به صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند ← سرعت واکنش شیمیایی خاصی را افزایش می‌دهند.
۲. گیرندهٔ سطح یاخته ← به‌طور مثال گیرنده‌های آنتی‌ژنی در سطح لنفوسیت‌ها نمونه‌ای از این‌هاست (*پلاسموسیت‌ها، گیرندهٔ آنتی‌ژنی ندارند*).
۳. انتقال دهنده ← مانند هموگلوبین که گاز تنفسی را منتقل می‌کند.
۴. پمپ سدیم - پتاسیم ← ۲ نوع فعالیت دارد:
   - ۱) نقش آنزیمی ← خاصیت هیدرولیز ATP دارد.
   - ۲) نقش جابه‌جایی یون‌های سدیم و پتاسیم در عرض غشا
۵. ساختاری ← مثل کلاژن که باعث استحکام بافت **پیوندی** می‌شوند ← زردپی، رباط، لایهٔ درم پوست و استخوان‌ها مقدار فراوانی از آن را دارند.
۶. انقباض ← انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است.
۷. نشانه‌ای (*پیام‌آور*) ← بیشتر هورمون‌ها پروتئینی هستند ← مانند اکسی‌توسین و انسولین
۸. تنظیمی ← مثل مهارکننده‌ها و فعال‌کننده‌ها که نقش تنظیمی در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها برعهده دارند.

آنزیم‌های پروتئینی

تکات
- سوخت‌وساز یا همان انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده را انجام می‌دهند.
- در صورتی یک واکنش شیمیایی سرعت مناسب می‌گیرد که ← انرژی فعال‌سازی (*انرژی اولیه*) کافی داشته باشد.
- فعالیت آنزیم
  - افزایش امکان برخورد مناسب مولکول‌های پیش‌ماده را فراهم می‌کنند.
  - کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش را سبب می‌شوند.
- سرعت واکنش‌های انجام‌شدنی را زیاد می‌کند.
- بعضی مواد سمی مانند سیانید و آرسنیک با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم مانع فعالیت آن می‌شوند. ← بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.
- بدون آنزیم ← سوخت‌وساز یاخته‌ها در دمای بدن بسیار کند می‌شود ← انرژی لازم برای حیات تأمین نمی‌شود.

محل تولید در یوکاریوت‌ها
- ریبوزوم آزاد در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم ← آنزیم‌های هسته، مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم، میتوکندری و کلروپلاست را می‌سازد.
- ریبوزوم شبکهٔ آندوپلاسمی ← به دستگاه گلژی می‌رود ← پس از بسته‌بندی
  - آنزیم غشایی می‌شود (*پمپ سدیم - پتاسیم*).
  - اگزوسیتوز می‌شوند ← آنزیم گوارشی
  - آنزیم لیزوزوم و واکوئول را می‌سازند.

محل فعالیت
- درون یاخته ← مانند آنزیم‌های مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز، همانندسازی، رونویسی، ترجمه، گلیکولیز
- بیرون یاخته ← مانند آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش مانند آمیلاز بزاق و لیپاز
- سطح غشای یاخته ← مانند پمپ سدیم - پتاسیم
- صفرا و موسین لولهٔ گوارش نقش آنزیمی ندارد.

ساختار
- بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند و بعضی غیرپروتئینی هستند، مانند *rRNA* در ریبوزوم
- هر نوع آنزیم پروتئینی و *RNA*ای، در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال** دارند که بخش اختصاصی اتصال به پیش‌ماده است.
- پیش‌ماده ← ترکیباتی که آنزیم‌ها روی آن عمل می‌کنند.
- محصول (*فراورده*) ← ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند.
- بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به ماده‌ای نیاز دارند
  - کوآنزیم ← مواد آلی مثل ویتامین‌ها یا کوآنزیم *A* در تنفس هوازی
  - یون‌های فلزی مانند مس و آهن



«طرز عمل آنزیم در واکنش‌های سوخت‌وسازی (الف) تجزیه، (ب) ترکیب»

عملکرد اختصاصی
- آنزیم روی یک یا چند پیش‌مادهٔ خاص مؤثر است (*عمل اختصاصی آنزیم*).
- شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد (*مکمل یکدیگرند*).
- برخی از آن‌ها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند ← مثلاً دنابسپاراز هم فعالیت نوکلئازی و هم فعالیت پلیمرازی (*بسپارازی*) دارد.
- در **همهٔ** واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران شرکت می‌کنند و سرعت واکنش را زیاد می‌کنند ← انرژی فعال‌سازی را کاهش می‌دهند.
- در پایان واکنش دست‌نخورده باقی می‌مانند (*برخی از آن‌ها استفاده می‌شوند*)، به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند.
- به مرور مقداری از آن‌ها از بین می‌روند و یاخته آن را می‌سازد.
- تغییر در ساختار آنزیم‌ها
  - اگر سبب تغییر در جایگاه فعال شود ← احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است.
  - اگر در جایی دور از جایگاه فعال باشد ← به‌طوری که روی عمل آن اثر نگذارد ← احتمال تغییر در عملکرد آنزیم را کم و یا حتی صفر می‌کند.

عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم

pH
- pH بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است ($pH=7/4$ *خون*. $pH=2$ *ترشحات معده*).
- هر آنزیم در یک *pH* ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن ***pH* بهینه** می‌گویند.
- *pH* بهینهٔ پپسین ۲ و *pH* بهینهٔ آنزیم‌های لوزالمعده ۸ می‌باشد.
- تغییر *pH* محیط با تأثیر بر پیوندهای **شیمیایی**، باعث تغییر شکل و تغییر فعالیت آنزیم می‌شود ← امکان اتصال آنزیم به پیش‌ماده کم می‌شود.

دما
- بهترین فعالیت آنزیم‌های بدن در ۳۷ درجه است (*به‌جز آنزیم‌های درون کیسهٔ بیضه که در دمای ۳۴°C فعالیت بهینه دارند*).
- آنزیم‌ها در دمای بالاتر، شکل غیرطبیعی یا برگشت**ناپذیر** پیدا می‌کنند و غیرفعال می‌شوند.
- آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند، با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت **فعال** برگردند.

غلظت آنزیم و پیش‌ماده
- مقدار **بسیار کم** آنزیم برای تبدیل مقدار زیادی پیش‌ماده به فراورده در واحد زمان، کافی است.
- افزایش مقدار آنزیم در بدن ← تولید فراورده در واحد زمان افزایش می‌یابد.
- افزایش غلظت پیش‌مادهٔ آنزیم
  - در صورت وجود مقدار مناسب آنزیم ← سرعت واکنش زیاد و تولید محصول بیشتر می‌شود.
  - اگر با محدودیت آنزیم‌ها، سبب اشباع جایگاه فعال شود ← سرعت واکنش پس از اشباع آنزیم‌ها ثابت می‌شود.

گفتار ۱

بیماری کم‌خونی داسی‌شکل

- نوعی بیماری ارثی مستقل از جنس نهفته می‌باشد که به صورت Hb^SHb^S در فرد بروز می‌یابد.
- جهش ژنی جانشینی کوچک در یک جفت نوکلئوتید دارند.
- فقط در ششمین آمینواسید زنجیرهٔ بتای هموگلوبین با نوع طبیعی تفاوت دارند ← والین به جای گلوتامیک اسید دارند.
- این بیماری ارتباط بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد.
- هموگلوبین و گویچهٔ قرمز این افراد به جای گرد بودن، به صورت داسی‌شکل می‌باشد.
- افراد بیمار (Hb^SHb^S) و ناقل سالم (Hb^AHb^S) برخلاف افراد فاقد الل بیماری Hb^AHb^A، نسبت به مالاریا مقاوم هستند.
- افراد بیمار معمولاً به سن بلوغ نمی‌رسند و می‌میرند.

رونویسی

تکات

- دنا از ۴ نوع نوکلئوتید تشکیل شده است که تفاوت آن‌ها در بازهای آلی است.
- توالی ۳تایی از نوکلئوتیدها بیانگر نوعی آمینواسید (۲۰ *نوع آمینواسید*) است.
- با ۴ نوع نوکلئوتید ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود.
- به هر یک از این توالی‌های سه‌تایی (*سه‌نوکلئوتیدی*) در دنا، رمز می‌گویند.
- رونویسی ← به ساخته شدن مولکول رنا از روی **بخشی** از یک رشتهٔ دنا می‌گویند.
- رنا نقش مولکول میانجی را دارد که اطلاعات دنا را برای ساخت پلی‌پپتید به رناتن در سیتوپلاسم انتقال می‌دهد.
- اساس رونویسی شبیه همانندسازی است (*با توجه به نوکلئوتیدهای رشتهٔ رنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیرهٔ رنا قرار می‌گیرند و به هم متصل می‌شوند*).
- برخلاف همانندسازی که در هر چرخهٔ یاخته‌ای یک‌بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود.
- نوکلئوتید یوراسیل‌دار رنا به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین‌دار دنا قرار می‌گیرد.
- ریبوزوم به صورت کامل و فعال در هسته وجود ندارد ولی درون میتوکندری، پلاست‌ها، روی شبکهٔ آندوپلاسمی و مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم وجود دارند و پروتئین‌سازی می‌کنند.
- رونویسی برخلاف همانندسازی، فرایندی یک‌جهته و فاقد دوراهی می‌باشد.

آنزیم‌های مورد نیاز (تحت عنوان کلی رنابسپاراز)

- پروکاریوت ← یک نوع رنابسپاراز وظیفهٔ ساخت انواع رنا را برعهده دارد.
- یوکاریوت
  - رنابسپاراز ۱ ← سنتز رنای رناتنی (*rRNA*)
  - رنابسپاراز ۲ ← سنتز رنای پیک (*mRNA*)
  - رنابسپاراز ۳ ← سنتز رنای ناقل (*tRNA*)

محل فرایند

- در سیتوپلاسم پروکاریوت‌ها انجام می‌شود.
- درون میتوکندری و کلروپلاست صورت می‌گیرد.
- در هستهٔ یوکاریوت‌ها انجام می‌شود.

مراحل رونویسی (فرایندی پیوسته)

همانند عمل همانندسازی به صورت پیوسته صورت می‌گیرد.

۱ مرحلهٔ آغاز

۱) رنابسپاراز توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای در دنا به نام راه‌انداز را برای رونویسی ژن از محل صحیح خود شناسایی می‌کند ← آنزیم روی هر دو رشتهٔ دنا قرار می‌گیرد.
۲) راه‌انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به‌طور دقیق پیدا و تولید رنا را از آنجا آغاز کند.
۳) *RNA* پلیمراز (*رنابسپاراز*)، بخش **کوچکی** از مولکول دنا را باز می‌کند.
۴) نوکلئوتیدهای سه‌فسفاته با قند ریبوز روبه‌روی رشتهٔ الگوی دنا قرار می‌گیرند.
۵) دو فسفات نوکلئوتید جدید با شکستن پیوند اشتراکی جدا می‌شود و سپس به نوکلئوتید قدیم با پیوند فسفودی‌استر متصل می‌شود.
۶) زنجیرهٔ **کوتاهی** از رنا در این مرحله ساخته می‌شود.
۷) در این مرحله، پیوند هیدروژنی بین دو رشتهٔ دنا شکسته و بین رنا و دنا تشکیل می‌شود.
۸) در این مرحله، پیوند اشتراکی بین فسفات‌های هر نوکلئوتید شکسته می‌شود.
۹) در این مرحله، تعداد کمی پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدهای ریبوزدار متصل می‌شود.

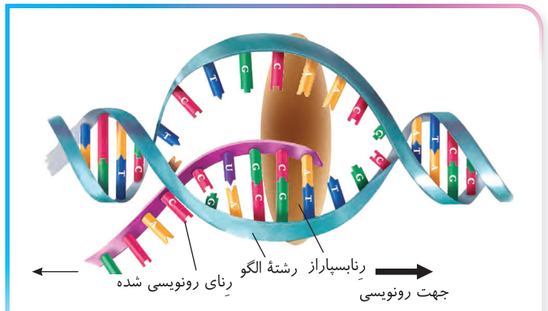
۲ مرحلهٔ طویل شدن

۱) رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد.
۲) دو رشتهٔ دنا در جلوی آن باز و *RNA*سازی ادامه می‌یابد و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنای در حال تولید از دنا جدا می‌شود.
۳) دو رشتهٔ دنا مجدداً به هم می‌پیوندند.
۴) در این مرحله پیوند هیدروژنی بین رنا و دنا، هم تشکیل و هم شکسته می‌شود.
۵) بیشترین پیوند فسفودی‌استر رنا در این مرحله تشکیل می‌شود.

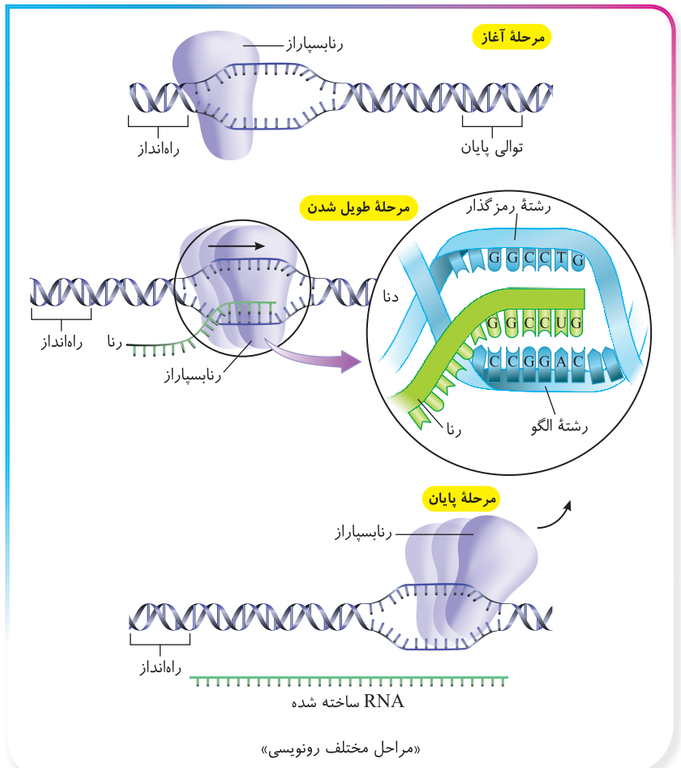
۳ مرحلهٔ پایان

در دنا توالی‌های ویژه‌ای به نام **پایان رونویسی** وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز می‌شود.
توالی پایان نیز توسط رنابسپاراز رونویسی می‌شود.
رنای تولید شده ابتدا از دنا و رنابسپاراز جدا می‌شود.
آنزیم از مولکول دنا جدا می‌شود.
دو رشتهٔ دنا با پیوند هیدروژنی به هم متصل می‌شوند.
همانند مرحلهٔ قبل پیوندهای هیدروژنی بین رنا و دنا هم تولید و هم تخریب می‌شوند.

فقط در مرحلهٔ آغاز، پیوند هیدروژنی بین رنا و دنا تجزیه نمی‌شود.
در هر سه مرحله، شکستن پیوند اشتراکی بین فسفات‌های هر نوکلئوتید و تشکیل پیوند هیدروژنی و فسفودی‌استر صورت می‌گیرد.
رنابسپاراز برخلاف دنابسپاراز، قدرت ویرایش و تجزیهٔ پیوند فسفودی‌استر ندارد.



«طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی»

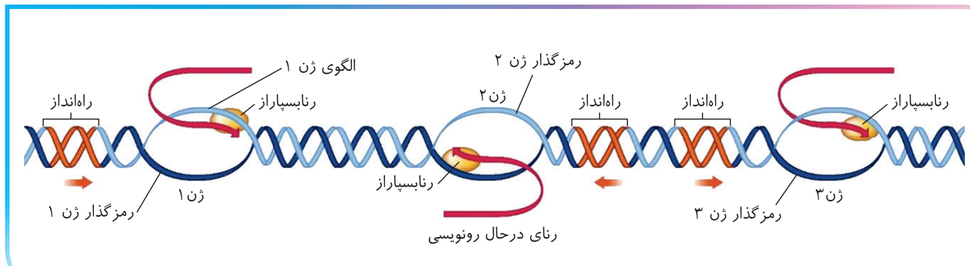


«مراحل مختلف رونویسی»

دو نوع رشتهٔ دنا در هر ژن

رشتهٔ الگو
- رشتهٔ دنا که مکمل رنای رونویسی شده است را رشتهٔ الگو می‌گویند.
- در یک مولکول دنا رشتهٔ مورد رونویسی یک ژن، ممکن است با رشتهٔ مورد رونویسی ژن‌های دیگر یکسان یا متفاوت باشد.

رشتهٔ رمزگذار
- به رشتهٔ مکمل رشتهٔ الگو در مولکول دنا، رشتهٔ رمزگذار گفته می‌شود.
- توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنایی است که از روی رشتهٔ الگوی آن ساخته می‌شود.
- تفاوتی با رنا در نوکلئوتیدهای آن از نظر قند دارد ولی در مورد باز آلی، فقط به جای نوکلئوتید تیمین در دنا، نوکلئوتید یوراسیل‌دار در رنا قرار دارد.

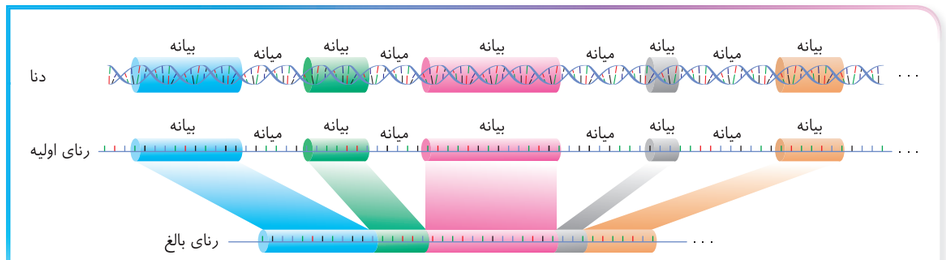


- در یک مولکول دنا، ژن‌هایی که رشتهٔ الگوی یکسانی دارند، جهت رونویسی یکسانی هم دارند (*مثل ژن ۱ و ۳*).
- اگر بین دو ژن، راه‌اندازی وجود نداشته باشد (*مثل ژن ۱ و ۲*) ← جهت رونویسی آن‌ها متفاوت است ← رشتهٔ الگوی متفاوت دارند.
- اگر بین دو ژن، دو راه‌انداز وجود داشته باشد (*مثل ژن ۲ و ۳*) ← جهت رونویسی آن‌ها متفاوت است ← رشتهٔ الگوی متفاوت دارند.
- اگر بین دو ژن، یک راه‌انداز وجود داشته باشد ← جهت رونویسی یکسانی دارند ← رشتهٔ الگوی یکسانی نیز دارند.

تغییرات رنای پیک

- در یوکاریوت‌ها، رنای ساخته شده در هسته با رنای فعال سیتوپلاسمی آن، تفاوت‌هایی دارد.

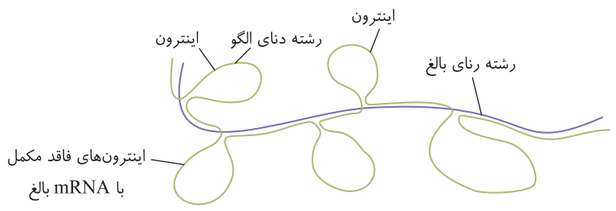
انواع
- تغییرات در حین رونویسی
- تغییرات پس از رونویسی
  - **پیرایش** یکی از این تغییرات است که بخش‌هایی از مولکول‌های رنای پیک به نام رونوشت‌های اینترون حذف می‌شوند.
  - اتصال برخی رناهای کوچک به رنای پیک برای جلوگیری از فعالیت ترجمهٔ ریبوزوم‌ها (*رناتن‌ها*)



«پیرایش در بخشی از رنای یک ژن»

تکات پیرایش رنای پیک

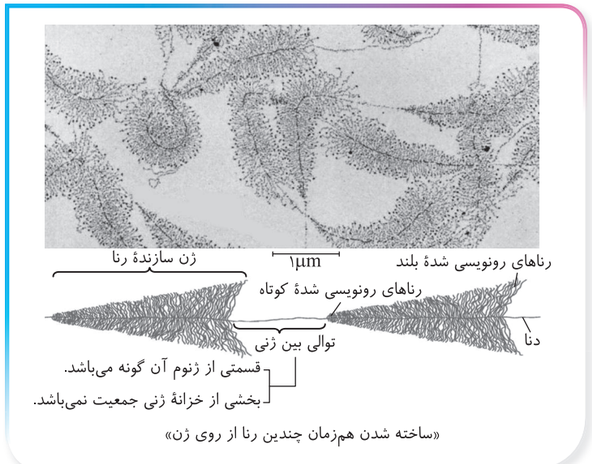
- رنای ساخته شده در رونویسی هستهٔ یوکاریوت‌ها با رنایی که در سیتوپلاسم آن‌ها وجود دارد، تفاوت‌هایی دارد.
- در **بعضی** ژن‌ها مشاهده می‌شود که *RNA* پیک سیتوپلاسمی از نمونهٔ هسته‌ای آن کوتاه‌تر است.
- در حقیقت برخی قسمت‌های رونویسی شده، در هسته طی فرایندی به نام پیرایش حذف می‌شوند.
- محققین با مجاور قرار دادن
  - رنای پیک اولیهٔ رونویسی شدهٔ هسته با رشتهٔ الگوی آن در دنا ← متوجه شدند که کاملاً مکملند و به هم متصل می‌شوند.
  - رنای پیک بالغ سیتوپلاسمی با رشتهٔ الگوی آن در دنا
    - متوجه شدند که برخی قسمت‌های دنا به صورت حلقه درمی‌آیند و مکمل نیستند.
    - به قسمت‌های حلقه شدهٔ دنا، توالی‌های اینترون یا میانه می‌گویند.



«طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن»

تعاریف
- اینترون (*میانه*) ← بخشی از ژن در مولکول دنا که رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده است.
- اگزون (*بیانه*) ← سایر بخش‌های ژنی مولکول دنا که رونوشت آن‌ها حذف نمی‌شود.
- رنای نابالغ یا اولیه ← رنای رونویسی شده از رشتهٔ الگو که در ابتدا دارای رونوشت‌های میانه و بیانهٔ دنا است.
- رنای بالغ ← رنایی است که فقط رونوشت‌های اگزون یا میانه دارد.

- برای حذف هر رونوشت اینترون، دو پیوند فسفودی‌استر در رنای پیک اولیه شکسته می‌شود و یکی بین رونوشت‌های اگزون مجاور ایجاد می‌شود.
- اینترون‌ها و اگزون‌ها، توالی‌هایی از یک ژن با اندازه‌های متفاوت می‌باشند.
- تمام نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگوی اینترون و اگزون، رونویسی می‌شوند ولی سپس، تمام بخش‌های رونوشت اینترون‌ها با پیرایش حذف می‌شوند.
- عمل پروتئین‌سازی از روی بخش‌هایی از اگزون‌های باقی‌مانده در رنای پیک بالغ صورت می‌گیرد.



«ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی ژن»

شدت و میزان رونویسی

- میزان رونویسی از یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فراورده‌های حاصل آن بستگی دارد.
- مثال: ژن‌های سازندهٔ رنای رناتنی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند ← این یاخته‌ها باید *rRNA* زیادی بسازند.
- ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی ژن باعث می‌شود که در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازهٔ رناها از اندازهٔ کوتاه به بلند دیده شود.
- در رونویسی هم‌زمان تعداد زیادی از یک نوع رنا از یک ژن، رناهایی که اندازهٔ بلندتری دارند به توالی پایان نزدیک‌ترند.

گفتار ۲

پروتئین‌ها

عوامل لازم در ترجمه

نکات
- پلی‌پپتیدها از مهم‌ترین فراورده‌های ژن‌ها هستند که اعمال مختلفی را در بدن انجام می‌دهند.
- از روی توالی دنا، **رونویسی** رنا و از روی رنا با فرایند **ترجمه**، پلی‌پپتید حاصل می‌شود.
- ترجمه ← به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنای پیک گفته می‌شود.
- پروتئین‌سازی در مناطق دارای ریبوزوم فعال صورت می‌گیرد
  - بسترهٔ راکیزه
  - بسترهٔ سبزدیسه
  - مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم
  - روی شبکهٔ آندوپلاسمی

۱ آمینواسیدها
- ۲۰ نوع آن‌ها در ساختار پلی‌پپتیدها به کار می‌روند.

۲ رناهای ناقل

پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود
- تاخوردگی اولیه
  - برخی مناطق آن پیوند هیدروژنی دارد.
  - با تشکیل پیوند هیدروژنی روی خود تا می‌خورد.
- ساختار سه‌بعدی ← تاخوردگی بیشتر
- هر دو ساختار دارای توالی آنتی‌کدون بدون پیوند هیدروژنی می‌باشند.
- در هر دو ساختار توالی محل اتصال آمینواسید وجود دارد.

ساختار
- محل اتصال آمینواسید در یک سمت آن می‌باشد.
- پادرمزه (*آنتی‌کدون*)
  - ۶۱ نوع مختلف می‌باشند.
  - عامل تمایز *tRNA*ها می‌باشند.
  - حاوی سه نوکلئوتید هستند.
  - روبه‌روی رمزه‌های مربوط به آمینواسیدها قرار می‌گیرند و با آن‌ها پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند.
- به‌جز توالی پادرمزه (*آنتی‌کدون*) سایر قسمت‌ها در همهٔ *tRNA*ها، توالی مشابهی دارند.

تعداد انواع پادرمزه از رمزه کمتر است (*برای رمزه‌های پایان، رنای ناقل وجود ندارد*).

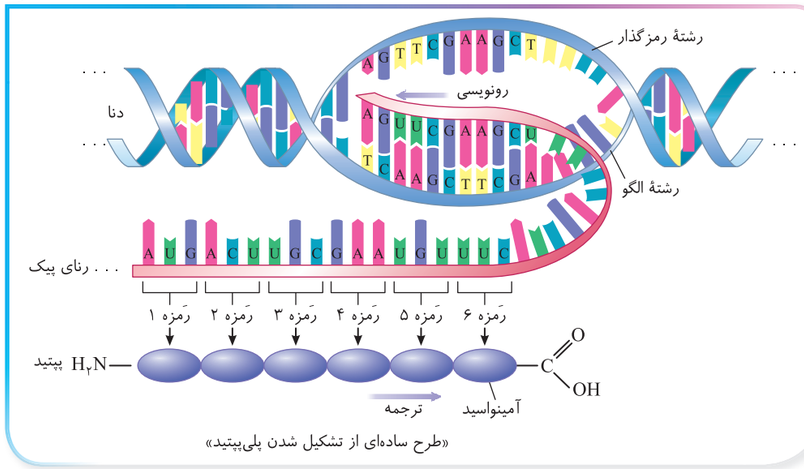
نحوهٔ عمل
- هر نوع آمینواسید، به هر نوع رنای ناقل متصل نمی‌شود.
- آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارد که با تشخیص توالی پادرمزه، آمینواسید مناسب را در سیتوپلاسم به رنای ناقل متصل می‌کنند.
- اتصال آمینواسید به *tRNA*، نیازمند انرژی می‌باشد.

۳ رناتن
- درون میتوکندری، کلروپلاست روی شبکهٔ آندوپلاسمی و مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم وجود دارد و فعال است.
- محل ساخت پلی‌پپتید می‌باشد.
- از دو زیرواحد کوچک و بزرگ تشکیل شده‌اند.
- هر زیرواحد از رنا و پروتئین تشکیل شده است ← *rRNA* و پروتئین ریبوزومی دارد.
- در ساختار کامل خود، سه جایگاه به نام *A*، *P* و *E* دارد.

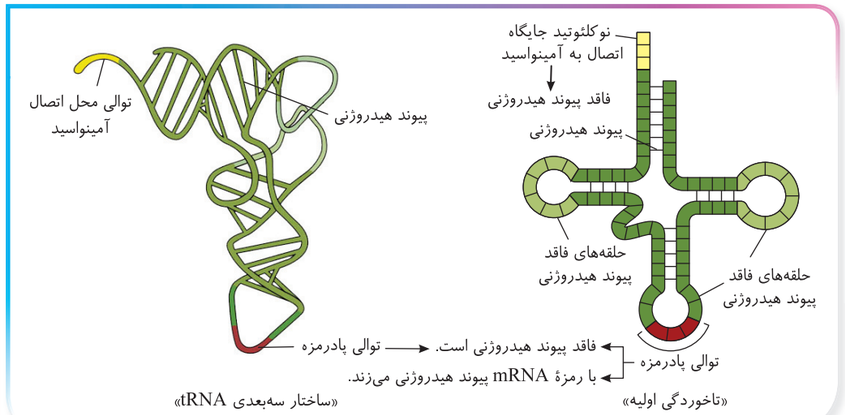
۴ رنای پیک
- توالی‌های سه‌نوکلئوتیدی رنای پیک را رمزه (*کدون*) می‌گویند ← این توالی‌ها تعیین می‌کنند که کدام آمینواسید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد.
- ۶۴ نوع رمزه وجود دارد که سه‌تای آن رمزهٔ پایان هستند (*UGA*، *UAA* و *UAG*).
- رمزهٔ پایان هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کند.
- رمزهٔ آغاز یا *AUG* معرف آمینواسید متیونین است.

۵ منبع انرژی واکنش
- برای تهیهٔ پلی‌پپتید به مولکول‌های پرانرژی مانند *ATP* نیاز است.

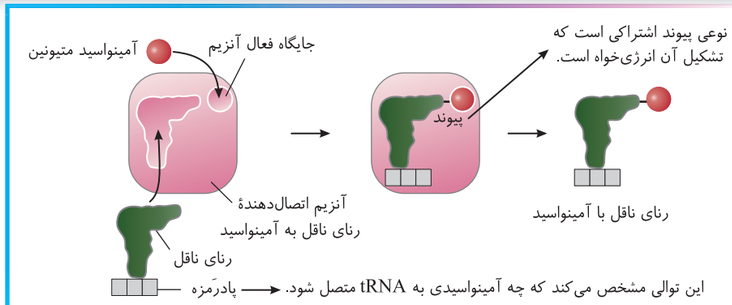
۶ آنزیم‌ها
- به صورت متنوع در ریبوزوم به فعالیت می‌پردازند.



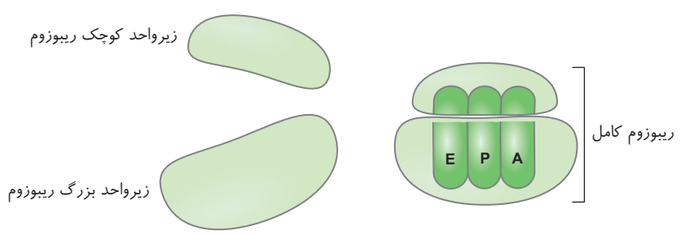
«طرح ساده‌ای از تشکیل شدن پلی‌پپتید»



«ساختار سه‌بعدی tRNA» «تاخوردگی اولیه»



«نحوهٔ پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژهٔ آن»



«ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رناتن»

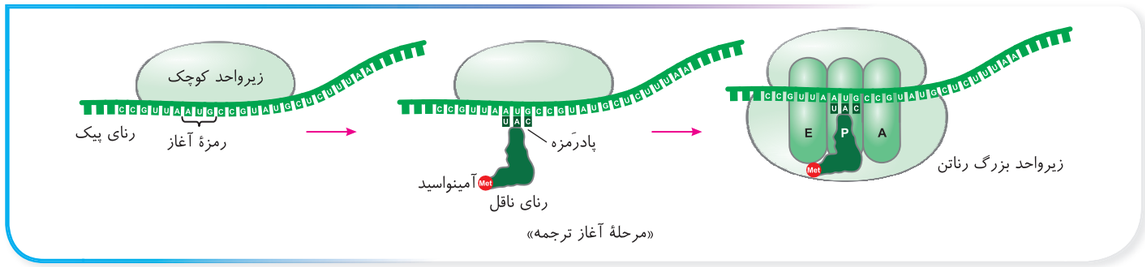
مراحل ترجمه (فرایندی پیوسته)

همانند رونویسی، میتوز و همانندسازی فرایندی پیوسته می‌باشد.
تعریف ← ساخت رشتهٔ پلی‌پپتید از روی *mRNA* در ریبوزوم می‌باشد.

۱ مرحلهٔ آغاز

۱) بخش‌هایی از رنای پیک، زیرواحد **کوچک** رناتن را به سوی رمزهٔ آغاز، هدایت می‌کند تا کدون *AUG* وارد جایگاه *P* شود.
۲) رنای ناقل که مکمل رمزهٔ آغاز است، به همراه آمینواسید متیونین وارد ریبوزوم در جایگاه *P* می‌شود.
۳) زیرواحد بزرگ رناتن به این مجموعه اضافه شده و ساختار رناتن کامل می‌شود.

نکات
- در این مرحله جایگاه *P* در رناتن محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید متیونین است.
- جایگاه *A* و *E* خالی می‌مانند.
- در این مرحله، درون ریبوزوم فقط پیوند هیدروژنی در جایگاه *P* بین کدون و آنتی‌کدون برقرار می‌شود.
- در این مرحله، قبل از کامل شدن شکل ریبوزوم، اولین رمزه در جایگاه *P* ترجمه می‌شود.

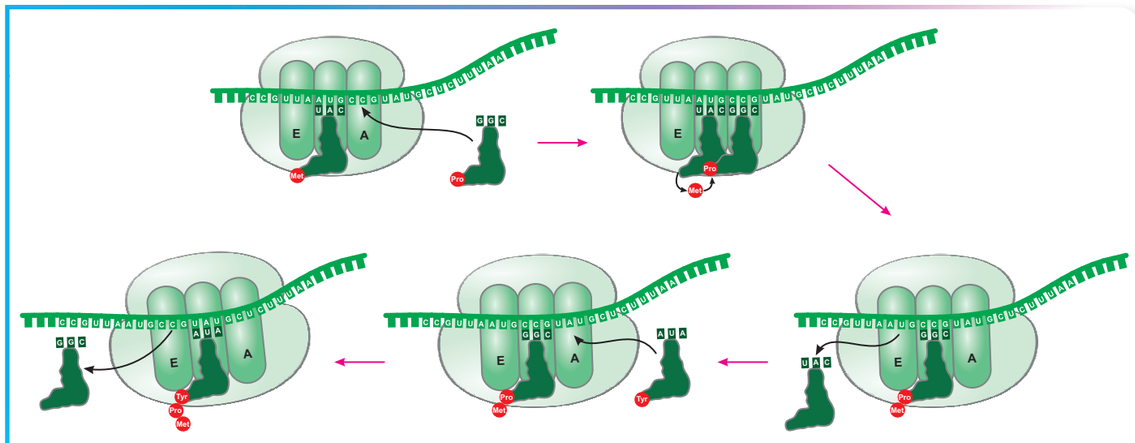


«مرحلهٔ آغاز ترجمه»

۲ مرحلهٔ طویل شدن

۱) رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه *A* رناتن می‌شوند ولی فقط رنایی که مکمل رمزهٔ جایگاه *A* است، **استقرار** پیدا می‌کند.
۲) آمینواسید جایگاه *P* از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه *A* پیوند پپتیدی برقرار می‌کند.
۳) رناتن به اندازهٔ یک رمزه به سوی رمزهٔ پایان پیش می‌رود.
۴) رنای ناقل حامل رشتهٔ دی‌پپتیدی در جایگاه *P* قرار می‌گیرد.
۵) جایگاه *A* خالی می‌شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد.
۶) رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه *E* قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه با شکستن پیوند هیدروژنی خارج می‌شود.
۷) این مراحل تکرار می‌شود و طول زنجیرهٔ آمینواسیدی بیشتر می‌شود تا رناتن به یکی از رمزه‌های پایان برسد.

نکات
- در این مرحله، پیوند اشتراکی بین *tRNA* و آمینواسید در جایگاه *P* شکسته می‌شود.
- در این مرحله، پیوند اشتراکی پپتیدی بین آمینواسیدها در جایگاه *A* تشکیل می‌شود.
- در این مرحله، پیوند هیدروژنی بین رمزه و پادرمزه در جایگاه *A* تشکیل می‌شود.
- در این مرحله، پیوند هیدروژنی بین رمزه و پادرمزه در جایگاه *E* شکسته می‌شود.
- تنها مرحله‌ای از ترجمه است که دو *tRNA* در ریبوزوم وجود دارد.
- در این مرحله ضمن حرکت رناتن، پلی‌پپتید از جایگاه *A* به *P* منتقل می‌شود و جایگاه *A* خالی می‌شود.
- در ابتدای این مرحله، کدون آغاز در جایگاه *P* قرار دارد.
- در انتهای این مرحله، کدون پایان در جایگاه *A* قرار دارد.

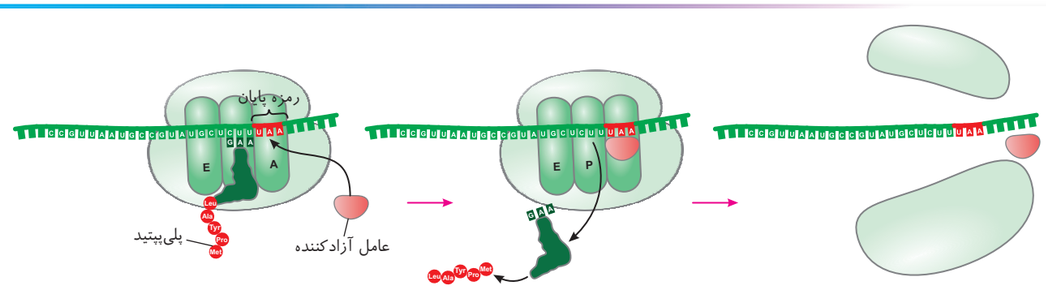


«مرحلهٔ طویل شدن ترجمه»

۳ مرحلهٔ پایان

۱) رنای ناقل جدیدی وارد جایگاه *A* که رمزهٔ پایان دارد، نمی‌شود.
۲) عوامل پروتئینی آزادکننده وارد جایگاه *A* می‌شوند و رمزهٔ پایان را شناسایی می‌کنند.
۳) پلی‌پپتید، توسط عوامل آزادکننده از رنای ناقلی در جایگاه *P* جدا می‌شود.
۴) در نهایت زیرواحدهای رناتن‌ها از هم جدا و رنای پیک آزاد جدا می‌شوند.
۵) زیرواحدهای رناتن دوباره برحسب نیاز یاخته می‌توانند از روی این *mRNA* به ترجمه بپردازند.

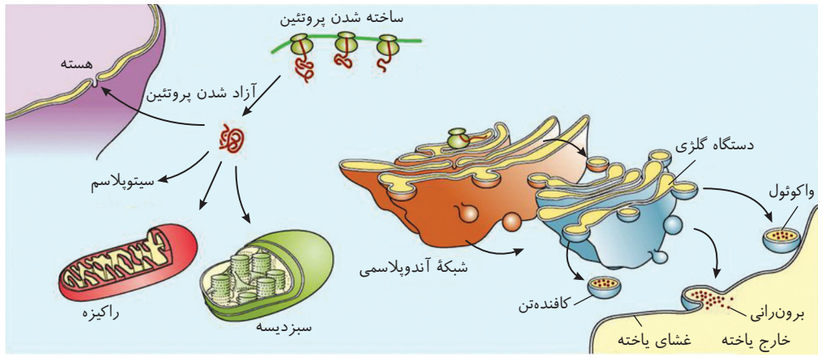
نکات
- در این مرحله، پیوند پپتیدی و هیدروژنی جدید تشکیل نمی‌شود.
- در این مرحله، *tRNA* انتهایی با شکسته شدن پیوند هیدروژنی از جایگاه *P* خارج می‌شود.
- همانند مرحلهٔ آغاز، فقط جایگاه *P* حاوی *tRNA* می‌باشد.
- در این مرحله، پیوند هیدروژنی بین رمزه و پادرمزه و پیوند اشتراکی *tRNA* و آمینواسید در جایگاه *P* شکسته می‌شود.



«مرحلهٔ پایان ترجمه»

مرحلهٔ پروتئین‌سازی و سرنوشت آن‌ها

- در هر محلی از یاخته که ریبوزوم فعال وجود دارد، پروتئین‌سازی صورت می‌گیرد
  - پروکاریوت‌ها ← در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم
  - یوکاریوت‌ها
    - در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم
    - درون راکیزه
    - درون سبزدیسه
    - روی شبکهٔ آندوپلاسمی
- ۱) بعضی از پروتئین‌ها، در ریبوزوم‌های روی شبکهٔ آندوپلاسمی ساخته شده و وارد این شبکه و دستگاه گلژی می‌شوند و بعد از بسته‌بندی به سوی موارد مقابل می‌روند
  - لیزوزوم‌ها (*کاهنده‌تن*) ← آنزیم‌های گوارشی درون‌یاخته‌ای
  - واکوئل (*کریچه*) ← تنظیم آب و ...
  - برای ترشح به خارج یاخته ← آنزیم گوارشی
  - درون غشای یاخته ← پمپ سدیم - پتاسیم و ...
- ۲) بعضی از این پروتئین‌ها که در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم تولید می‌شوند
  - یا در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم می‌مانند ← آنزیم‌های گلیکولیزی و تخمیر
  - یا به هسته می‌روند ← دنابسپاراز، رنابسپاراز، هیستون و هلیکاز
  - یا به میتوکندری می‌روند ← برخی آنزیم تنفس یاخته‌ای
  - یا به پلاست‌ها می‌روند ← برخی آنزیم‌های فتوسنتزی
- هر پروتئین، براساس مقصدی که در یاخته دارد ← توالی‌های آمینواسیدی خاصی برای هدایت به مقصد دارد.



«سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم»

سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

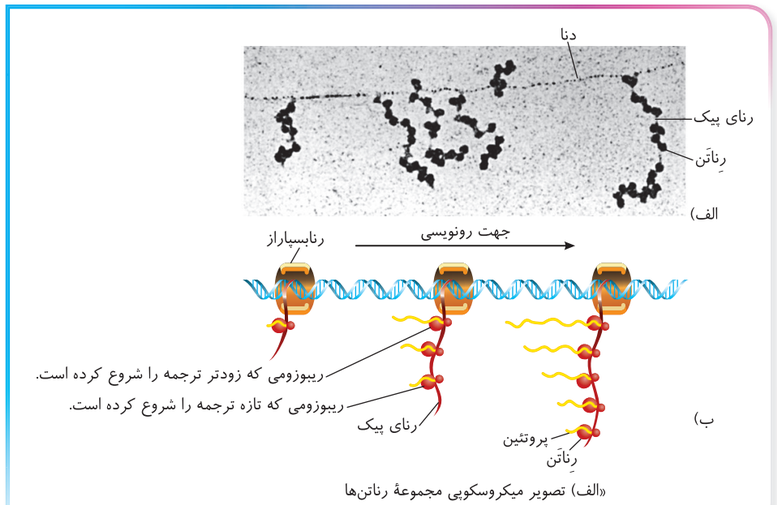
- بسته به نیاز هر یاخته تنظیم می‌شود.

پروکاریوت‌ها

- به دلیل عدم وجود غشای هسته، پروتئین‌سازی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود ← رونویسی و ترجمه به صورت هم‌زمان دیده می‌شود.
- طول عمر رنای پیک کم است ← در مواردی یاختهٔ آن را پایدارتر می‌کند.
- برای پروتئینی که به مقدار زیادی مورد نیاز است، ساخت پروتئین به‌طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رناتن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود.
- در هر جانداری، می‌توان هم‌زمانی فعالیت چند مجموعهٔ رناتن را از روی یک رنای پیک مشاهده کرد ← **افزایش سرعت پروتئین‌سازی**

یوکاریوت‌ها

- تجمع رناتن‌ها در این یاخته‌ها هم دیده می‌شوند.
- سازوکارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد ← طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک ← فرصت بیشتر برای پروتئین‌سازی
- در این جانداران نمی‌توان هم‌زمان فرایند رونویسی و ترجمه را از روی یک رنای پیک مشاهده کرد (*بجز در راکیزه و سبزدیسه*).



«الف) تصویر میکروسکوپی مجموعهٔ رناتن‌ها
ب) طرحی ساده از رناتن‌هایی که چند رنای درحال رونویسی را ترجمه می‌کنند.»

گفتار ۳ تنظیم بیان ژن

پروکاریوت‌ها

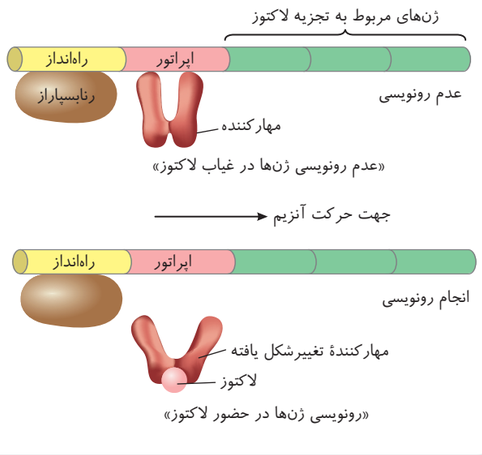
تکات

- همهٔ یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم **میتوز** یاختهٔ تخم منشأ می‌گیرند.
- یاخته‌های حاصل از تقسیم تخم، نظر فام‌تنی و ژن‌ها یکسانند ← تفاوت آن‌ها در نوع بیان ژن‌های آن‌هاست.
- در ادامهٔ تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوت با اعمال مختلف حاصل می‌شوند (*تکامل و عملکرد متفاوت*) ← این عمل در اثر تمایز صورت می‌گیرد.
- روشن شدن ژن (*بیان شدن ژن*) ← هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده است.
- خاموش شدن ژن (*بیان نشدن ژن*) ← ژنی که در یاخته مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و رونویسی نمی‌شود، خاموش است.
- دلیل تفاوت یاخته‌ها با فام‌تن‌های یکسان ← در هر یاخته، تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیرفعال‌اند.
- مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد.
- تنظیم بیان ژن:
  - در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند.
  - فرایندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارد ← سبب پاسخ جانداران به تغییرات محیطی و سازش آن‌ها می‌شود.
  - مثال: در گیاه ← نور باعث فعال شدن ژن سازندهٔ آنزیمی می‌شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد ← در نبود نور ← این ژن رونویسی و بیان نمی‌شود.
  - مثال: تنظیم بیان ژن متفاوت باعث می‌شود که یاخته‌های متفاوتی از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد شود.
- محصول ژن، رنا و پروتئین است:
  - تنظیم بیان ژن ← می‌تواند باعث افزایش بیان و رونویسی و یا کاهش آن شود.
  - بیان ژن ← سبب افزایش رونویسی می‌شود.

انواع تنظیم

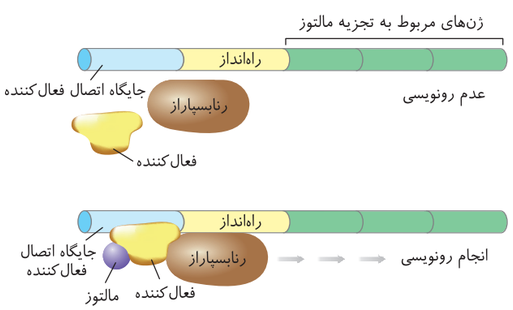
۱ تنظیم منفی رونویسی

۱. در این تنظیم بیان، بین راه‌انداز و اولین ژن، توالی **اپراتور** وجود دارد.
۲. در این نوع تنظیم بیان، پروتئین‌هایی به نام **مهارکننده** با تمایل زیاد به اپراتور وجود دارند.
۳. اگر مانعی (*مهارکننده*) بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، **رونویسی** انجام نمی‌شود.
۴. مانع پیش‌روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام مهارکننده است که به اپراتور (*توالی خاصی از dna*) متصل می‌شود.
۵. در این ژن‌ها، رنابسپاراز **به تنهایی** راه‌انداز را شناسایی می‌کند و **مستقیماً** به آن متصل می‌شود.
۶. ژن‌های مربوط به تجزیهٔ لاکتوز، به صورت سه ژن مجاور هم بوده که ژن وسط، فاقد نقطهٔ آغاز و توالی پایان رونویسی است.
۷. این ژن‌ها در صورتی رونویسی و بیان می‌شوند که گلوکز محیط باکتری کم باشد ولی لاکتوز در محیط زیاد شود.
۸. در صورت عدم وجود لاکتوز کافی، مهارکننده به اپراتور متصل می‌شود و **مانع حرکت** رنابسپاراز روی دنا می‌شود.
۹. در صورت وجود لاکتوز کافی و کمبود گلوکز، ابتدا مقداری لاکتوز وارد باکتری می‌شود.
۱۰. لاکتوز موجود در باکتری، با **اتصال** به مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد.
۱۱. **تغییر شکل** مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می‌کند و یا مانع اتصال آن‌ها به اپراتور می‌شود.
۱۲. در این حالت رونویسی **ادامه** می‌یابد و رنابسپاراز روی دنا حرکت کرده و از ابتدای ژن اول شروع به رونویسی می‌کند.
۱۳. ابتدا **یک** مولکول رنای پیک ساخته می‌شود که رونوشت هر سه ژن را در خود دارد.
۱۴. محصولات ترجمهٔ این ژن‌ها آنزیم**هایی** هستند که با هیدرولیز، تجزیهٔ لاکتوز را ممکن می‌کند تا مقداری گلوکز و گالاکتوز ایجاد شود.



۲ تنظیم مثبت رونویسی

۱. در این روش، پروتئین‌های خاصی به نام **فعال‌کننده** به رنابسپاراز **کمک** می‌کنند تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.
۲. در این ژن‌ها، راه‌انداز به اولین ژن متصل است و فاصله‌ای بین آن‌ها وجود ندارد.
۳. در این روش، مانعی در سر راه رنابسپاراز متصل به دنا وجود نخواهد داشت.
۴. در این ژن‌ها، قبل از راه‌انداز، جایگاه اتصال پروتئین **فعال‌کننده** روی دنا وجود دارد.
۵. ژن‌های مربوط به تجزیهٔ مالتوز، به صورت سه ژن مجاور هم می‌باشند که هدف آن‌ها تجزیهٔ مالتوز است.
۶. این ژن‌ها در حالتی بیان می‌شوند که مالتوز در محیط باکتری زیاد و گلوکز کم باشد.
۷. قند مالتوز مثالی از آن است که با حضور این قند در محیط باکتری، آنزیم‌هایی در درون آن ساخته می‌شود که قند مالتوز را تجزیه کند.
۸. در حضور قند مالتوز **انواعی** از پروتئین‌ها به نام فعال‌کننده وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا در قبل از راه‌انداز متصل می‌شوند.
۹. این توالی خاص جایگاه اتصال فعال‌کننده نام دارد که به راه‌انداز متصل است ← ولی با ژن‌ها فاصله دارد.
۱۰. مالتوز وارد شده به باکتری، ابتدا به فعال‌کننده متصل شده و سپس **این مجموعه** به توالی قبل از راه‌انداز متصل می‌شود.
۱۱. اتصال مالتوز به فعال‌کننده، تغییر شکلی در پروتئین فعال‌کننده ایجاد نمی‌کند (*برخلاف اتصال لاکتوز به مهارکننده*).
۱۲. سپس این مجموعه، به اتصال رنابسپاراز به راه‌انداز کمک می‌کند و رونویسی شروع می‌شود.
۱۳. با بیان این ژن‌ها، ابتدا یک *mRNA* دارای رونوشت هر سه ژن رونویسی می‌شود.
۱۴. *mRNA* ساخته شده قادر به تولید سه رشتهٔ پلی‌پپتیدی مختلف می‌باشد که آنزیم‌های مورد نیاز تجزیهٔ مالتوز می‌باشند.



تکات مشترک ژن‌های تجزیه‌کنندهٔ لاکتوز و مالتوز در باکتری اشرشیاکلای

- در هر دو مورد، **سه** ژن مجاور هم وجود دارد که همگی توسط **یک راه‌انداز** بیان می‌شوند.
- **ژن دوم** آن‌ها فاقد نقطهٔ آغاز و توالی پایان رونویسی می‌باشد.
- این سه ژن، فقط یک نقطهٔ آغاز رونویسی در ابتدای ژن اول و یک توالی پایان رونویسی در انتهای ژن سوم دارند.
- با بیان آن‌ها، ابتدا **یک** رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی *mRNA* رونویسی می‌شود.
- هر *mRNA* آن‌ها، **سه** رمزهٔ آغاز و سه رمزهٔ پایان ترجمه دارد.
- از روی *mRNA* آن‌ها، **سه** رشتهٔ پلی‌پپتید ایجاد می‌شود که سه آنزیم تک‌رشته‌ای با ساختار نهایی **سوم** پروتئینی می‌باشند.
- محصولات آن‌ها، آنزیم‌های هیدرولیزکنندهٔ **دی‌ساکاریدها** می‌باشند که در کمبود گلوکز ایجاد شده‌اند.
- آنزیم‌های نهایی آن‌ها در کمبود گلوکز ایجاد شده‌اند ولی سبب افزایش گلوکز **درون** باکتری می‌شوند.

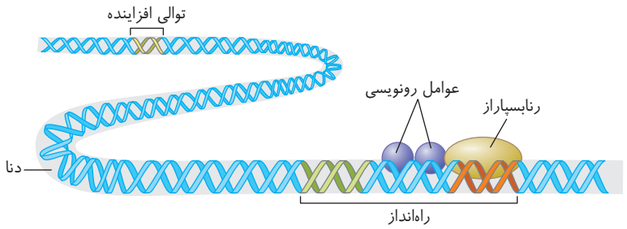
یوکاریوت‌ها

- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها، پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست و می‌تواند در مراحل بیشتری انجام شود.
- در این یاخته‌ها بیشتر ژن‌ها در هسته و برخی در راکیزه و دیسه قرار دارند.
- یاخته‌های آن‌ها به وسیلهٔ غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند.
- یاخته در هسته، راکیزه و پلاست می‌تواند بر بیان ژن‌ها نظارت کند.

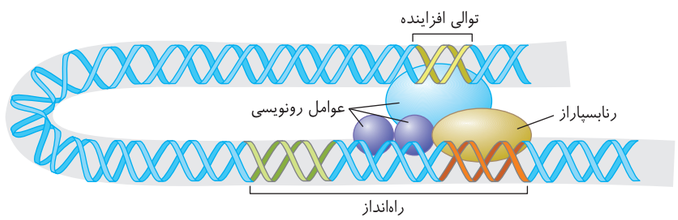
مراحل مختلف تنظیم بیان ژن

در مرحلهٔ رونویسی

- در یوکاریوت رنابسپاراز نمی‌تواند **به تنهایی** راه‌انداز را شناسایی کند و نیازمند پروتئین‌هایی به نام **عوامل رونویسی** است.
- عوامل رونویسی با اتصال به **نواحی خاصی** از راه‌انداز، رنابسپاراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کند.
- چون تمایل پیوستن عوامل رونویسی به راه‌انداز در اثر عواملی **تغییر** می‌کنند، مقدار رونویسی ژن هم تغییر می‌کند.
- ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا در پشت راه‌انداز و با فاصله‌ای به نام توالی افزاینده متصل شوند.
- با پیوستن این پروتئین‌ها به توالی افزاینده و با ایجاد **خمیدگی در دنا**، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند.
- با کنار هم قرار گرفتن این عوامل سرعت رونویسی را افزایش می‌دهد.
- توالی‌های افزاینده **ممکن** است نزدیک و یا در فاصلهٔ **دورتری** از ژن قرار داشته باشد.
- اتصال این پروتئین‌های عامل رونویسی بر **سرعت** و **مقدار** رونویسی ژن مؤثر است.
- عوامل رونویسی روی افزاینده، **بعد** از ایجاد خمیدگی، به عوامل و رنابسپاراز روی راه‌انداز متصل می‌شود.



«تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها»



«توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن»

در مراحل غیررونویسی

- **پیش** از رونویسی ← در سطح **فام‌تنی** است
  - امکان رونویسی در کروموزوم فشرده‌تر و حاوی هیستون زیاد، **کمتر** از سایر کروموزوم‌هاست ← در هنگام **تقسیم یاخته** احتمال رونویسی کمتر می‌شود.
  - با تغییر در میزان فشردگی فام‌تن در بخش‌های خاصی، میزان دسترسی رنابسپاراز را به ژن مورد نظر تنظیم می‌کند ← امکان رونویسی و بیان ژن در **اینترفاز** از تقسیم بیشتر است.
- **پس** از رونویسی
  - اتصال بعضی از رناهای کوچک **مکمل** به رنای پیک
    - (۱) از کار رناتن در پیدا کردن رمز آغاز ترجمه جلوگیری می‌کند.
    - (۲) با تجزیهٔ رنای پیک، عمل ترجمه را متوقف می‌کند ← طول عمر رنای **پیک** را کاهش می‌دهد.
  - افزایش طول عمر رنای پیک ← مدت زمان ترجمه بیشتر می‌شود ← مقدار محصول زیاد می‌شود.

گفتار ۱

در تولیدمثل جنسی ارتباط بین نسل‌ها را گامت‌ها برقرار می‌کنند.
ویژگی‌های هر یک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در دنای موجود در گامت‌ها قرار دارد، به نسل بعد منتقل می‌شود.
پیش از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان، آمیخته‌ای از صفات والدین و حد واسطی از آن‌هاست.
در زمان مندل (*اواخر قرن* ۱۹)، هنوز ساختار و عمل دنا و ژن‌ها معلوم نبود.
مندل قوانین بنیادی وراثت را کشف کرد ← به کمک این قوانین می‌شد صفات فرزندان را **پیش‌بینی** کرد.
انواع ویژگی‌های جانداران
- **ارثی** ← این ویژگی‌های ارثی جانداران را **صفت** می‌نامند ← مثل رنگ چشم، گروه خونی و رنگ یا حالت مو
- **اکتسابی** ← بعضی ویژگی‌ها مانند تیره شدن رنگ پوست ارثی نیستند ← تغییر رنگ پوست اکتسابی است ولی رنگ پوست یک صفت ارثی است.

ژن‌شناسی ← شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.
به انواع مختلف یک صفت، شکل‌های آن صفت می‌گویند ← صفت حالت مو ← سه شکل: صاف، موج‌دار، فر

انتقال اطلاعات در نسل‌ها

صفاتی هستند که ژن‌های به ارث رساننده آن‌ها در یک قسمت از یک جفت کروموزوم همتا قرار دارند.
اگر ژن‌های به ارث برندهٔ این صفات روی جفت کروموزوم غیرجنسی باشند ← صفت مستقل از جنس می‌باشد
- مانند گروه خونی *Rh* و گروه خونی *ABO*
- به ارث رسیدن آن در زنان و مردان فرقی ندارد.
- مانند صفت رنگ گلبرگ گل میمونی
- مانند صفت شکل گویچهٔ قرمز در انسان

به عواملی که در یک جمعیت، در هر جایگاه ژنی، سبب ایجاد شکل‌های مختلف یک صفت می‌شوند، الل (*ژن*) گفته می‌شود
- الل‌های *D* و *d* در گروه خونی *Rh*
- الل‌های *A*، *B* و *O* در گروه خونی *ABO*
- الل‌های *R* و *W* در رنگ گلبرگ گل میمونی

الل‌ها به ژن‌های قرار گرفته در جایگاه مشابه در یک جفت کروموزوم همتا گفته می‌شوند.
ژنوتیپ ← به ترکیب قرارگیری الل‌ها در هر جایگاه ژنی، ژن‌نمود (*ترکیب ژنی*) گفته می‌شود.
انواع ژنوتیپ (*ترکیب نمود*) در هر جایگاه
- اگر دو الل مشابه هم باشند ← ژنوتیپ خالص گفته می‌شود: *AA*، *aa*
- اگر دو الل مشابه هم نباشند ← ژنوتیپ ناخالص گفته می‌شود ← *RW* یا *Aa*

فنوتیپ (*رخ‌نمود*) ← به شکل ظاهری یا حالت بروز یافتهٔ صفت گفته می‌شود: رنگ گلبرگ قرمز یا سفید یا صورتی / گروه خونی *A* یا *B* یا *AB* یا *O*

انواع صفات تک‌جایگاهی از نظر تنوع الل‌ها در جامعه

دو اللی (دو دگره‌ای)
در بروز آن صفت، دو دستورالعمل ژنی وجود دارد (*A* و *a* یا *R* و *W*)
صفاتی مانند گروه خونی *Rh* یا رنگ گلبرگ گل میمونی یا تولید فاکتور انعقادی ۸ خون در انسان

چند اللی (بیش از دو دگره‌ای)
در بروز آن‌ها در جامعه بیش از دو دستورالعمل وجود دارد.
هر فرد در هر جایگاه ژنی دو دستورالعمل آن را در حالت مستقل از جنس دارد.
مانند گروه خونی *ABO* (*سه نوع الل A، B و O دارد*).

صفات دارای یک جایگاه ژنی

رابطهٔ بارز و نهفتگی
- به‌طور مثال اگر دو دگرهٔ *D* و *d* کنار هم قرار بگیرند، دگرهٔ *D* بروز می‌کند (*بارز*) و دگرهٔ *d* بروز نمی‌کند (*نهفته*).
- طبق قرارداد دگرهٔ بارز را با حرف بزرگ و دگرهٔ نهفته را با حرف کوچک آن نشان می‌دهیم.
- در گروه خونی *ABO*، دگره‌های I^A و I^B نسبت به *i* بارزند.

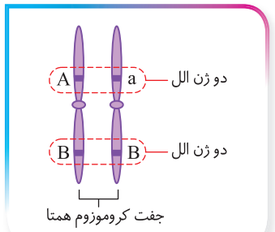
برای دو الل
- سه نوع ژنوتیپ می‌توان در نظر گرفت: خالص (*DD*، *dd*)؛ ناخالص (*Dd*)
- دو نوع فنوتیپ می‌توان در نظر گرفت: *Rh* مثبت (*DD* و *Dd*)؛ *Rh* منفی (*dd*)
- در فنوتیپ، خالص یا ناخالصی صفت مهم نمی‌باشد.

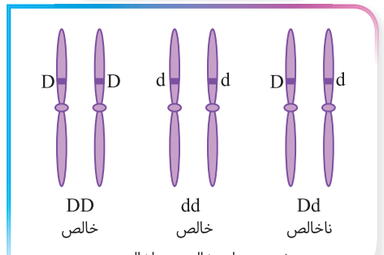
انواع رابطهٔ بین الل‌ها
- هم‌توان: دگره‌ها همراه با هم ظاهر می‌شوند و هیچ‌کدام بر دیگری برتری و بارزی ندارد. ← مانند رابطه‌ای که بین دگرهٔ *A* و *B* در گروه خونی *ABO* است ← در حالت ناخالص (*AB*) گروه خونی *AB* می‌باشد.
- بارزیت ناقص: صفت در حالت ناخالص به صورت **حد واسط** حالت‌های خالص مشاهده می‌شود ← کمی بیشتر به سمت یک والد تمایل دارد. ← مانند رنگ گل میمونی ← *RR* (*رنگ گل، قرمز*)، *WW* (*رنگ گل، سفید*) و *RW* (*رنگ گل، صورتی*)
- در حالت هم‌توانی و بارزیت ناقص ← توسط دو الل: سه نوع ژنوتیپ می‌توان در نظر گرفت (*AA* – *AB* – *BB*) یا (*WW* – *RW* – *RR*) ← سه نوع فنوتیپ نیز توسط آن‌ها نمایان می‌شود (*A* – *AB* – *B*) یا (*قرمز* – *صورتی* – *سفید*) ← هر ژنوتیپ بیانگر یک فنوتیپ خاص می‌باشد.

انواع صفات از نظر تعداد جایگاه ژنی

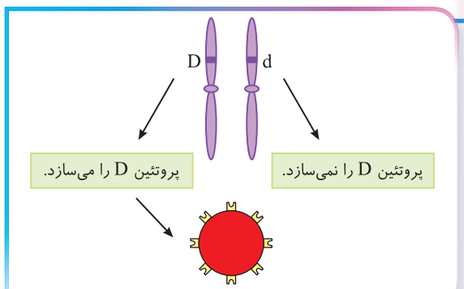
صفات دارای چند جایگاه ژنی
در ادامه بررسی می‌شوند!

این صفات حالات ظاهری یا فنوتیپی **گسسته** دارند و طیفی از اعداد گوناگون در ایجاد آن صفات در جامعه وجود ندارند و نمودار توزیع فراوانی آن‌ها زنگوله‌ای نمی‌باشد.





«ژن‌نمودهای خالص و ناخالص»



«توضیح رابطهٔ بارز و نهفتگی بین الل‌های گروه خونی Rh»


«گل میمونی»

گروه‌های خونی

ABO

- یک صفت تک‌جایگاهی غیرجنسی است که در جامعه توسط سه نوع الل A، B و O کنترل می‌شود.
- به چهار گروه A، B، AB و O گروه‌بندی می‌شود.
- گروه‌بندی بر مبنای بودن یا نبودن دو نوع **کربوهیدرات** به نام‌های A و B در غشای گویچه‌های قرمز است.
- اضافه شدن کربوهیدرات‌های A و B به غشای گویچهٔ قرمز یک واکنش **آنزیمی** است.
- دو نوع آنزیم برای آن وجود دارد، یکی برای اضافه کردن کربوهیدرات A به غشا و یکی برای B.
- سه نوع الل (ژن) در جامعه وجود دارد
  - دگره‌ای که آنزیم A را می‌سازد $(A=I^A)$.
  - دگره‌ای که آنزیم B را می‌سازد $(B=I^B)$.
  - دگره‌ای که هیچ آنزیمی نمی‌سازد $(O=i)$.
- جایگاه ژنی آن در فام‌تن ۹ قرار دارد ← هر فرد در هر یاختهٔ $2n$ خود دو الل برای این صفت دارد.
- انواع ژن‌نمود
  - خالص AA - BB - OO
  - ناخالص AO - BO - AB
- الل‌های A و B با هم به صورت هم‌توان هستند ولی هر دو نسبت به الل O بارز می‌باشند.
- انواع رخ‌نمود
  - A ← ژن‌نمود AO - AA
  - B ← ژن‌نمود BO - BB
  - O ← ژن‌نمود OO
  - AB ← ژن‌نمود AB

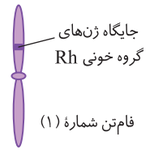
	گروه خونی A	گروه خونی B	گروه خونی AB	گروه خونی O
گویچهٔ قرمز				
نوع کربوهیدرات گویچهٔ قرمز	A	B	A و B	هیچ‌کدام

Rh

- صفتی تک‌جایگاهی غیرجنسی است که تحت کنترل دو الل D و d با رابطهٔ بارز و نهفتگی می‌باشد.
- به دو گروه Rh^- و Rh^+ گروه‌بندی می‌شود.
- بر مبنای بودن یا نبودن پروتئین D است ← دقت کنید پروتئین d وجود ندارد.
- دو دگره وجود دارد
  - دگره‌ای که می‌تواند پروتئین D را بسازد (D) ← دگرهٔ بارز
  - دگره‌ای که نمی‌تواند پروتئین D را بسازد (d) ← دگرهٔ نهفته
- انواع ژن‌نمود
  - DD و Dd ← رخ‌نمود D (مثبت)
  - dd ← رخ‌نمود d (منفی)
- هر دو دگره جایگاه ژنی یکسانی دارند که هر یک روی فام‌تن ۱ و در بالای سانترومر قرار دارند.

ژنوتیپ	فنوتیپ
DD	گروه خونی +
Dd	گروه خونی +
dd	گروه خونی −

«انواع ژنوتیپ و فنوتیپ گروه خونی Rh»



«جایگاه ژن‌های Rh»



«مبنای گروه خونی Rh پروتئین D»

- در بررسی هم‌زمان آن‌ها، فرد دارای گروه خونی A^+، چهار نوع ژنوتیپ می‌تواند داشته باشد
  - $AODD$
  - $AODd$
  - $AADD$
  - $AADd$
- در هر چهار حالت، فاقد کربوهیدرات B در غشای گویچهٔ قرمز می‌باشد.
- در هر چهار حالت، واجد کربوهیدرات A و پروتئین D در غشای گویچهٔ قرمز می‌باشد.

گفتار ۲

انواع صفات

از نظر فام‌تن

مستقل از جنس

- صفاتی را که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از فام‌تن‌های غیرجنسی قرار داشته باشد.
- هر یک از پدر و مادر، از هر جفت فام‌تن همتا تنها یکی را از طریق گامت به نسل بعد منتقل می‌کند.
- ژن‌نمود فرزندان به این بستگی دارد که کدام گامت‌ها از پدر و مادر با یکدیگر لقاح پیدا می‌کنند.
- ژن‌نمود فرزندان را می‌توان با روشی به نام مربع پانت به دست آورد.
- مانند صفات گروه خونی، فنیل‌کتونوری و کم‌خونی داسی‌شکل.

گامت‌ها	D	d
D	DD	Dd
d	dD	dd

مربع پانت

وابسته به جنس

- صفاتی را که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از دو فام‌تن جنسی قرار داشته باشد، وابسته به جنس گویند.

صفات وابسته به X

- گاهی ژن صفتی را که بررسی می‌کنیم در فام‌تن X قرار دارد که به چنین صفتی، وابسته به X می‌گویند.
- مانند هموفیلی که یک بیماری وابسته به X و نهفته است.
- در هموفیلی فرایند لخته شدن خون دچار اختلال می‌شود که **شایع‌ترین** نوع هموفیلی به فقدان عامل انعقادی $VIII$ (هشت) مربوط است.
- دگره‌های هموفیلی: H دگرهٔ سلامتی؛ h دگرهٔ بیماری
- فردی که ژن‌نمود X^HX^h را دارد، سالم و ناقل است ← مردان در صفت وابسته به X، نمی‌توانند ناقل یا ناخالص باشند.

رخ‌نمود	زن	مرد
سالم	X^HX^H	X^HY
سالم	X^HX^h	-
هموفیل	X^hX^h	X^hY

«انواع ژن‌نمودها و رخ‌نمودها برای هموفیلی»

صفات وابسته به فام‌تن Y

- ژن آن‌ها فقط از پدر به پسران منتقل می‌شود.
- جایگاهی برای دگره‌های وابسته به X مثل هموفیلی در آن‌ها وجود ندارد.

گامت‌ها	X^h	Y
X^H	X^HX^h دختر ناقل	X^HY پسر سالم

«ژن‌نمود و رخ‌نمود نسل بعد»

- صفاتی که فقط از مادران به هر فرزندی منتقل می‌شوند ← ژن آن روی ژنوم سیتوپلاسمی یا دنای راکیزه تخمک مادر بوده است.

از نظر کمیت

- **پیوسته**: صفاتی مانند اندازهٔ قد که طیف اعداد گوناگونی دارد ← نمودار توزیع آن‌ها در جامعه به صورت زنگوله‌ای می‌باشد.
- **گسسته**: صفتی مانند Rh که تنها دو شکل مثبت و منفی دارد ← طیفی از فنوتیپ‌های به هم پیوسته ندارند ← حالت مو صفتی گسسته است.

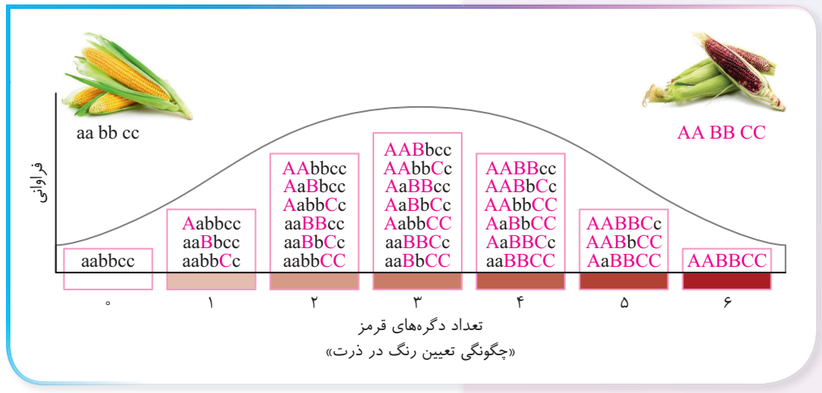
از نظر تعداد جایگاه

تک‌جایگاهی

- صفاتی که یک جایگاه ژن در فام‌تن دارند، مثل گروه خونی ABO که یک جایگاه ژنی در فام‌تن ۹ دارد.

چندجایگاهی

- در بروز آن‌ها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد ← در هر جایگاه ژنی آن دو الل را به ارث می‌برند.
- در این صفات:
  - چند جایگاه ژنی مختلف در بروز نهایی صفت مؤثر هستند.
  - ژن‌های هر جایگاه با جایگاه دیگر، الل (دگره) نمی‌باشند.
  - چند ژن مختلف، یک صفت را به ارث می‌رسانند که برخی با هم الل و برخی غیرالل هستند.
  - طیفی از فنوتیپ‌های مختلف دیده می‌شود.
  - صفات فنوتیپ پیوسته از نظر عدد و کمیتی دارند.
  - نمودار توزیع فراوانی فنوتیپ‌ها، شبیه **زنگوله** می‌باشد.
  - اغلب آن‌ها مثل طول قد و وزن تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند.
- رنگ ذرت مثالی از این صفت است که هفت طیف رنگ از سفید تا قرمز دارد.
- رنگ ذرت: ۳ جایگاه ژنی دارد که هرکدام دو دگره‌ای هستند ← بین الل‌های هر جایگاه، رابطهٔ بارز و نهفتگی وجود دارد.
- رخ‌نمودهای دو آستانهٔ طیف، قرمز و سفید هستند.
- در رخ‌نمودهای دارای جایگاه ناخالص، هرچه تعداد دگره‌های بارز بیشتر باشد، مقدار رنگ قرمز بیشتر است.
- در ذرت هر یاختهٔ پیکری دیپلوئید، ۶ ژن از صفت رنگ را دارد ← ژن‌ها دوتا دوتا با هم الل هستند.
- در هر ژنوتیپ از ۶ ژن، هرکدام تعداد ژن‌های بارز برابر دارند، فنوتیپ مشابه دارند:
  - $AabbCC$ فنوتیپ مشابه با $AaBBcc$ و $AaBbCc$ دارد.
  - چون هر سه ژنوتیپ بالا دارای سه ژن بارز می‌باشند.
  - فنوتیپ ذرت‌های $AaBbCc$ با $AABbCc$ متفاوت است: اولی سه ژن بارز دارد. / دومی چهار ژن بارز دارد.



«چگونگی تعیین رنگ در ذرت»

اثر محیط

- گاهی برای بروز یک رخ‌نمود تنها وجود ژن کافی نیست (*رنگ گلبرگ گل ادریس*).
- مثال:
  - ساخته شدن سبزینه علاوه بر ژن به نور هم نیاز دارد.
  - تغذیه و ورزش می‌تواند روی اندازهٔ قد انسان اثر بگذارد.

مهار بیماری‌های ژنتیکی

- بیماری‌های ژنتیکی در موارد معدودی درمان‌پذیرند.
- گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، عوارض بیماری‌های ژنی را مهار کرد.

تغذیهٔ افراد مبتلا به فنیل‌کتونوری

فنیل‌کتونوری

- در این بیماری مستقل از جنس نهفته، آنزیمی که آمینواسید فنیل‌آلانین را می‌تواند تجزیه کند، وجود ندارد و ساخته نمی‌شود.
- تجمع فنیل‌آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می‌شود ← مغز آسیب می‌بیند.
- با تغذیه نکردن از خوراکی‌هایی که فنیل‌آلانین دارند می‌توان مانع بروز اثرات این بیماری شد.

نوزاد

- در ابتدای تولد، علائم آشکاری ندارد.
- تغذیهٔ نوزاد مبتلا با شیرخشک‌هایی که **فاقد** فنیل‌آلانین است باید صورت بگیرد.
- شیر مادر پر از فنیل‌آلانین است ← به یاخته‌های مغزی آن آسیب می‌رساند.
- در بدو تولد از نظر ابتلا به آن آزمایش خون می‌شوند.

بزرگسال

- تغذیه با رژیم‌هایی بدون (یا کم) فنیل‌آلانین

نحوهٔ به ارث رسیدن بیماری‌های وراثتی

بیماری‌های مستقل از جنس

بیماری مستقل از جنس بارز (A)

- افراد بیمار به صورت خالص AA یا ناخالص Aa هستند.
- کلمهٔ **ناقل** در این بیماری‌ها معنی ندارد.
- افراد سالم به صورت خالص aa و فاقد الل بیماری می‌باشند.
- از آمیزش والدین بیمار ناخالص (Aa) ← امکان به دنیا آمدن دختر یا پسر سالم (aa) وجود دارد.

بیماری مستقل از جنس نهفته (a)

- فرد بیمار به صورت خالص aa می‌باشد (*فنیل‌کتونوری و کم‌خونی داسی‌شکل*).
- افراد سالم خالص به صورت AA می‌باشند.
- افراد ناخالص به عنوان ناقل Aa در مردان و زنان دیده می‌شوند.
- از آمیزش والدین سالم ناقل (Aa) می‌توان فرزند دختر یا پسر بیمار (aa) متولد شود.

بیماری‌های وابسته به X

وابسته به X بارز (X^A)

- در زنان شایع‌تر از مردان می‌باشد.
- مردان دارای دو نوع فنوتیپ و ژنوتیپ بیمار (X^AY) و سالم (X^aY) می‌باشند.
- زنان دارای سه نوع ژنوتیپ و دو نوع فنوتیپ بیمار و سالم هستند
  - X^AX^A زن بیمار خالص
  - X^AX^a زن بیمار ناخالص
  - X^aX^a زن سالم خالص
- فرد **ناقل** در این صفت معنی ندارد (*ناقل باید ناخالص با فنوتیپ سالم باشد*).
- پسر بیمار (X^AY)
  - قطعاً مادر بیمار داشته است (X^AX^A یا X^AX^a).
  - قطعاً همهٔ **دختران** آیندهٔ او نیز بیمار می‌شوند. چون X^A را از وی دریافت می‌کنند.
- از والدین بیمار آن‌ها ← در صورتی که مادر ناخالص (X^AX^a) باشد ← ممکن است پسر سالم X^aY به دنیا بیاید.

وابسته به X نهفته (X^a)

- مثل بیماری هموفیلی است ← شایع‌ترین نوع آن، در اثر فقدان عامل انعقادی ۸ خون می‌باشد.
- در مردان شایع‌تر از زنان می‌باشد.
- مردان دو نوع ژنوتیپ و فنوتیپ دارند
  - X^AY = مرد سالم
  - X^aY = مرد بیمار
  - مرد ناقل وجود ندارد.
- زنان دارای سه نوع ژنوتیپ و دو نوع فنوتیپ می‌باشند
  - X^AX^A = زن سالم خالص
  - X^AX^a = زن سالم ناخالص = زن ناقل (*حامل*)
  - X^aX^a = زن بیمار
- دختر بیمار (X^aX^a)
  - قطعاً پدر بیمار (X^aY) داشته است.
  - قطعاً در آینده، هر پسر وی بیمار خواهد شد (X^aY).
- از والدین سالم آن‌ها ← اگر مادر ناقل (X^AX^a) باشد ← احتمال به دنیا آمدن پسر بیمار (X^aY) وجود دارد.

ژنتیک در جانوران

کرم‌های پهن نرمادهٔ خودلقاح

- اسپرم و تخمک در بدن هر کرم تولید شده و با هم ترکیب می‌شوند.
- گامت‌ها در اثر میوز ایجاد می‌شوند و تنوع دارند.
- **مثال:** از خودلقاحی کرم پهن با ژنوتیپ $Aabb$ چه کرم‌هایی امکان تشکیل دارند؟

پاسخ:
- اسپرم‌ها: Ab، ab
- تخمک‌ها: Ab، ab
- زیگوت $AAbb$
- زیگوت $Aabb$
- زیگوت $Aabb$
- زیگوت $aabb$

مشابهند.

کرم خاکی نرمادهٔ دگرلقاح

- هر کرم هم اسپرم و هم تخمک ایجاد می‌کند.
- اسپرم‌های هر کرم، تخمک کرم دیگر را بارور می‌کند.
- **مثال:** از آمیزش کرم خاکی (۱) با ژنوتیپ $Aabb$ و کرم (۲) با ژنوتیپ $aaBB$ در بدن هر کرم چه زیگوت‌هایی ایجاد می‌شود؟

پاسخ: کرم (۲) ($aaBB$)
- اسپرم aB
- تخمک aB + اسپرم Ab یا ab کرم دیگر
- زیگوت‌های درون کرم (۲): $AaBb$، $aaBb$

کرم (۱) ($Aabb$)
- اسپرم: Ab، ab
- تخمک: Ab، ab
- زیگوت‌های درون کرم (۱): $AaBb$، $aaBb$

بکرزایی یا لقاح زنبور عسل

- با لقاح اسپرم‌ها و تخمک‌ها ← زنبور مادهٔ $2n$ ایجاد می‌شود ← ملکهٔ $2n$ زایا / کارگر $2n$ نازا
- از بکرزایی زنبور عسل ملکه ← با میتوز تخمک‌ها ← بدون لقاح ← زنبور نر هاپلوئید ایجاد می‌شود.
- **مثال:** اگر ژنوتیپ ملکه به صورت $AaBB$ و زنبور نر به صورت ab باشد، ژنوتیپ زنبورهای نسل بعد کدام است؟

پاسخ:
- زنبور مادهٔ $AaBB$ ← میوز ← تخمک AB ← میتوز ← زنبور نر AB
- زنبور مادهٔ $AaBB$ ← میوز ← تخمک aB ← میتوز ← زنبور نر aB
- زنبور نر ab ← میتوز ← اسپرم ab + تخمک AB ← لقاح ← $AaBb$
- زنبور نر ab ← میتوز ← اسپرم ab + تخمک aB ← لقاح ← $aaBb$

ملکه یا کارگر می‌شوند.

بکرزایی مار ماده

- برخی از آن‌ها پس از تولید تخمک ← از تخمک خود با میتوز ← دو نسخه می‌سازند ← کروموزوم‌های تخمک را با هم ترکیب کرده ← زیگوت $2n$ خالص در همهٔ صفات می‌سازند.
- در این حالت مارهای حاصله مانند مار ماده، دیپلوئید می‌باشند.
- مارهای حاصله در همهٔ صفات خود خالص می‌باشند.
- **مثال:** اگر مار مادهٔ بکرزایی‌کننده، ژنوتیپ $AaBb$ داشته باشد، چند نوع مار در فرزندان حاصل از بکرزایی آن دیده می‌شود؟

پاسخ: مار مادهٔ $AaBb$ ← میوز ← انواع تخمک‌ها
- AB ← میتوز ← ساخت دو نسخهٔ $AB \times AB$ ← ترکیب آن‌ها ← مار $AABB$ ایجاد می‌شود.
- Ab ← میتوز ← ساخت دو نسخهٔ $Ab \times Ab$ ← ترکیب آن‌ها ← مار $AAbb$ ایجاد می‌شود.
- aB ← میتوز ← ساخت دو نسخهٔ $aB \times aB$ ← ترکیب آن‌ها ← مار $aaBB$ ایجاد می‌شود.
- ab ← میتوز ← ساخت دو نسخهٔ $ab \times ab$ ← ترکیب آن‌ها ← مار $aabb$ ایجاد می‌شود.

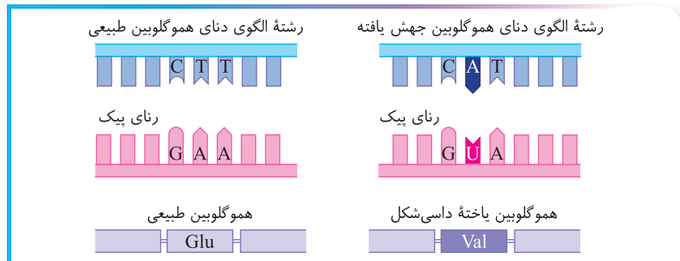
گفتار ۱

تکات

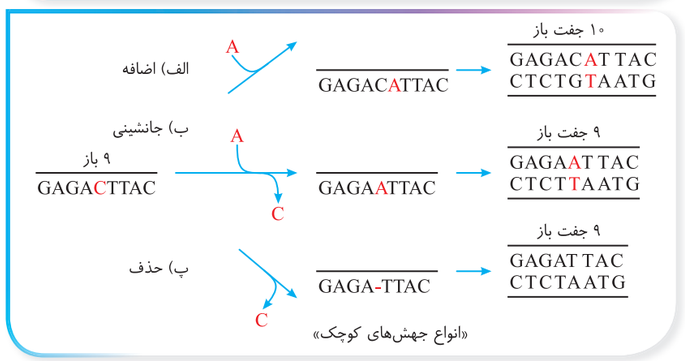
- پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های مادهٔ وراثتی است.
- تغییرپذیری محدود مادهٔ وراثتی ← باعث ایجاد گوناگونی ← با تغییر شرایط توان بقای جمعیت‌ها را افزایش می‌دهد ← زمینهٔ تغییر گونه فراهم می‌شود.
- تغییرپذیری مادهٔ وراثتی ← پیامدهای مختلفی دارد (*مفید، مضر، خنثی*).
- تعریف جهش ← تغییر ماندگار در نوکلئوتیدهای مادهٔ وراثتی را جهش می‌نامند.
- جهش به‌طور مستقیم در تولید رنا و پروتئین می‌تواند تأثیرگذار باشد.
- جهش به‌طور غیرمستقیم با اختلال در آنزیم‌ها، می‌تواند در تولید لیپیدها و کربوهیدرات‌ها اخلال ایجاد کند.
- جهش در ژن پروتئین *D* ← اختلال در گروه خونی *Rh*
- جهش در ژن تولید آنزیم *A* ← اختلال در گروه خونی *ABO* ← تولید کربوهیدرات *A* دچار مشکل می‌شود.

کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی‌شکل

- علت ← تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین است.
- علت تغییر شکل هموگلوبین: تغییر جانشینی در ششمین آمینواسید از زنجیرهٔ بتا نسبت به نوع سالم انجام شده است.
- در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید *A* به جای *T* قرار گرفته است.
- در افراد بیمار، آمینواسید گلوتامیک اسید رشتهٔ بتای هموگلوبین به والین تبدیل شده است (*CAT* ← *CTT*).
- بیماری ارثی مستقل از جنس نهفته می‌باشد.
- افراد در حالت سالم ناخالص Hb^AHb^S و بیماران Hb^SHb^S، نسبت به مالاریا مقاوم می‌باشند.



«مقایسهٔ ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است»



«انواع جهش‌های کوچک»

جهش

کوچک

انواع جهش (از نظر اندازه و تعداد)

جانشینی

تعریف: یک نوکلئوتید، جانشین نوکلئوتید دیگری می‌شود.
جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود.
طول دنا تغییر نمی‌کند.

انواع

اگر این جهش در ژن‌های مربوط به ساخت پروتئین رخ دهد، به سه نوع زیر می‌باشد.

- **دگرمعنا:** جهش جانشینی در **رمز دنا** که سبب تغییر در نوع آمینواسید در زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی می‌شود.
  جهش دگرمعنا، در ساختار پروتئین، تغییر ایجاد می‌کند ولی اثر آن بر فعالیت پروتئین، بستگی به محل جهش دارد.
- **خاموش:** این جهش سبب تبدیل رمز یک آمینواسید به رمز دیگری برای همان آمینواسید می‌شود.
  در صورتی که یک رمز پایان ترجمه به رمز پایان دیگر نیز تبدیل شود، گفته می‌شود.
- **بی‌معنا** ← رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل می‌کند که در این صورت پلی‌پپتید حاصل از آن کوتاه خواهد شد.

حذف و اضافه

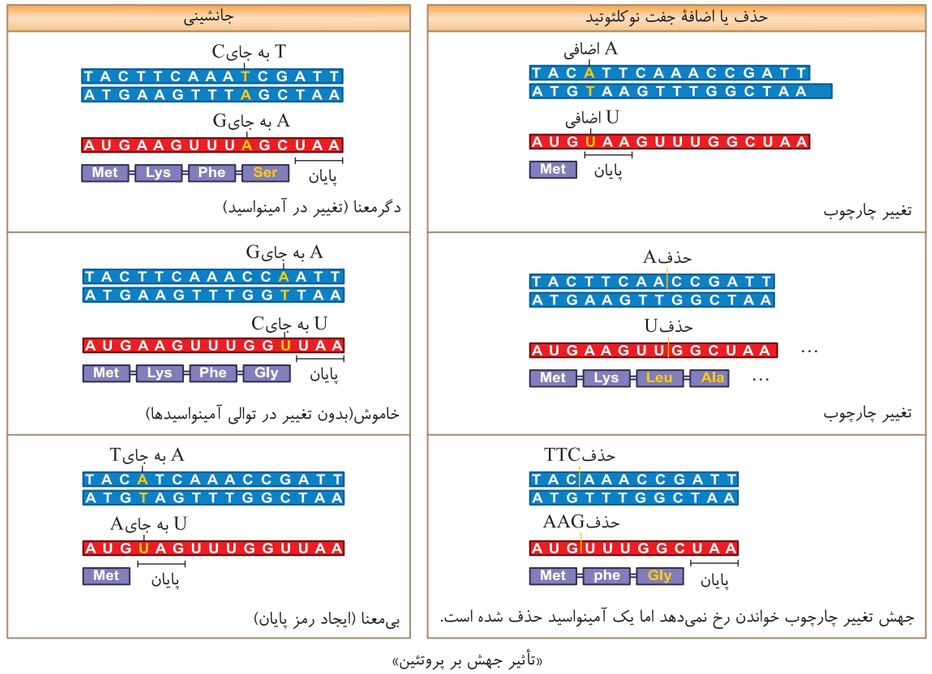
به ترتیب یک یا چند جفت نوکلئوتید حذف یا اضافه می‌شود.

انواع

- **تغییر چارچوب خواندن:** تغییرات حذف و اضافه در هر رشتهٔ دنا، مضربی از ۳ نبوده است.
- **عدم تغییر چارچوب خواندن:** تغییرات حذف و اضافه مضربی از ۳ بوده است.

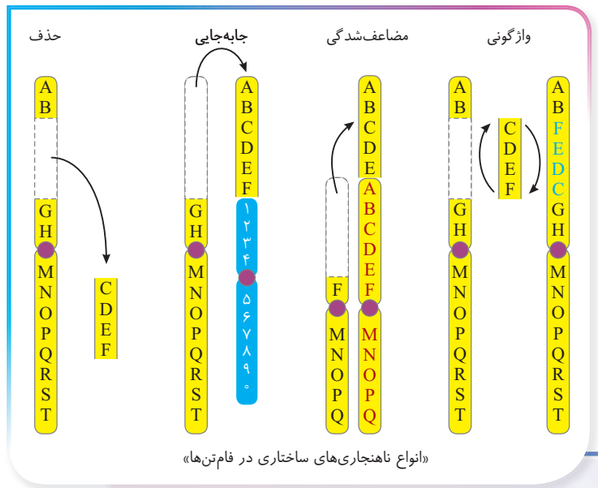
در هر دو مورد، محل پایان پروتئین‌سازی و طول پروتئین می‌تواند تغییر کند.

در یک یا چند نوکلئوتید رخ می‌دهد.
اگر در توالی بین ژنی رخ دهد ← نوعی جهش خنثی به حساب می‌آید.
اگر در توالی‌های تنظیمی رخ دهد ← برحسب افزایش یا کاهش مقدار رونویسی، می‌تواند مضر یا مفید باشد.
اگر در ژن‌های مربوط به تولید *rRNA* یا *tRNA* رخ دهد ← نوع پروتئین‌های ساخته تغییر نمی‌کند.



«تأثیر جهش بر پروتئین»

- **بزرگ (ناهنجاری‌های فام‌تنی)**
  - در هنگام تقسیم یاخته، با مشاهدهٔ **کاریوتیپ** می‌توانند از وجود برخی از چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند.
  - **انواع**
    - **ناهنجاری‌های عددی**
      - به دلیل اشکال در جدا شدن کروموزوم، تعداد کروموزوم‌ها عادی نمی‌باشد.
      - به‌طور مثال در نشانگان داون، یک فام‌تن ۲۱ اضافی دارند.
      - تغییر در تعداد فام‌تن را ناهنجاری عددی فام‌تنی می‌نامند.
    - **ناهنجاری‌های ساختاری**
      - **حذف:** ممکن است قسمتی از فام‌تن از دست برود که معمولاً باعث مرگ می‌شوند.
      - **جابه‌جایی:** قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن **غیرهمتا** یا حتی **بخش دیگری** از **همان** فام‌تن منتقل می‌شود.
      - **مضاعف‌شدگی:** قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن **همتا** جابه‌جا می‌شود و آن‌گاه در فام‌تن همتا، دو نسخه دیده می‌شود.
      - بین کروموزوم X و Y مردان، جهش مضاعف‌شدگی رخ نمی‌دهد.
      - **واژگونی:** جهت قرارگیری قسمتی از یک فام‌تن **در جای خود** معکوس می‌شود.
      - **انواعی که طول فام‌تن را تغییر نمی‌دهد**
        - واژگونی
        - جابه‌جایی در همان کروموزوم
        - ممکن است با کاریوتیپ مشاهده نشوند.
  - در هر نوع جهشی، نسبت پورین به پیریمیدین دنا تغییری نمی‌کند.
- **جهش در یاخته‌های مختلف**
  - **در یاخته‌های پیکری**
    - در کروموزوم جنسی یا غیرجنسی احتمال دارد ← به نسل بعد جاندار منتقل نمی‌شود.
    - اگر یاخته فاقد قدرت تقسیم باشد ← فعالیت همان یاخته آسیب می‌بیند.
    - اگر یاخته قدرت تقسیم داشته باشد ← به یاخته‌های حاصل از آن در همان بافت منتقل می‌شود. ← در بقای همان فرد مؤثر است.
  - **در یاخته‌های جنسی**
    - در کروموزوم جنسی یا غیرجنسی آن می‌تواند رخ دهد ← اگر آن گامت در لقاح شرکت کند، جهش به نسل بعد منتقل می‌شود.
    - جهش در میتوکندری اسپرم برخلاف میتوکندری تخمک به نسل بعد منتقل نمی‌شود.



«انواع ناهنجاری‌های ساختاری در فام‌تن‌ها»

پیامدهای جهش

به عوامل مختلفی از جمله محل وقوع در ژنوم بستگی دارد

ژنگان

تعریف: به کل محتوای مادهٔ وراثتی گفته می‌شود ← شامل ژن‌ها، توالی‌های بین ژنی و توالی‌های تنظیمی می‌شود.

برابر است با:
- ژنگان هسته‌ای:
  - معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام‌تن‌های همتا می‌باشد.
  - در انسان: ۲۲ فام‌تن غیرجنسی + فام‌تن جنسی $(X+Y)$
  - در هستهٔ اسپرماتوسیت اولیه $(2n)$ برخلاف اووسیت اولیه وجود دارد ← چون اووسیت، کروموزوم Y ندارد.
- ژنگان سیتوپلاسمی:
  - دنای راکیزه، ژنگان سیتوپلاسمی انسان و سایر جانوران را تشکیل می‌دهد.
  - در گیاهان می‌تواند راکیزه و سبزدیسه باشد.

ژن‌ها فقط بخشی از ژنگان هستند ← ژن‌ها در تولید RNA و پروتئین مؤثرند.

در توالی درون ژنی

- اگر جهش سبب تغییر در جایگاه فعال آنزیم (*چه پروتئین و چه از نوع RNA*) شود ← احتمال تغییر در عملکرد آن بسیار زیاد است.
- اگر جهش سبب تغییر در جایی دور از جایگاه فعال شود، **به‌طوری که بر آن اثری نگذارد** ← احتمال تغییر در عملکرد آنزیم، کم و یا حتی صفر می‌شود.
- اگر جهش در توالی‌های اینترون ژن یوکاریوتی رخ دهد ← نوعی جهش خنثی می‌باشد و در پروتئین‌سازی و فعالیت یاخته نقشی ندارد.

در توالی بین‌ژنی

- این توالی‌ها شامل ژن‌ها و بخش تنظیمی مثل راه‌انداز، افزاینده، اپراتور و جایگاه فعال‌کننده نمی‌باشند.
- این توالی‌ها در تولید ردیف و مقدار RNA و پروتئین تأثیری ندارند.
- ژن‌ها فقط بخشی از ژنگان‌اند و جهش ممکن است در توالی‌های بین‌ژنی رخ دهد.
- اثری بر محصول یا مقدار رنا و پروتئین ندارد ← نوعی جهش خنثی محسوب می‌شوند.

در توالی تنظیمی

- به‌طور مثال در راه‌انداز، افزاینده یا در اپراتور یا توالی اختصاصی فعال‌کنندهٔ پروکاریوت‌ها رخ می‌دهد.
- بر توالی رونوشت RNA و پروتئین اثری ندارد بلکه بر مقدار تولید آن‌ها تأثیر می‌گذارد.
- جهش در **راه‌انداز** ممکن است آن را به راه‌اندازی قوی‌تر یا ضعیف‌تر تبدیل کند و میزان رونویسی را زیاد یا کم کند.

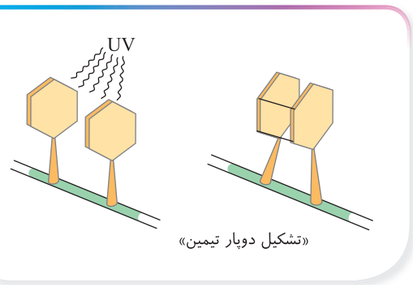
جهش مفید یا مضر، قطعاً درون ژن یا بخش تنظیمی رخ داده است ولی جهش خنثی ممکن است در هر قسمتی از ژنوم رخ دهد.

علت جهش

انواع عوامل جهش‌زا

فیزیکی:
- مانند پرتو فرابنفش که باعث تشکیل پیوند بین دو باز آلی تیمین مجاور هم در دنا می‌شود که به آن دوپار (*دیمر*) تیمین می‌گویند ← باعث آسیب در ساختار دنا می‌شود.
- دوپار تیمین در عملکرد آنزیم دنابسپاراز اختلال ایجاد می‌کند ← همانندسازی دنا را دچار اختلال می‌کند.
- آفتاب‌سوختگی در اثر اشعهٔ فرابنفش خورشید می‌تواند باعث اشکال در ساختار دنا و بروز سرطان شود.

شیمیایی:
- مانند **بنزوپیرن** که در دود سیگار وجود دارد و ممکن است به سرطان منجر شود.
- حملهٔ رادیکال‌های آزاد به مولکول‌های زیستی مثل آنزیم‌ها و دنا می‌تواند سبب آن شود.
- برخی ویروس‌ها، قرص‌های ضد بارداری و نوشیدنی‌های الکلی در ایجاد جهش و سرطان مؤثرند.



«تشکیل دوپار تیمین»

انواع جهش

ارثی

- از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد.
- جهش‌های روی کروموزوم Y فقط از والد نر به فرزندان پسر می‌رسند.
- جهش در ژن‌های میتوکندری تخمک ← فقط از مادران به هر فرزند پسر یا دختر می‌رسد.
- در گامت‌ها وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به تخم منتقل می‌کنند ← همهٔ یاخته‌های حاصل از تخم، دارای آن جهش هستند.
- فرد مبتلا به بیماری‌های مستقل از جنس نهفته و زنان هموفیل، ژن‌های جهش یافته را از هر دو والد به ارث برده‌اند.

اکتسابی

از محیط کسب می‌شود مانند سیگار کشیدن که می‌تواند باعث ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفس شود.

پیشگیری از سرطان

- سبک زندگی و تغذیهٔ سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارد.
- ورزش و وزن مناسب ← در حفظ سلامت مؤثر است.
- غذاهای گیاهی که پاداکسنده دارند (*کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها*) ← مانع اثر رادیکال آزاد بر مولکول‌های زیستی می‌شوند.
- **الیاف** گیاهی نیز مؤثرند.
- از آلکالوئیدهای گیاهی در تولید داروهای ضد سرطان استفاده می‌شود.

شیوهٔ فراوری و پخت غذا:
- مصرف کم غذاهای نمک‌سود یا دودی شده
- مصرف کم غذاهای کباب شده یا سرخ شده
- مصرف کم غذاهایی مثل سوسیس و کالباس که ترکیبات نیتریت‌دار (*مانند سدیم نیتریت*) دارند.
  - سدیم نیتریت سبب ماندگاری بیشتر این مواد می‌شود.
  - سدیم نیتریت در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شود ← تحت شرایطی سرطان‌زایی می‌کنند.



تغییر در جمعیت‌ها

تعادل در جمعیت

نکات
- پادزیست‌ها (*آنتی‌بیوتیک‌ها*) یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر **باکتری‌های** بیماری‌زا است.
- مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها، یکی از مثال‌هایی است که نشان می‌دهد «موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند».
- همهٔ افراد یک گونه در جمعیت، علی‌رغم ویژگی‌های مشترک، تفاوت‌های فردی نیز دارند.
- **تعریف جمعیت:** به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک زمان و مکان زندگی می‌کنند.

تغییر جمعیت در گذر زمان
- در هر جمعیت ویژگی‌های افراد در اثر عوامل محیطی متفاوت است ← با تغییر شرایط محیط
  - افراد سازگارتر ← در طبیعت انتخاب می‌شوند و شانس بقا و زادآوری بیشتری دارند ← فراوانی آن‌ها در نسل بعد بیشتر می‌شود.
  - افراد ناسازگار ← در طبیعت انتخاب نمی‌شوند و شانس بقا و زادآوری کمتری دارند ← فراوانی آن‌ها در نسل بعد کمتر می‌شود.

به تدریج ویژگی‌های **جمعیت** در اثر انتخاب طبیعی تغییر می‌کند.

- شرایط محیط، تعیین‌کنندهٔ سازگاری یا ناسازگاری هر صفت در یک زمان می‌باشد.
- در جامعه‌ای که بین افراد **تفاوت فردی** وجود نداشته باشد، انتخاب طبیعی و تکامل رخ نمی‌دهد.
- در حقیقت باید دقت کرد که تفاوت‌های فردی جمعیت، در نهایت به کمک انتخاب طبیعی، سبب تغییر در جمعیت نسل بعد می‌شود ← یعنی انتخاب طبیعی در **خود فرد** تغییری ایجاد نمی‌کند.

خزانهٔ ژن
- قبل از کشف مفاهیم پایهٔ ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را براساس صفات **ظاهری** توصیف می‌کردند.
- با شناخت ژن ← زیست‌شناسان، جمعیت را براساس ژن‌های آن توصیف کردند.

تعریف خزانهٔ ژن یک جمعیت
- مجموع **همهٔ دگره‌های** موجود در **همهٔ** جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانهٔ ژن آن جمعیت می‌نامند.
- دقت کنید که در تعریف خزانهٔ ژن، فقط توالی‌های **درون ژنی** مربوط به ساخت صفات بررسی می‌شود ← خزانهٔ ژنی به بررسی توالی‌های **تنظیمی** و **بین‌ژنی** نمی‌پردازد (*برخلاف ترنوم*).

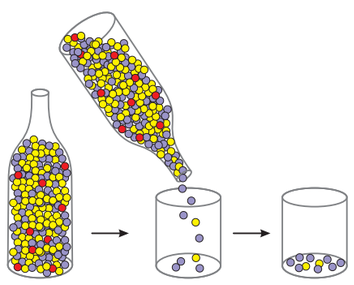
- دقت کنید که دو فرد یا دو جمعیت مختلف از یک گونه، خزانهٔ ژنی متفاوتی دارند ولی ژنوم آن‌ها یکسان است.

نکات
- اگر در جمعیتی، فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است.
- تا وقتی جمعیت در حال تعادل ژنی است
  - تغییر در جمعیت، مورد انتظار نیست.
  - تغییر در افراد در اثر جهش مورد انتظار است.
- اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش می‌گیرد.

عوامل برهم زنندهٔ تعادل در جمعیت

۱ جهش
- با افزودن دگره‌های جدید، **خزانهٔ ژن** را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.
- در صورت ایجاد جهش در توالی‌های بین‌ژنی و تنظیمی، تأثیری در **خزانهٔ ژنی** ندارد.
- **بسیاری** از آن‌ها، تأثیر فوری بر رخ‌نمود ندارند.
- با تغییر شرایط محیط، ممکن است دگرهٔ جدید سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.
- باعث تغییر در فراوانی نسبی دگره‌ها می‌شود ← جامعه را به سمت دگرگونی می‌برد.
- پدیده‌ای **تصادفی** است
  - خزانهٔ ژنی را غنی‌تر می‌کند.
  - معلوم نیست که روی سازگاری اثر مثبت یا منفی بگذارد.
- در پروکاریوت‌ها با تقسیم دوتایی به نسل بعد می‌رسد.
- در زنبور نر برخلاف سایر جانوران، با میتوز به نسل بعد می‌رسد.
- در صورت ایجاد در توالی ژنی
  - همواره روی ژنوتیپ تغییر ایجاد می‌کند.
  - ممکن است روی فنوتیپ اثر نکند.
- می‌تواند موجب افزایش یا کاهش سازگاری شود.
- تغییر محیط می‌تواند سرعت بروز آن را در فنوتیپ و جمعیت زیاد یا کم کند.
- فرایندی هدفمند و به قصد سازش نمی‌باشد.

۲ رانش دگره‌ای
- فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای **تصادفی** می‌شود.
- **برخلاف** انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.
- در صورت رانش بسیار بزرگ و حذف برخی دگره‌ها از جمعیت اولیه ← جمعیت آینده فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه را دارد.
- تغییری که در فراوانی الل می‌دهد، تصادفی است و ارتباطی با سازگاری آن‌ها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.
- هرچه اندازهٔ یک جمعیت **کوچک‌تر** باشد، رانش دگره‌ای اثر **بیشتری** دارد.
- برای اینکه جمعیتی در حال تعادل باشد، باید جمعیت اندازهٔ بزرگی داشته باشد (*تعداد افراد زیادی داشته باشد*).
- رانش، الل جدید ایجاد نمی‌کند.
- رانش، سبب **کاهش** در
  - خزانهٔ ژنی جمعیت می‌شود.
  - اندازهٔ جمعیت اولیه می‌شود.
  - تنوع جمعیت می‌شود.
  - تفاوت افراد نسل بعد می‌شود ← چون تنوع الل‌ها در جمعیت اولیه کاهش یافته است.



«کاهش شدید در اندازهٔ جمعیت باعث تغییر فراوانی‌های دگره‌ای می‌شود.»

۳ شارش ژن

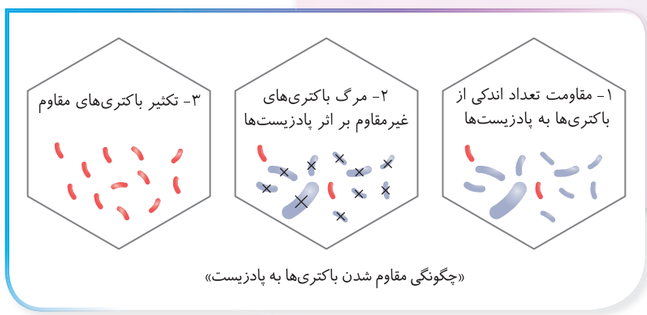
- وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از دگره‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند.
- اگر شارش دوطرفه (*دوسویه*) و به‌طور پیوسته ادامه یابد، سرانجام **خزانهٔ ژن** دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.
- سبب تغییر در فراوانی نسبی دگره‌های هر دو جمعیت می‌شود.
- همانند جهش، سبب غنی‌تر شدن تنوع الل‌ها و خزانهٔ ژنی یک جمعیت (*گیرنده*) شده و گوناگونی را زیاد می‌کند.

۴ آمیزش غیرتصادفی

- آمیزش تصادفی، آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد.
- اگر آمیزش به رخ‌نمود یا ژن‌نمود بستگی داشته باشد، آمیزش غیرتصادفی است.
- نسبت ژن‌نمودها در جامعه را تغییر می‌دهد.
- جانوران جفت خود را براساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند ← در حقیقت در جمعیت‌ها، آمیزش‌ها اغلب غیرتصادفی رخ می‌دهد ← پس همواره جامعه در حال دگرگونی است.

۵ انتخاب طبیعی

- فراوانی دگره‌ها را در خزانهٔ ژنی تغییر می‌دهد ← روی **فنوتیپ** اثر می‌گذارد و انتخاب می‌کند.
- افراد **سازگارتر** با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد.
- خزانهٔ ژنی نسل آینده به صورت **هدفمند** دستخوش تغییر می‌شود.
- **مثال:** در سرمای شدید ← آن‌هایی که سرما را تحمل می‌کنند زنده می‌مانند ← این افراد بیشتر از دیگران تولیدمثل می‌کنند ← انتقال صفت تحمل سرما به نسل بعد ← با ادامهٔ سرما
  - تعداد افرادی که سرما را تحمل می‌کنند در مقایسه با جمعیت اول بیشتر است. ← این افراد شانس بیشتری برای تولیدمثل و انتقال صفت به نسل‌های بعد
  - یعنی: تغییر در جمعیت ایجاد می‌شود نه فرد
- مثال بالا مثالی از تغییر جمعیت است که یکی از شرایط آن وجود تفاوت‌های فردی است.
- شرایط محیط، تعیین‌کنندهٔ صفات بهتر است که این بهتر بودن صفت، همیشگی نیست.
- زیست‌شناسان به جای صفت بهتر، از صفت **سازگارتر** با محیط استفاده می‌کنند.
- این محیط است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند.
- شکل مقابل علت مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست را توضیح می‌دهد که **جمعیت** از غیرمقاوم به مقاوم تغییر می‌یابد.
- انتخاب طبیعی، **جمعیت** را تغییر می دهد نه فرد را!
- تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی جمعیت را کاهش می‌دهد ← توان بقای جمعیت را **کاهش** می‌دهد.
- به اندازهٔ جمعیت ارتباطی ندارد ← معمولاً به دلیل تغییر محیط، به حذف کامل الل ناسازگار نمی‌انجامد.
- برخلاف رانش، همواره به سازگاری جامعه می‌پردازد.
- **همانند** رانش، سبب **کاهش** گوناگونی افراد در جامعه می‌شود.



«چگونگی مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست»

عوامل برهم زنندهٔ تعادل در جامعه

- خزانهٔ ژنی جمعیت را تغییر می‌دهند ← خزانهٔ ژنی محدود است.
- ژنوم جمعیت‌ها و گونه‌ها را تغییر نمی‌دهد ← ژنوم به بررسی جایگاه توالی‌ها می‌پردازد.

تداوم گوناگونی جمعیت‌ها

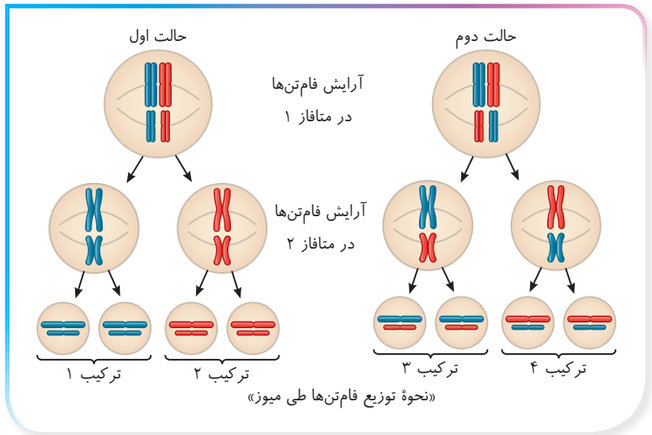
گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد
- جهش و شارش به داخل، گوناگونی جمعیت را افزایش می‌دهند.
- انتخاب طبیعی، رانش و آمیزش‌های غیرتصادفی، در جهت کاهش گوناگونی جمعیت قدم برمی‌دارند.

سازوکارهایی لازم است که با وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی تداوم داشته باشد.

انواع سازوکارها برای حفظ و تداوم گوناگونی در جمعیت‌ها

۱ گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها

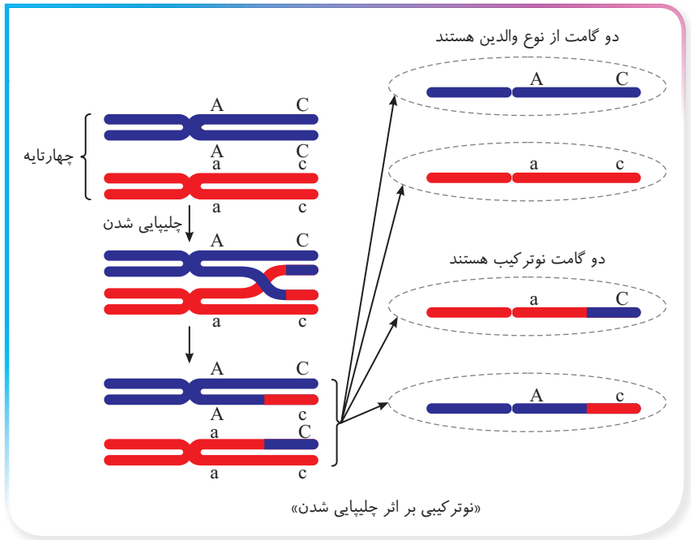
- ویژهٔ جانداران دارای میوز و تولیدمثل جنسی می‌باشد.
- آرایش‌های متفاوت چهارتایه (*تتراد*) در متافاز میوز ۱ که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد.
- این عمل بدون نیاز به جهش، سبب تنوع در تولیدمثل جنسی می‌شود.
- اگر فردی در همهٔ صفات خالص باشد $(aaBB\dots)$ ← گوناگونی دگره‌ای آن فقط در اثر جهش ایجاد می‌شود.
- هرچه تعداد صفات ناخالص در افراد بیشتر باشد ← تنوع دگره‌ای و گامتی بیشتری دارد.
- الل جدیدی در خزانهٔ ژنتیکی جمعیت ایجاد نمی‌کند.



«نحوهٔ توزیع فام‌تن‌ها طی میوز»

۲ نوترکیبی

- نوعی فرایند عادی در پروفاز میوز ۱ می‌باشد که جهش **نمی‌باشد**.
- در پروفاز میوز ۱ هنگام جفت شدن فام‌تن‌های **همتا**، فرایند چلیپایی شدن آغاز می‌شود.
- **چلیپایی شدن (کراسینگ‌اوور)**: قطعه‌ای از فام‌تن بین فامینک‌های **غیرخواهری** در کروموزوم‌های **همتا** مبادله می‌شود.
- طی این فرایند در دو کروماتید **غیرخواهری** از تتراد، پیوندهای فسفودی‌استری، شکسته و تشکیل می‌شوند.
- **فامینک‌های نوترکیب**: اگر قطعات مبادله شده حاوی دگره‌های **متفاوتی** باشند، ترکیب جدیدی از دگره‌های در این دو فامینک به وجود می‌آید.
- **گامت نوترکیب**: گامت‌هایی که فامینک‌های نوترکیب را دریافت می‌کنند، گامت‌های نوترکیب نامیده می‌شوند.
- این فرایند **برخلاف** جهش، سبب ایجاد الل جدید نمی‌شود.
- این فرایند **همانند** گوناگونی دگره‌ها ← تغییری در خزانهٔ ژنتیکی نمی‌دهد.
- این فرایند، سبب ایجاد **ترکیب** جدیدی از الل‌ها در یک کروموزوم، طی **میوز** می‌شود.
- طی این فرایند، امکان دارد در یک میوز، چهار یاخته با ژنوتیپ متفاوت ایجاد شود (*مثلاً ۴ نوع اسپرم از یک اسپرماتوسیت اولیه ایجاد می‌شود*).
- طی این فرایند، در بخش‌هایی، دو کروماتید **خواهری** می‌توانند ژن‌های متفاوتی داشته باشند.



«نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن»

۳ اهمیت ناخالص‌ها

- اگر شانس بقا و زادآوری **ناخالص‌ها** در صفتی از سایر افراد بیشتر باشد، سبب حفظ تنوع در آن صفت می‌شود.

مثال آن بیماری کم‌خونی داسی‌شکل است
- Hb^AHb^A : سالم
- Hb^AHb^S : فقط در هنگام کاهش اکسیژن، گویچه‌های آن‌ها داسی می‌شود.
- Hb^SHb^S : در سنین پایین معمولاً می‌میرند.

- **مالاریا:** بیماری ناشی از نوعی انگل **تک**یاخته‌ای آغازی است که **بخشی** از چرخهٔ زندگی خود را در گویچه‌های **قرمز** می‌گذراند.
- فراوانی دگرهٔ Hb^S در مناطقی که مالاریا شایع است، بسیار بیشتر از سایر مناطق است.

در مناطق مالاریاخیز
- افراد خالص سالم (Hb^AHb^A) : در معرض ابتلا (حساس) به بیماری مالاریا هستند ← این افراد، حساس به مالاریا هستند و در صورت ابتلا می‌میرند.
- افراد ناخالص سالم (Hb^AHb^S)
  - در این افراد، عامل مالاریا نمی‌تواند بیماری ایجاد کند (*مقاوم*).
  - وقتی گویچهٔ قرمز آن‌ها آلوده می‌شود، آن‌ها داسی‌شکل‌اند و **انگل می‌میرد** ولی فرد به مالاریا مبتلا نمی‌شود.
- افراد مبتلا به کم‌خونی داسی‌شکل Hb^SHb^S
  - در اثر کم‌خونی داسی‌شکل، معمولاً می‌میرند.
  - اگر به مالاریا مبتلا شوند ← به مالاریا مقاوم هستند و در اثر مالاریا نمی‌میرند.

- دگرهٔ Hb^S در این مناطق باعث بقای جمعیت می‌شود.
- مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین‌کنندهٔ صفتی است که حفظ می‌شود.

گفتار ۲

شواهد تغییر گونه‌ها

۱ سنگواره‌ها

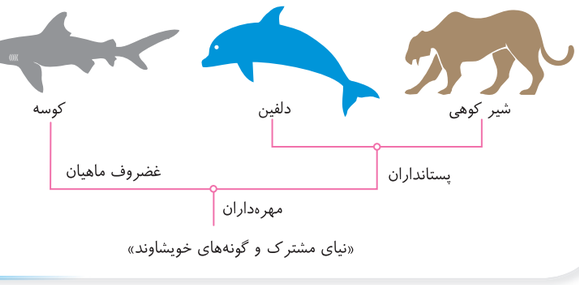
- تعریف: بقایای یک جاندار یا آثاری از جانداری است که در گذشتهٔ دور زندگی می‌کرده است.
- **انواع**
  - قسمت‌هایی از بدن: سنگواره **معمولاً** حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران است (*مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی*).
  - تمام بدن
    - ماموت منجمدشده‌ای که همهٔ قسمت‌های بدن آن‌ها، حتی پوست و مو حفظ شده‌اند.
    - حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند ← این رزین‌ها در پاسخ به زخم گیاهی و برای محافظت ترشح شده‌اند.
- **دیرینه‌شناسان**
  - به مطالعهٔ سنگواره‌ها می‌پردازند و قادرند **عمر** یک سنگواره را تعیین کنند.
  - آن‌ها اکنون می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند.
  - سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.
- **انواع آن‌ها از نظر زمان وجود جانداران**
  1. جاندارانی که در گذشته زندگی می‌کرده‌اند و امروز دیگر نیستند، مثل دایناسورها.
  2. جاندارانی که در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند ولی امروز زندگی می‌کنند، مثل گل لاله یا گربه (*گونه‌های جدیدتری هستند*).
  3. گونه‌هایی که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند، مثل درخت گیسو.
  4. شواهد سنگواره‌ای درخت گیسو نشان می‌دهد که گونهٔ این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است.



«برگ درخت گیسو و سنگوارهٔ آن»

۲ تشریح مقایسه‌ای

- در تشریح مقایسه‌ای، اجزای پیکر جانداران گونه‌های **مختلف** با یکدیگر مقایسه می‌شود.
- نشان می‌دهد که ساختار بدنی **بعضی** گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است.
- مقایسهٔ اندام حرکتی **جلویی** در **مهره‌داران** مختلف، از طرح **ساختاری** یکسان حکایت دارد.
- **اندام‌ها یا ساختارهای همتا**
  - اندام‌هایی را که **طرح ساختاری** آن‌ها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند.
  - مثال‌هایی برای ساختار همتا: دست انسان، بال پرنده، بالهٔ دلفین و دست گربه
  - **نیای** مشترکی دارند، یعنی در گذشته از گونهٔ مشترکی مشتق شده‌اند.
  - گونه‌هایی را که نیای مشترکی دارند، گونه‌های **خویشاوند** می‌گویند.
  - زیست‌شناسان برای **رده‌بندی** جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند.
  - مثلاً شیر کوهی و دلفین ویژگی‌های شبیه‌تری به هم دارند ولی با کوسه‌ماهی نیز نیای مشترک دارند.
- **ساختارهای آنالوگ**
  - ساختارهایی را که **کار یکسان** اما طرح ساختاری **متفاوت** دارند.
  - مثال: بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ‌اند
    - هر دو برای **پرواز** کردن‌اند (*کارِ یکسان*).
    - ساختارهای متفاوتی دارند.
    - برای پاسخ به یک نیاز (*پرواز*) به روش‌های **مختلفی** سازش پیدا کرده‌اند.
- **ساختارهای وستیجیال (ردپا)**
  - ساختارهایی که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عدهٔ دیگر، **کوچک** یا **ساده** شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند.
  - این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای وستیجیال می‌نامیم.
  - مثال: مار پیتون
    - بقای پا در لگن به صورت وستیجیال موجود است.
    - این ساختار نشان از رابطه‌ای میان آن گونه و دیگر مهره‌داران است.
    - شواهد متعددی نشان می‌دهد که مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده‌اند.
    - با سوسمار خویشاوند است و نیای مشترک به همراه اندام‌های همتا دارند.
  - **ردپای** تغییر گونه‌ها هستند.



«نیای مشترک و گونه‌های خویشاوند»



«بقایای پا در مار پیتون»

۳ مطالعات مولکولی

- مقایسهٔ گونه‌ها در تراز **ژنگان** (*ژنوم*) است که ژنگان گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شوند.
- اطلاعات به دست آمده از ژنوم‌شناسی مقایسه‌ای
  - کدام ژن‌ها در بین گونه مشترک‌اند.
  - کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند.
  - از مقایسهٔ بین دنای جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌شود.
- هرچه دو جاندار شباهت بیشتری بین دنای آن‌ها وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند و می‌توان به تاریخچهٔ تغییر آن‌ها پی برد ← ژن‌های شیر کوهی و دلفین به هم شبیه‌تر از کوسه‌ماهی می‌باشد.
- توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های **مختلف** دیده می‌شوند، توالی‌های **حفظ شده** می‌نامند.

تکات

- ارنست مایر
  - تعریف آن از گونه برای جاندارانی کاربرد دارد که تولیدمثل **جنسی** دارند.
  - تعریف از گونه: به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های **زیستا** و **زایا** به وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش **موفقیت‌آمیز** داشته باشند.
- **زیستا:** به جانداری گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد.
- **آمیزش موفقیت‌آمیز:** آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیستا و زایا منجر می‌شود.

گونه‌زایی

جدایی تولیدمثلی

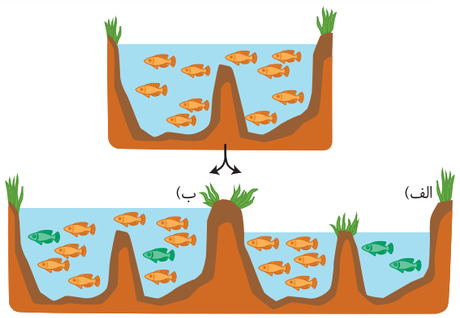
- عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند ← سبب ایجاد دو جمعیت و دو خزانهٔ ژنی جدا از هم می‌شود ← احتمال ایجاد گونهٔ جدید را زیاد می‌کند.
- منظور از جدایی تولیدمثلی ← عواملی هستند که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با برخی افراد دیگر همان گونه در جمعیت‌های مختلف می‌شود.

انواع آن براساس سازوکار ایجاد

همواره با جدایی تولیدمثلی آغاز می‌شوند.

دگرمیهنی

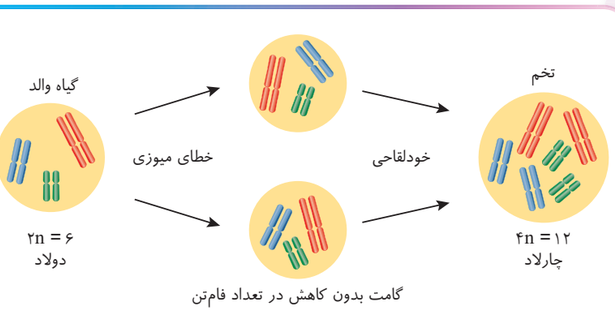
- **جدایی جغرافیایی** رخ می‌دهد مانند کوه‌زایی، ایجاد کوه، دره و یا دریاچه ← سبب جدایی تولیدمثلی برخی افراد می‌شود.
- گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و سدهای جغرافیایی، یک جمعیت به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود.
- ارتباط دو قسمت از جمعیت اولیه قطع می‌شود و **شارش** بین آن‌ها متوقف می‌گردد.
- به تدریج دو جمعیت متفاوت می‌شوند.
- پدیده‌هایی که وقوع آن‌ها در این حالت نیز ادامه دارد
  - جهش ← ایجاد الل‌های جدید
  - نوترکیبی ← ایجاد ترکیب جدید الل‌ها در گامت‌ها
  - انتخاب طبیعی ← انتخاب افراد سازگارتر با تغییرات محیط
  - رانش ← در صورتی مؤثر است که جمعیت جدا شدهٔ اولیه از سایر افراد، تعداد کم یا اندازهٔ کوچک داشته باشد.
- تفاوت میان دو قسمت **به تدریج** زیاد می‌شود تا جایی که حتی اگر دو جمعیت کنار هم باشند، آمیزشی بین آن‌ها رخ نخواهد داد.
- اگر در حالتی که کنار هم قرار گرفتند به دلیل عواملی مثل تفاوت در زمان تولید، نتوانند با هم آمیزش کنند ← حالا به آن‌ها دو گونهٔ مختلف گفته می‌شود.



«الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی»

هم‌میهنی

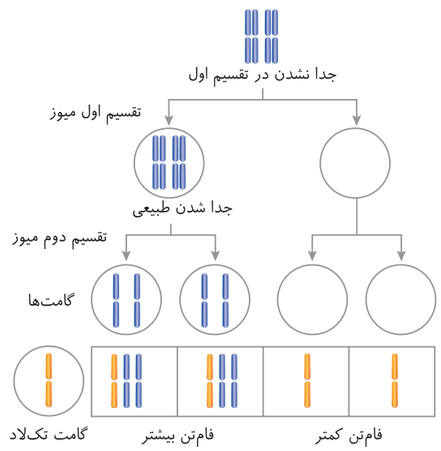
- در **یک زیستگاه** جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه گونهٔ جدیدی حاصل می‌شود.
- جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.
- در این گونه‌زایی نیز جهش، رانش و انتخاب طبیعی نقش دارند.
- مثال: پیدایش گیاهان چندلادی (*پلی‌پلوئیدی*)
- چندلادی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که **زیستا** و **زایا** هستند ← ولی در آمیزش با افراد هم‌گونهٔ نیایی خود، زاده‌های زیستا و زایا پدید نمی‌آورند.
- گیاهان چندلادی بر اثر خطای **میوزی** ایجاد می‌شوند.
- مثلاً ایجاد گونهٔ $4n$ که زیستا و زایا باشد
  - در اثر خطای **میوزی** در گونهٔ نیایی $2n$ ایجاد شده‌اند.
  - یک گونهٔ جدید است.
  - زیستا و زایا می‌باشد.
  - گامت‌های $2n$ و دارای کروموزوم همتا ایجاد می‌کنند.
  - اگر با گونهٔ $2n$ اولیه لقاح کنند ← زادهٔ $3n$ نازا می‌سازند.
  - ممکن است اصلاً با گونهٔ $2n$ اولیه لقاح نکند.
- اگر گامت طبیعی با گامت‌هایی با عدد فام‌تنی غیرطبیعی لقاح کند، تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد.



«چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولاد»

آزمایشات هوگو دووری

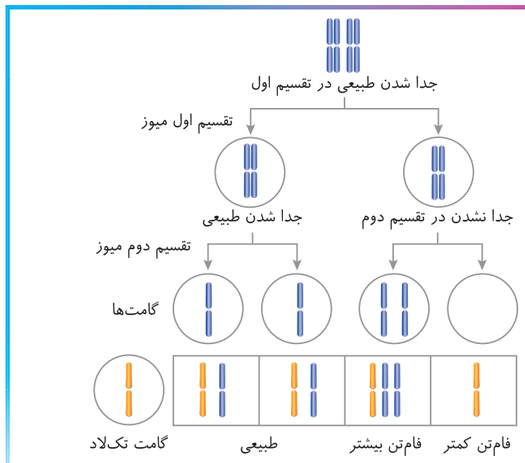
- با گیاهان گل مغربی ($2n=14$) کار می‌کرد ← در **هر** مجموعهٔ خود ۷ کروموزوم **غیرهمتا** دارند.
- در آمیزش عادی، گامت‌های $n=7$ ایجاد می‌کردند.
- دووری، ابتدا متوجه ایجاد **یک** گل مغربی با **ظاهری** متفاوت شد.
- گیاه جدید با ظاهر متفاوت، چارلاد (*تتراپلوئید*) ($4n$) بود.
- گیاه جدید به جای ۱۴ فام‌تن، ۲۸ فام‌تن داشت.
- این گیاه در اثر خطای **میوزی** در آنافاز **۱** والدین ایجاد شده بود.
- گامت تولیدکنندهٔ آن‌ها، دو یاختهٔ $2n=14$ بوده است.
- گامت‌های گیاه $4n=28$، از نوع $2n=14$ و واجد کروموزوم‌های **همتا** می‌باشد.
- اگر گامت‌های این گیاه با گامت طبیعی که تک‌لادند (n) آمیزش کنند، تخم ($3n$) حاصل می‌شود.
- تخم $3n$ نازاست و زادهٔ آن‌ها نمی‌تواند یک گونهٔ جدید به حساب بیاید.
- اگر گیاه چارلاد خودلقاحی کند یا با گیاه مانند خود دگرلقاحی کند، یاختهٔ $4n$ حاصل می‌شود.
- گیاه $4n$ زیستا و زایاست ولی با گیاه $2n$ نمی‌تواند آمیزش موفقیت‌آمیز کند، بنابراین به گونهٔ جدیدی تعلق دارد.



توضیح: اگر طی تولید گامت‌ها در یاختهٔ $2n$، همهٔ کروموزوم‌ها در آنافاز ۱ میوز جدا نشوند، در نهایت دو نوع گامت ایجاد می‌شود:

الف) گامت‌هایی بدون کروموزوم هسته‌ای

ب) گامت‌هایی با تعداد کروموزوم برابر با یاختهٔ اولیهٔ ($2n$)



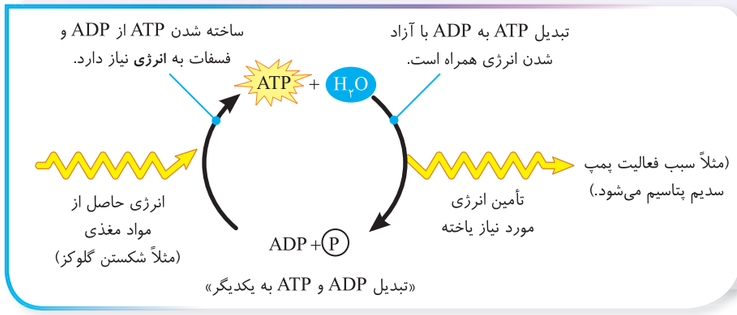
توضیح: اگر در یاختهٔ $2n$، جدا نشدن کروموزوم‌ها در یکی از یاخته‌های شروع‌کنندهٔ میوز ۲ رخ دهد:

سه نوع گامت در انتها ایجاد می‌شود
- دوتا گامت طبیعی (n)
- یک گامت دیپلوئید ($2n$)
- یک گامت خالی از کروموزوم هسته‌ای

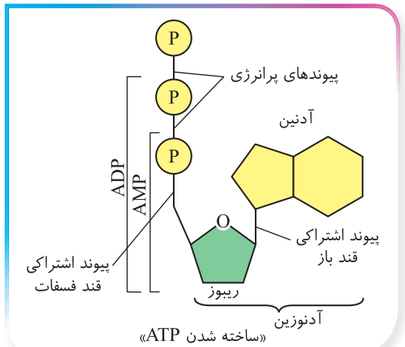
گفتار ۱ و ۲

ATP

- هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند ← همهٔ جانوران، به شیوهٔ یکسانی، انرژی مورد نیاز را از غذایی که می‌خورند، به دست می‌آورند.
- شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌هاست.
- متشکل از باز آلی آدنین، قند پنج‌کربنی ریبوز و سه گروه فسفات است.
- به مجموعهٔ باز آلی آدنین و قند ریبوز آن، آدنوزین گفته می‌شود.
- افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد: آدنوزین $\xrightarrow{P_i}$ AMP $\xrightarrow{P_i}$ ADP $\xrightarrow{P_i}$ ATP
- به‌طور معمول از ADP تشکیل می‌شود.
- پیوندهای پرانرژی اشتراکی بین گروه‌های فسفات ایجاد و با شکسته شدن این پیوند، انرژی ذخیره شده در آن‌ها آزاد می‌شود.
- حفظ هر یک از ویژگی‌های جانداران مثل رشد و نمو، تولیدمثل و ... به در اختیار داشتن **ATP** وابسته است.
- آدنین و فسفات، با پیوند اشتراکی به قند پنتوز آن متصلند.
- تبدیل ADP به ATP، واکنشی از نوع سنتز آبدهی بوده که انرژی‌خواه است و از مواد مغذی انرژی آن به دست می‌آید.
- هیدرولیز ATP به ADP، همراه با مصرف آب بوده و انرژی‌زا می‌باشد. انرژی حاصل از آن صرف فرایندهای یاخته‌ای می‌شود.



«تبدیل ADP و ATP به یکدیگر»



«ساخته شدن ATP»

تأمین انرژی

روش‌های ساخت

۱) ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده

- گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (*پیش‌ماده*) و افزودن آن به ADP است.
- مثال
  - تولید ATP در مرحلهٔ آخر گلیکولیز (*قندکافت*) هر نوع تنفس یاخته‌ای از پیش‌مادهٔ سه‌کربنی دوفسفاته
  - تولید ATP در چرخهٔ کربس ← مخصوص بخش هوازی تنفس یاخته‌ای می‌باشد.
  - تولید ATP در ماهیچه‌ها به کمک کرآتین فسفات
    - طبق واکنش مقابل، **به سرعت**، ATP تولید می‌کند. $ATP + (C)$کرآتین $\rightarrow ADP + CP$
    - کرآتین، سپس در ماهیچه به مادهٔ زائد نیتروژن‌دار **کرآتینین** تبدیل می‌شود.
    - کرآتینین‌ها وارد خون شده و سپس به عنوان مادهٔ زائد نیتروژن‌دار از کلیه‌ها دفع می‌شوند.
    - در جایگاه فعال آنزیم مورد نیاز آن، فسفات‌ها در کنار هم قرار می‌گیرند.

۲) ساخته شدن اکسایشی ATP ← از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در راکیزه ساخته می‌شود ← مخصوص تنفس یاخته‌ای هوازی است.

۳) ساخته شدن نوری ATP ← در سبزدیسه انجام می‌شود ← نیاز به زنجیرهٔ انتقال الکترون دارد ← در فتوسنتز تولید و مصرف می‌شود.



«ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده»

تنفس یاخته‌ای

همواره طی آن، قند می‌سوزد و ATP تولید می‌شود.

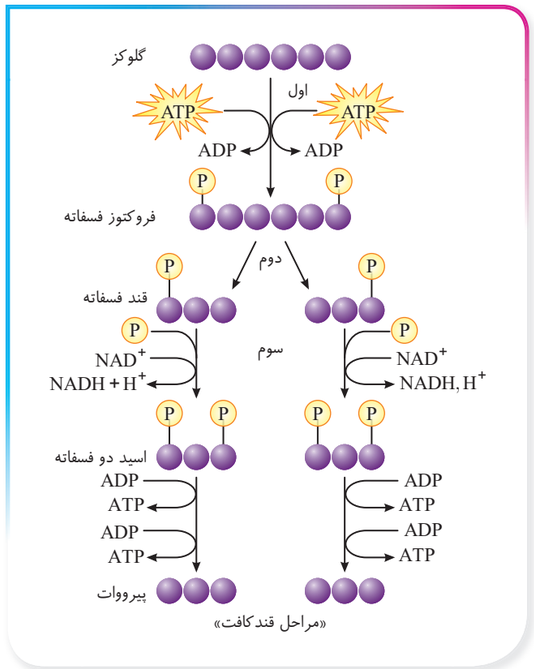
۱) تنفس هوازی

- تجزیهٔ مادهٔ مغذی و تولید ATP با حضور **اکسیژن** انجام می‌شود.
- واکنش کلی آن: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$
- دو مرحله دارد
  - **الف)** بخش بی‌هوازی (*مستقل از اکسیژن*): قندکافت (*گلیکولیز*) ← در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم هر یاختهٔ زنده‌ای رخ می‌دهد.
  - **ب)** بخش هوازی (*وابسته به اکسیژن*)
    - در یوکاریوت‌ها، درون راکیزه انجام می‌شود.
    - ۱) اکسایش پیرووات
    - ۲) چرخهٔ کربس (*اگزیش استیل*)
    - ۳) زنجیرهٔ انتقال الکترون ← بیشترین مقدار ATP را به صورت اکسایشی تولید می‌کند.
- بازدهٔ انرژی
  - به ازای تجزیهٔ کامل گلوکز در بهترین شرایط آزمایشگاهی، یاختهٔ یوکاریوت، حداکثر ۳۰ATP تولید می‌کند.
  - تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند.
- تنظیم تنفس یاخته‌ای
  - هورمون‌های یددار تیروئیدی با تنظیم سوخت‌وساز یاخته‌ها، سبب تنظیم مقدار ATP می‌شوند.
  - اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخهٔ کربس مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود.
  - اگر ATP کم و ADP زیاد شود، آنزیم‌های قندکافت و بخش هوازی فعال و تولید ATP افزایش می‌یابد.
  - این تنظیم مانع هدر رفتن منابع می‌شود.
  - یاخته‌های بدن به‌طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند.
  - در صورت عدم منابع کافی، یاخته‌ها به سراغ تجزیهٔ چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند.
  - تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی‌مدت در افراد است.

۲) تنفس بی‌هوازی (تخمیر)

دو مرحله دارد

- **قندکافت (گلیکولیز)**
  - در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد.
  - کمی ATP تولید می‌کند.
- ادامهٔ دو نوع تخمیر مهم
  - **الکلی**
    - در نهایت اتانول و CO_2 تولید می‌کند.
    - در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد.
  - **لاکتیکی**
    - در نهایت با الکترون‌گیری پیرووات، لاکتات تولید می‌کند.
    - تنها تنفس یاخته‌ای است که CO_2 تولید نمی‌کند.



«مراحل قندکافت»

الف) قندکافت (گلیکولیز)

- اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای و به معنی تجزیهٔ گلوکز است.
- در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم و به صورت چندمرحله‌ای در هر یاختهٔ زنده‌ای انجام می‌شود.
- متشکل از مراحلی است:
  - ۱) گلوکز با گرفتن فسفات‌های ATP به فروکتوز فسفاته تبدیل می‌شود (*این ATPها برای انرژی فعال‌سازی واکنش صرف می‌شوند.*)
  - ۲) از تجزیهٔ گلوکز فسفاته، دو قند سه‌کربنی یک‌فسفاته حاصل می‌شود.
  - ۳) هر قند سه‌کربنهٔ یک‌فسفاته با گرفتن یک فسفات آزاد دیگر به مادهٔ اسیدی دوفسفاته تبدیل می‌شود ← در این مرحله، به ازای تولید هر اسید، یک $NADH$ و یک H^+ ایجاد می‌شود.
  - ۴) هر اسید دوفسفاته بعد از طی مراحلی به مولکول سه‌کربنی به نام پیرووات تبدیل می‌شود ← در این مرحله به ازای هر پیرووات، دو مولکول ATP در سطح پیش‌ماده تولید می‌شود.
- در قندکافت، O_2 و CO_2، تولید و مصرف نمی‌شود.

$NADH$

- حامل الکترونی دی‌نوکلئوتیدی است و از اضافه شدن الکترون و پروتون به NAD حاصل می‌شود.
- همواره به ازای یک $NADH$، یک پروتون H^+ نیز وجود دارد.

گیرنده‌های الکترونی در تنفس یاخته‌ای

NAD^+

- در قندکافت و بخش هوازی تنفس برای اکسایش پیرووات و استیل، مصرف می‌شود (NAD^+ *در واکنش، با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد*).
- مادهٔ نیکوتین‌دار دی‌نوکلئوتیدی می‌باشد.
- در تخمیر و زنجیرهٔ انتقال الکترون دوباره‌سازی می‌شود ($NADH$، *اکسایش می‌یابد*) $NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$
- ابتدا با گرفتن یک الکترون خنثی شده و سپس با یک هیدروژن ترکیب شده و به صورت حامل الکترونی $NADH$ درمی‌آید.
- به ازای هر $NADH$، یک پروتون یا H^+ نیز ایجاد شده است.

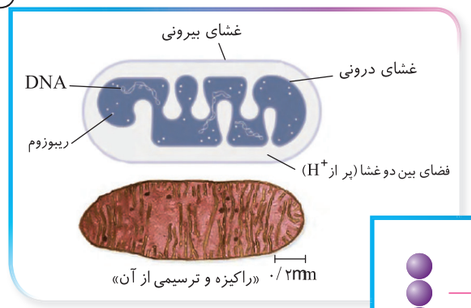
FAD

- گیرندهٔ الکترون مخصوص اکسایش استیل در بخش هوازی تنفس است.
- در بسترهٔ راکیزه در واکنش چرخهٔ کربس مصرف می‌شود (*با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد*).
- با گرفتن دو اتم هیدروژن به صورت ناقل الکترونی $FADH_2$ درمی‌آید. $FAD + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons FADH_2$
- مادهٔ دی‌نوکلئوتیدی می‌باشد.
- همراه با ایجاد $FADH_2$، پروتونی به صورت آزاد حمل نمی‌شود.
- در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه (*بین پمپ اول و دوم*) دوباره‌سازی می‌شود ($FADH_2$ *اکسایش می‌یابد*).

ب بخش هوازی یا وابسته به اکسیژن در یوکاریوت‌ها

ساختمان راکیزه

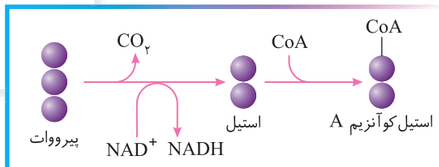
- دو غشای داخلی چین‌خورده و بیرونی صاف دارد. چین‌های غشای درونی به سمت داخل یا بستره می‌باشد.
- درون آن دو فضا دارد: بخش داخلی (*بستره*) و بخش بیرونی (*فضای بین دو غشا*)
- برای تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی که ژن‌های آن‌ها در هسته قرار دارد وابسته است. این پروتئین‌ها در ریبوزوم‌های مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم ساخته می‌شوند.
- دارای دنا یا دناهای مستقل از هسته و رناتن **مخصوص** به خود هستند. در آن همانندسازی، رونویسی و پروتئین‌سازی انجام می‌شود.
- در دنای راکیزه، ژن‌های مورد نیاز ساخت انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارد.
- همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود (*رونویسی و ترجمهٔ همزمان دارد*).
- دنای آن ژنوم سیتوپلاسمی انسان را شامل می‌شود.



«راکیزه و ترسیمی از آن»

۱ اکسایش پیروات

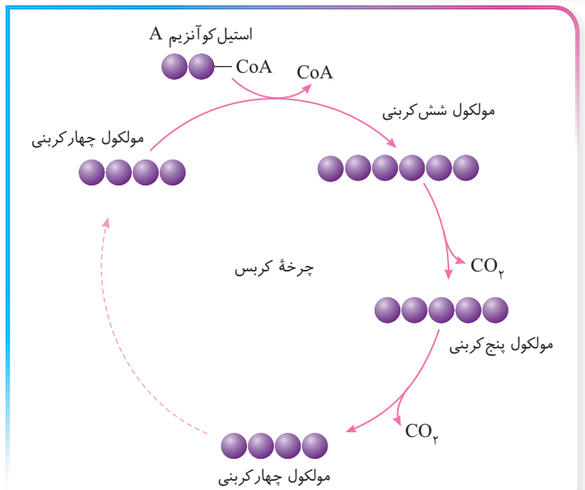
- در راکیزهٔ یوکاریوت‌ها انجام می‌شود.
- پیروات از طریق انتقال **فعال** وارد راکیزه می‌شود و در آنجا اکسایش می‌شود.
- پیروات در راکیزه یک CO_2 از دست می‌دهد و به بنیان استیل تبدیل می‌شود ← ضمن این عمل یک NAD^+ با کاهش یافتن به $NADH$ به همراه یک پروتون تبدیل می‌شود.
- بنیان استیل با اتصال به مولکولی آلی به نام کوآنزیم A، استیل‌کوآنزیم A را تشکیل می‌دهد.
- در این واکنش ابتدا، CO_2 آزاد می‌شود و در آخر کوآنزیم A وارد واکنش می‌شود.
- در این مرحله، تولید ATP صورت نمی‌گیرد ولی اولین مرحلهٔ تولید CO_2 در تنفس یاخته‌ای می‌باشد.



«اکسایش پیروات و تشکیل استیل‌کوآنزیم A»

۲ چرخهٔ کربس

- واکنش‌های چرخه‌ای برای اکسایش گروه استیل در بسترهٔ راکیزه می‌باشد.
- چرخه با مادهٔ چهارکربنی شروع می‌شود و در آخر دوباره‌سازی می‌شود.
- مولکول گلوکز اولین در پایان این مرحله تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شده است.
- واکنش‌های آن به صورت چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی صورت می‌گیرد.



«طرح ساده‌ای از چرخهٔ کربس»

مراحل

۱. ترکیب استیل‌کوآنزیم A با مولکول چهارکربنی ← سبب جدا شدن کوآنزیم A و تشکیل مولکول شش‌کربنی می‌شود.
۲. تبدیل مولکول شش‌کربنی به مولکول پنج‌کربنی با آزاد کردن CO_2
۳. تبدیل مولکول پنج‌کربنی به اولین مولکول چهارکربنی با آزاد کردن CO_2
۴. بازسازی مولکول چهارکربنی اولیه برای گرفتن استیل‌کوآنزیم دیگر ← تبدیل انواع مولکول‌های چهارکربنی به یکدیگر

- مولکول‌های $NADH$، $FADH_2$ و ATP در سطح پیش‌ماده در محل‌های متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند.
- $FADH_2$ ترکیبی نوکلئوتیددار است و همانند $NADH$ در این مرحله تولید می‌شود.
- تا پایان مرحلهٔ چرخه‌های کربس، انرژی حاصل از تجزیهٔ گلوکز، صرف ساخته شدن ATP، $FADH_2$ و $NADH$ شده است.
- تا پایان مرحلهٔ چرخه‌های کربس، همهٔ $6CO_2$ حاصل از تجزیهٔ گلوکز، در بسترهٔ راکیزه آزاد شده‌اند.

$$FAD+2H^+ +2e^- \rightleftharpoons FADH_2$$

۳ زنجیرهٔ انتقال الکترون (تشکیل ATP اکسایشی)

۱. متشکل از مولکول‌هایی است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند که می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست بدهند.
۲. اجزای آن حاوی سه پمپ پروتونی در عرض غشای درونی راکیزه و دو پروتئین مخصوص انتقال الکترون می‌باشد.

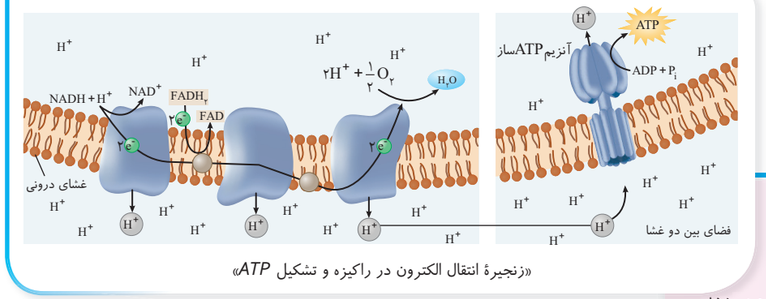
۳ اجزای زنجیره

پمپ‌ها

- همگی پروتون‌ها را برخلاف شیب غلظت از بسترهٔ راکیزه به فضای بین دو غشای آن می‌برند.
- همگی انرژی زیستی مورد نیاز خود را از الکترون عبوری می‌گیرند (*نه ATP!*).
- پمپ اول: مخصوص اکسایش $NADH$های قندکافت و بخش هوازی می‌باشد ← دوباره‌سازی NAD^+ می‌کند. / الکترون‌های $FADH_2$ را عبور نمی‌دهد.
- پمپ دوم ← الکترون‌های $NADH$ و $FADH_2$ را از خود عبور می‌دهد.
- پمپ سوم ← الکترون‌های $NADH$ و $FADH_2$ را دوباره به بسترهٔ راکیزه برمی‌گرداند تا به O_2 برساند ← یون اکسید ایجاد می‌کند.

پروتئین‌ها

- به انتقال H^+ نمی‌پردازند.
- بین پمپ اول و دوم ← آب‌گریز در وسط غشای درونی راکیزه است: مسئول اکسایش $FADH_2$ و دوباره‌سازی FAD می‌باشد. / الکترون‌های $FADH_2$ و $NADH$ را عبور می‌دهد.
- بین پمپ دوم و سوم ← آب‌دوست در سطح خارجی غشای درونی راکیزه است ← الکترون‌های $FADH_2$ و $NADH$ را به پمپ سوم می‌دهد.



«زنجیرهٔ انتقال الکترون در راکیزه و تشکیل ATP»

- مولکول‌های $NADH$ و $FADH_2$ برای تولید ATP بیشتر مصرف می‌شوند.
- الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند و اکسیژن مولکولی به یون اکسید (*اتم اکسیژن با دو بار منفی*) تبدیل می‌شود.
- یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بستره قرار دارند، مولکول آب را تشکیل می‌دهند.
- با ایجاد یون اکسید (O^{2-}) و ترکیب آن با پروتون‌ها، در بسترهٔ راکیزه، مقداری آب تولید می‌شود.
- انرژی لازم برای انتقال پروتون‌های آن از الکترون‌های پرانرژی $NADH$ و $FADH_2$ فراهم می‌شود.
- ضمن عمل پمپ‌های آن، تراکم پروتون‌ها در فضای بین دو غشا افزایش می‌یابد که براساس شیب غلظت، پروتون‌ها تمایل دارند به سمت بخش داخلی (*بستره*) برگردند.
- پروتون‌ها فقط از طریق مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATPساز به بخش داخلی راکیزه می‌روند (*این مجموعه از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد*).
- با عبور پروتون‌ها به روش انتشار تسهیل شده از کانالی که در این مجموعه در غشای درونی راکیزه قرار دارد، انرژی مورد نیاز برای تشکیل ATP اکسایشی از ADP و گروه فسفات فراهم می‌شود.
- اکسیژن گیرندهٔ نهایی الکترون و پروتون در تنفس هوازی می‌باشد.

$$\frac{1}{2}O_2+2e\rightarrow O^{2-} \quad , \quad O^{2-}+2H^+\rightarrow H_2O$$

خلاصه‌ای از تنفس هوازی

گلوکز ← **بخش بی‌هوازی (قندکافت)** ← ۲ATP ← مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم ← دو پیرووات ← **بخش هوازی در راکیزه** ← دو استیل‌کوآنزیم A ← اکسایش پیرووات ← $۲CO_۲$ و $۲NADH, ۲H^+$ ← دو چرخهٔ کربس ← اکسایش در راکیزه ← $۴CO_۲$، $NADH$، $FADH_۲$، ATP پیش‌ماده‌ای ← **زنجیرهٔ انتقال الکترون و کانال ATP ساز** ← تولید ATP اکسایشی در بستره، تولید آب در بستره، دوباره‌سازی NAD^+ و FAD در زنجیره

$۲NADH, ۲H^+$ و $۴ATP$ پیش‌ماده‌ای ← مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم

وارد راکیزه می‌شود.

گفتار ۳

نکات

- از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است.
- در انواعی از جانداران یوکاریوتی و پروکاریوتی رخ می‌دهد.
- در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیرهٔ انتقال الکترون نقشی ندارند.
- از دو مرحله تشکیل شده، یکی مرحلهٔ قندکافت و یکی مرحلهٔ تداوم تولید NAD^+ ← به مجموع هر دو مرحلهٔ آن، تخمیر یا تنفس بی‌هوازی گفته می‌شود.
- برای تداوم قندکافت، وجود NAD^+ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود.
- دو نوع تخمیر مهم الکلی و لاکتیکی وجود دارد که گیرندهٔ نهایی الکترونی آن‌ها نوعی مادهٔ آلی می‌باشد.

تنفس بی‌هوازی (تخمیر)

مرحلهٔ اول هر نوع تخمیر ← قندکافت یا گلیکولیز است
- در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد.
- هر ATP تنفس بی‌هوازی در این مرحله ایجاد می‌شود.
- محصول آن، پیرووات، ATP در سطح پیش‌ماده و NADH می‌باشد.

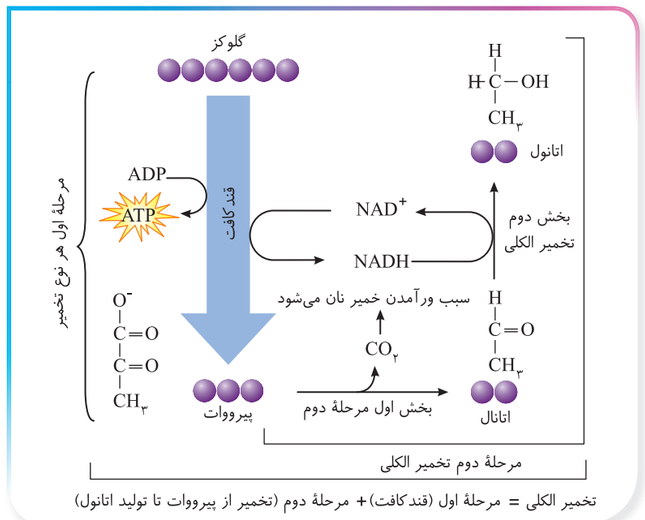
دو نوع تخمیر

مرحلهٔ دوم

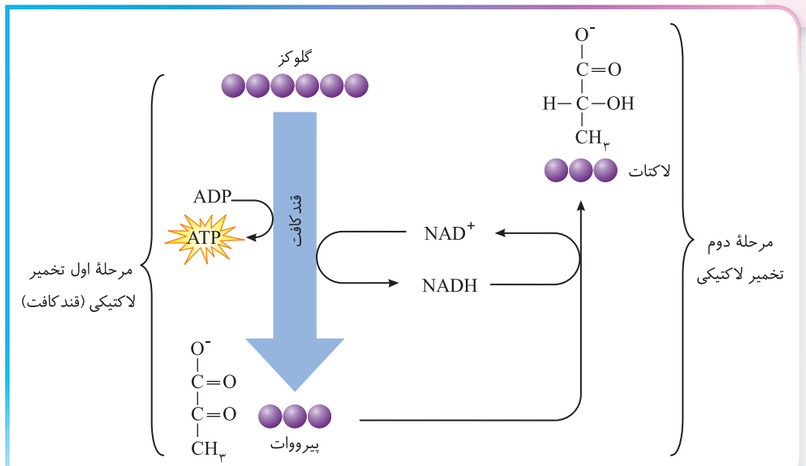
۱ در تخمیر الکلی
- در برخی باکتری‌ها، در قارچ مخمر نان و برخی یاخته‌های گیاهان انجام می‌شود.
- واکنشی دومرحله‌ای است.
- در مرحلهٔ اول، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن $CO_۲$ به اتانال تبدیل می‌شود.
- در مرحلهٔ دوم، ضمن واکنش‌های کاهشی، اتانال با گرفتن الکترون‌های NADH، اتانول ایجاد می‌کند و NAD^+ دوباره‌سازی می‌شود.
- ورآمدن خمیر نان به علت انجام این نوع تخمیر است و با تولید $CO_۲$ ایجاد می‌شود.
- تخمیر الکلی در نهایت سبب تولید اتانول، $CO_۲$ و ATP می‌شود.
- مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی سبب تولید اتانول، $CO_۲$ و NAD^+ می‌شود.
- مادهٔ نهایی الکترون گیرندهٔ آن اتانال آلی می‌باشد.

۲ در تخمیر لاکتیکی
- واکنشی یک‌مرحله‌ای است که طی آن پیرووات، کاهش می‌یابد.
- ضمن الکترون‌گیری پیرووات، دوباره‌سازی NAD^+ رخ می‌دهد.
- در این نوع تنفس یاخته‌ای، $CO_۲$ تولید نمی‌شود.
- پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های NADH به لاکتات تبدیل می‌شود.
- اگر اکسیژن کافی برای تجزیهٔ گلوکز در ماهیچه‌های اسکلتی وجود نداشته باشد، پیرووات به لاکتات تبدیل شده و تجمع لاکتات سبب درد ماهیچه‌ای می‌شود.
- انواعی از باکتری‌ها این تخمیر را انجام می‌دهند.
- در ترش شدن شیر، تولید فراورده‌های غذایی مانند خیارشور و فراورده‌های شیری نقش دارند.

تخمیر در گیاهان
- هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد.
- تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاختهٔ گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.
- گیاهانی که به‌طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند
  - یا به کمک شش ریشه‌ها، از هوا $O_۲$ می‌گیرند.
  - یا نرم‌آکنهٔ پرهوا دارند.
- تشکیل بافت نرم‌آکنه‌ایِ هوادار در گیاهان آبزی (*آبزوکا*، *تویرهواش*) و شش ریشه در درخت حَرَا مثالی از این سازوکارها هستند.



تخمیر الکلی = مرحلهٔ اول (قندکافت) + مرحلهٔ دوم (تخمیر از پیرووات تا تولید اتانول)



«تخمیر لاکتیکی. علت ترش شدن شیر، لاکتیک‌اسید است.»

سلامت بدن (پاداکسنده‌ها)

رادیکال‌های آزاد

تکات

- رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند.
- می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل دهندهٔ بافت‌های بدن، به آن‌ها آسیب برسانند.
- در فرایند تنفس هوازی امکان تولید رادیکال آزاد از اکسیژن وجود دارد.
- اتم اکسیژن برخلاف مولکول اکسیژن به عنوان یک رادیکال آزاد بوده و می‌تواند به مولکول‌های زیستی آسیب برساند.
- در گاهی موارد، درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند و به صورت رادیکال آزاد درمی‌آیند.
- راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال آزاد به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند.
- میوه‌ها و سبزیجات دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها هستند.
- کاروتنوئیدهای درون پلاست‌ها می‌توانند در راکیزه وارد شوند و مانع عمل رادیکال‌های آزاد شوند.
- پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آن‌ها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه مانع تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.
- واکنش تشکیل آب دو مرحله دارد
  - مرحلهٔ اول ← ترکیب O_2 با الکترون‌ها و ایجاد یون اکسید منفی (O^{2-}) ← یون اکسید رادیکال آزاد نمی‌باشد.
  - مرحلهٔ دوم ← ترکیب یون O^{2-} (اَکسید) با پروتون و تشکیل آب

تجمع رادیکال‌های آزاد

- وقتی به وجود می‌آید که سرعت تشکیل رادیکال آزاد از سرعت مبارزه با آن‌ها بیشتر باشد
  - یا در اثر کمبود مواد پاداکسنده بوده است.
  - یا عواملی از رسیدن الکترون‌ها به اکسیژن جلوگیری کرده‌اند (*مثل سیانید*).
- ابتدا سبب تخریب راکیزه و سپس تخریب یاخته می‌شود.

علت

۱ اثر الکل

- سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد.
- مانع عملکرد راکیزه در جهت کاهش رادیکال آزاد می‌شود.
- تجمع رادیکال آزاد ← حمله به *DNA* حلقوی راکیزه ← تخریب راکیزه ← مرگ یاخته‌های کبدی ← بافت‌مردگی (*نکروز*) (*مرگ تصادفی*) ← اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن
- اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

۲ نقص ژنی

- گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد ← مانع انتقال الکترون کافی به O_2 می‌شود.
- راکیزه با این پروتئین‌های معیوب در مبارزه با رادیکال‌های آزاد عملکرد مناسبی ندارد ← احتمال تخریب دنای راکیزه بالا می‌رود.
- این نقص ژنی می‌تواند مربوط به ژن‌های درون هسته یا خود راکیزه باشد.

توقف انتقال الکترون

- مواد سمی فراوانی وجود دارند که یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی را مهار می‌کنند ← سبب توقف تنفس یاخته‌ای ← مرگ

سیانید

- سبب توقف واکنش **نهایی** مربوط به انتقال الکترون به O_2 می‌شود
  - احتمال تولید یون اکسید (O^{2-}) را در راکیزه کم می‌کند ← تولید آب نیز کم می‌شود.
  - احتمال ایجاد رادیکال آزاد از اکسیژن زیاد می‌شود.
  - چون مراحل انتهایی زنجیره را دچار اختلال می‌کند، روی تولید NAD^+ و FAD اثر مستقیم ندارد.

کربن مونواکسید

- اتصال پایدار به هموگلوبین در محل اتصال اکسیژن دارد ← مانع اتصال اکسیژن به هموگلوبین می‌شود ← اختلال در تنفس یاخته‌ای ← مقدار تنفس هوازی و تولید *ATP* در یاخته کم می‌شود.
- همانند سیانید سبب توقف واکنش‌های مربوط به انتقال الکترون به اکسیژن می‌شود
  - احتمال ایجاد یون اکسید و آب را کم کرده
  - احتمال تولید رادیکال آزاد اکسیژن را زیاد می‌کند.

- دود خارج شده از خودروها و سیگار از منابع دیگر تولید کربن مونواکسید هستند.

گفتار ۱

فتوسنتز

کلیات

- تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی است ← منبع انرژی واکنش آن، **نور** می‌باشد.
- طی فرایند فتوسنتز در **گیاهان**، CO_2 با استفاده از انرژی نور خورشید به مادهٔ آلی تبدیل شده و **اکسیژن** نیز تولید می‌شود.
- براساس تعیین میزان کربن دی‌اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، میزان فتوسنتز در گیاهان را اندازه می‌گیرند.
- فرمول فتوسنتز در گیاهان ← $6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
- انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتز می‌کنند:
  - در گیاهان به‌جز **انگل‌هایی** مثل سس و گل جالیز فتوسنتز صورت می‌گیرد.
  - **جلبک‌ها** و برخی دیگر آغازیان مثل **اوگلنا** فتوسنتز می‌کنند.
  - **برخی** باکتری‌ها فتوسنتز می‌کنند ← سیانوباکتری‌ها و باکتری‌های گوگردی از آن‌ها هستند.
  - **هر** یاختهٔ فتوسنتزکننده باید رنگیزهٔ جذب نور و دنای **حلقوی** داشته باشد.
  - **هر** یاختهٔ فتوسنتزکننده باید سامانه‌ای برای تبدیل انرژی نوری به شیمیایی داشته باشد.

برگ

- **فاقد** کامبیوم و رشد قطری می‌باشد ← واجد سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی می‌باشد.
- مناسب‌ترین (*تخصص یافته*) ساختار برای فتوسنتز در **اکثر** گیاهان است.
- تعداد فراوانی سبزدیسه دارد که فتوسنتز در آن‌ها انجام می‌شود.

ساختار برگ گیاه دولپه

پهنک

- **روپوست**
  - رویی ← یاختهٔ نگهبان و روزنهٔ هوایی کم، کرک، پوستک و یاختهٔ ترشحی دارد.
  - زیرین ← یاختهٔ نگهبان و روزنهٔ هوایی زیاد، کرک، پوستک و یاختهٔ ترشحی دارد.
- **میانبرگ**
  - از نوع اسفنجی ← چند لایهٔ فتوسنتزکننده با فضای بین‌یاخته‌ای زیاد در مجاور روپوست زیرین می‌باشند.
  - انواع نرده‌ای ← چند لایهٔ فتوسنتزکننده با فضای بین‌یاخته‌ای کم و فشرده در مجاور روپوست رویی می‌باشند.
  - از بافت نرم‌آکنه‌ای سبزدیسه‌دار می‌باشند.
- **رگبرگ**
  - یک لایه غلاف آوندی بدون کلروپلاست دارد.
  - دسته‌های آوندی
    - آوند چوبی به سمت بالا دارد.
    - آوند آبکش به سمت پایین دارد.

دمبرگ ← توسط هورمون اتیلن از شاخه در محل گره جدا می‌شود.

ساختار برگ گیاه تک‌لپه

- فاقد پهنک و دمبرگ می‌باشند.
- **سه سامانهٔ بافتی دارد**
  - **پوششی**
    - **روپوست رویی**
      - تعدادی کرک و یاختهٔ ترشحی به همراه پوستک دارد.
      - تعداد کمی یاختهٔ نگهبان فتوسنتزکننده و روزنهٔ هوایی دارد.
      - به میانبرگ اسفنجی متصل است.
    - **روپوست زیرین**
      - تعداد یاختهٔ نگهبان و روزنهٔ هوایی بیشتری دارد.
      - تعدادی کرک، یاختهٔ ترشحی و پوستک دارد.
      - به میانبرگ اسفنجی متصل است.
  - **زمینه‌ای** ← فقط یاخته‌های اسفنجی با فضای بین‌یاخته‌ای فراوان دارند.
  - **آوندی**
    - **رگبرگ دارند**
      - غلاف آوندی سبزدیسه‌دار فتوسنتزکننده دارند.
      - آوند چوبی به سمت بالا دارند.
      - آوند آبکش به سمت پایین دارند.

سبزدیسه

- همانند راکیزه، هسته و سایر پلاست‌ها اندامکی دوغشایی می‌باشد.
- در پروکاریوت‌ها وجود ندارد ← ویژهٔ گیاهان و برخی آغازیان می‌باشد.

ساختار

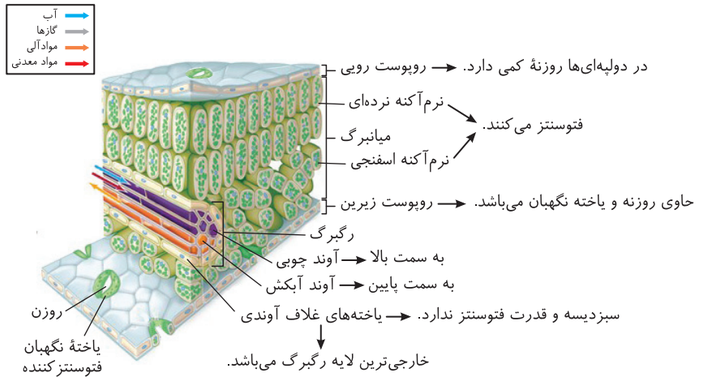
- غشای بیرونی ← صاف بوده و در فتوسنتز نقشی ندارد.
- غشای درونی ← صاف بوده و در فتوسنتز نقشی ندارد.
- بستره ← محل دنای حلقوی، رنا، رناتن، واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز و تنفس نوری می‌باشد.
- تیلاکوئید ← محل واکنش‌های وابسته به نور می‌باشد.
  - ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و به هم متصل می‌باشند.
- دنا، رنا، رناتن دارد ← مانند راکیزه **بعضی** پروتئین‌های مورد نیاز خود را می‌سازد.

۳ فضا دارد

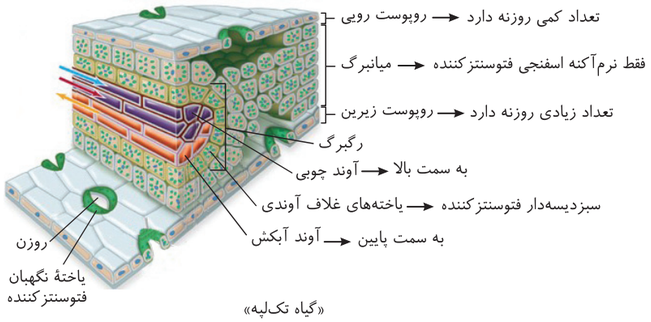
- فضای بین غشای بیرونی و درونی ← در فتوسنتز نقشی ندارد.
- بستره ← بین تیلاکوئید و غشای درونی است ← محل واکنش‌های
  - مستقل از نور است.
  - شروع تنفس نوری است.
- فضای درون تیلاکوئید ← محل تجمع پروتون‌ها و تجزیهٔ نوری آب می‌باشد ← فاقد دنا، رنا و رناتن می‌باشد.

تقسیم

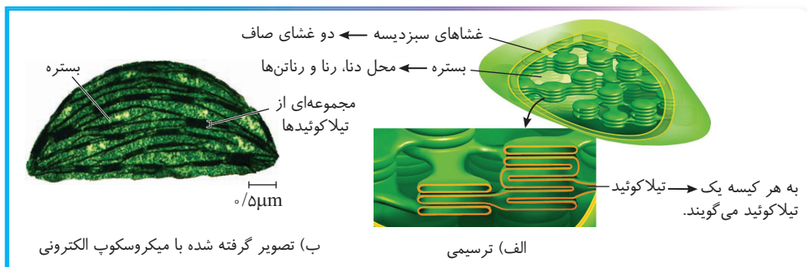
- هم مستقل از تقسیم یاخته به صورت تقسیم دو نیم شدن است.
- هم همراه با یاخته به صورت تقسیم دو نیم شدن است.



«گیاه دولپه»



«گیاه تک‌لپه»



ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

الف) ترسیمی

«ساختار سبزدیسه»

رنگیزه‌های فتوسنتزی

در غشای تیلاکوئیدها درون سامانه‌های تبدیل انرژی به نام فتوسیستم قرار دارند.

سبزینه

سبزینهٔ a و b

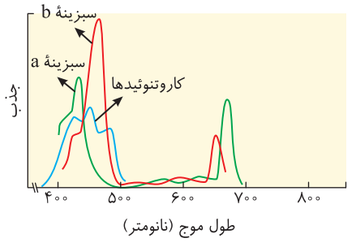
- بیشترین جذب: در محدودهٔ ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر ← آبی، بنفش و در محدودهٔ ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ← قرمز، نارنجی
- حداکثر جذب: در ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر است که مقدار جذب سبزینهٔ b از a بیشتر است.
- در طول موج ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر، کمترین جذب را در نور سبز و زرد دارند.

- بیشترین رنگیزه در سبزدیسه‌هاست ← در اطراف کاروتنوئیدها قرار دارد.
- نوع a آن در غشای سیانوباکتری‌ها نیز وجود دارد.

کاروتنوئید

- رنگیزه‌هایی در سبزدیسه‌ها و رنگ‌دیسه‌ها می‌باشند.
- در سبزدیسه‌ها در لابه‌لای سبزینه‌ها قرار گرفته‌اند.
- خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود را در راکیزه انجام می‌دهند ← مانع اثر رادیکال‌های آزاد بر مولکول‌های زیستی می‌شوند.
- در میوه‌ها، گلبرگ‌ها و برگ‌های پاییزی زیاد هستند.
- به رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شود ← در ریشهٔ هویج و میوهٔ گوجه‌فرنگی زیاد است.
- بیشترین جذب آن‌ها در بخش آبی و سبز نور مرئی است.
- در طول موج ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر به حداکثر جذب خود می‌رسند.
- از طول موج ۵۲۰ نانومتر به بالا، قدرت جذب نور ندارند.

با وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.
کمترین فتوسنتز گیاهان را در طول موج ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر انجام می‌دهند.



«طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی»

فتوسیستم

سامانه‌های تبدیل انرژی هستند که در هر جاندار فتوسنتزکننده وجود دارند.
حاوی رنگیزه‌های فتوسنتزی متنوع به همراه انواع پروتئین‌ها هستند.

ساختار

آنتن‌های گیرندهٔ نور

- رنگیزه‌های متفاوت (*سبزینه‌ها و کاروتنوئیدها*) دارند.
- حداکثر جذب نور در رنگیزه‌های این بخش طی طول موج ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر صورت می‌گیرد.
- انواعی پروتئین دارند.
- وظیفهٔ انتقال انرژی به همدیگر و به مرکز واکنش دارند.

یک مرکز واکنش شامل

- مولکول‌های سبزینهٔ a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.
- حاوی الکترون‌هایی است که با آزاد کردن آن‌ها، واکنش‌های نوری فتوسنتز آغاز می‌شود.
- سبزینهٔ a درون مرکز واکنش فتوسیستمی را با علامت P نشان می‌دهند.

انواع

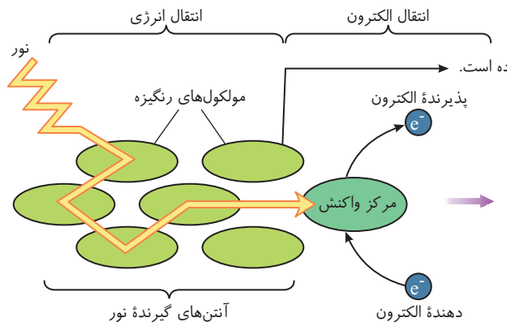
فتوسیستم ۱

- حداکثر جذب سبزینهٔ a در مرکز واکنش آن، در طول موج ۷۰۰ نانومتر است.
- به سبزینهٔ a در آن $P_{۷۰۰}$ می‌گویند.
- کمبود الکترونی خود را از مرکز واکنش فتوسیستم ۲ جبران می‌کند.

فتوسیستم ۲

- حداکثر جذب سبزینهٔ a در مرکز واکنش آن، در طول موج ۶۸۰ نانومتر است.
- به سبزینهٔ a در آن $P_{۶۸۰}$ می‌گویند.
- کمبود الکترونی خود را با تجزیهٔ آب درون تیلاکوئید جبران می‌کند.

آنتن‌ها، انرژی نور را می‌گیرند و به مرکز واکنش منتقل می‌کنند.
در غشای تیلاکوئید قرار دارند و از طریق مولکول‌های ناقل‌های الکترون به هم مرتبط می‌شوند.



آنتنی که در انتقال انرژی شرکت نکرده است.

این شکل نشان دهندهٔ همکاری اغلب آنتن‌های یک فتوسیستم برای انرژی‌رسانی به مرکز واکنش یک فتوسیستم می‌باشد تا از سبزینهٔ a موجود در مرکز واکنش، الکترون برانگیخته خارج شود.

«انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن»

اسپیروژیر

نوعی جلبک سبز پرياخته‌ای می‌باشد.
واکنش‌های فتوسنتزی و سبزدیسه همانند گیاهان دارند.
سبزدیسه‌های نواری و دراز دارند.
قادر به انجام فتوسنتز و تولید O_2 می‌باشند.
بیشترین فتوسنتز را در طول موج‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر انجام می‌دهند.

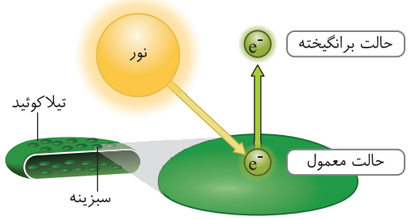
گفتار ۲

واکنش‌های وابسته به نور (واکنش‌های تیلاکوئیدی)

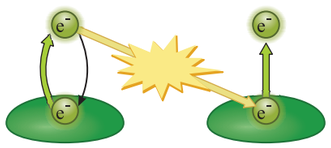
الکترون برانگیخته

- الکترون‌های رنگیزه‌ها از نور انرژی می‌گیرند که ممکن است از مدار خود خارج شوند. در این حالت به آن الکترون برانگیخته گفته می‌شود (*تخلص الف*).
- ممکن است با انتقال **انرژی** به مولکول رنگیزهٔ بعدی به مدار خود برگردد (*تخلص ب*).
- ممکن است از رنگیزه خارج و به وسیلهٔ رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (*تخلص پ*).
- انرژی آن‌ها از رنگیزه‌ای به رنگیزهٔ دیگر و بین آنتن‌ها منتقل شده و در نهایت به سبزینهٔ a در مرکز واکنش می‌رود.
- الکترون‌های سبزینهٔ a در مرکز واکنش برانگیخته شده و از آن خارج می‌شوند.
- هم در آنتن‌ها و هم در مرکز واکنش ایجاد می‌شوند ولی فقط در مرکز واکنش، از فتوسیستم خارج می‌شوند.
- از آنتن به مرکز واکنش منتقل نمی‌شوند، بلکه می‌توانند بین آنتن‌ها منتقل شوند.

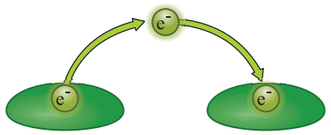
الف) ایجاد الکترون برانگیخته بر اثر تابش نور



ب) الکترون برانگیخته انرژی را به مولکول مجاور منتقل می‌کند و به سطح انرژی قبلی خود برمی‌گردد.



پ) یا به مولکول مجاور می‌رود



«ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن»

اجزا

از جنس پروتئین هستند

- بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ است.
- الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ را گرفته و به مرکز واکنش فتوسیستم ۱ منتقل می‌کند.
- کمبود الکترون خود را از تجزیهٔ آب جبران می‌کند.

پروتئین آب‌گریز
- بین فتوسیستم ۲ و پمپ پروتونی است.
- الکترون‌ها را از P_{680} گرفته و به پمپ پروتونی می‌دهد.

پمپ پروتونی
- مسئول انتقال الکترون و پروتون است.
- با صرف انرژی از الکترون عبوری، پروتون‌ها را با انتقال فعال از بستره به درون تیلاکوئید می‌آورد.
- در عرض غشای تیلاکوئید قرار دارد.

پروتئین آبدوست
- بین پمپ پروتونی و فتوسیستم ۱ قرار دارد.
- به سطح داخلی غشای تیلاکوئید متصل است.
- به‌طور مستقیم به P_{700} الکترون می‌رساند.

زنجیرهٔ انتقال الکترون

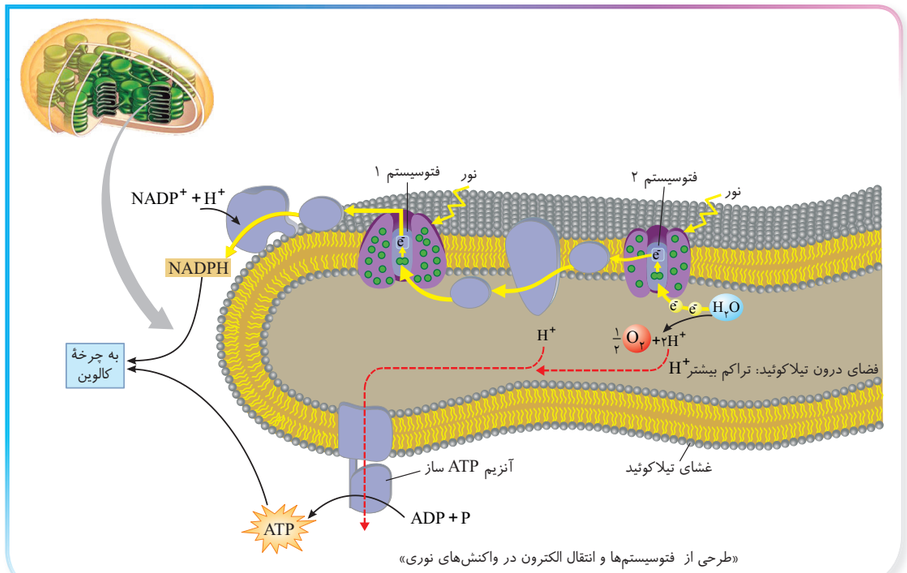
زنجیرهٔ ۱

- انرژی این زنجیره، صرف تولید ATP نوری در کانال ATPساز می‌شود.

ترتیب واکنش‌های آن
- جذب نور توسط فتوسیستم ۲ و آزاد شدن الکترون از P_{680}
- تجزیهٔ نوری آب توسط فتوسیستم ۲ در درون تیلاکوئید و تولید O_2
- انتقال الکترون‌های حاصل از تجزیهٔ آب به P_{680} فتوسیستم ۲
- انتقال الکترون خارج شده از P_{680} به پروتئین آب‌گریز
- عبور الکترون از پمپ پروتونی و انتقال فعال H^+ از بستره به درون تیلاکوئید.
- ایجاد تراکم زیاد پروتون درون تیلاکوئید به دلیل تجزیهٔ آب و عملکرد پمپ پروتونی
- انتقال الکترون به پروتئین آبدوست بعد از پمپ
- رسیدن الکترون به P_{700} در مرکز واکنش فتوسیستم ۱

تجزیهٔ نوری آب
- $H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$ (*محصول: الکترون، پروتون، اکسیژن*)
- توسط عوامل فتوسیستم ۲ صورت می‌گیرد.
- الکترون‌های آن وارد فتوسیستم ۲ می‌شود.
- به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط است، بنابراین به آن تجزیهٔ نوری آب می‌گویند.
- در سطح داخلی تیلاکوئید رخ می‌دهد.
- سبب تجمع پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئید می‌شود.

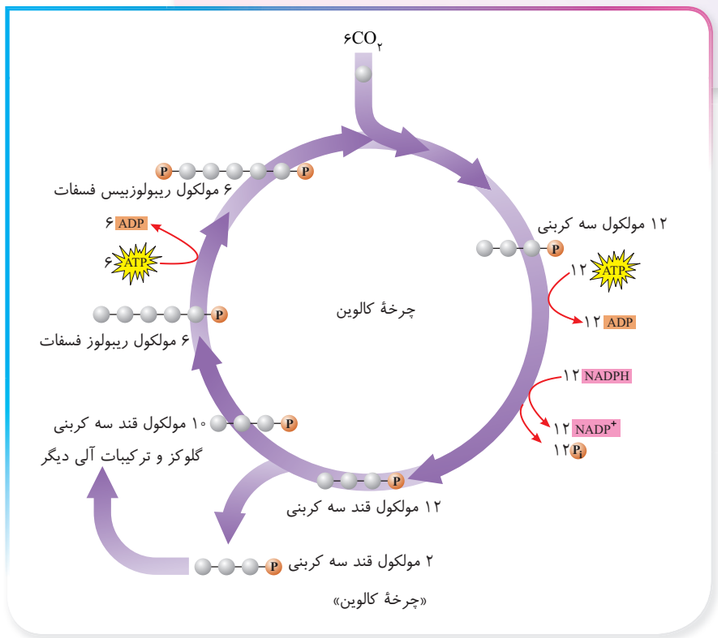
ساخته شدن ATP نوری
- علاوه بر پروتون حاصل از تجزیهٔ آب، پمپ غشایی هم H^+ را از بستره به تیلاکوئید وارد می‌کند.
- به تدریج بر تراکم پروتون‌ها در فضای تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می‌شود.
- براساس شیب غلظت پروتون‌ها، فقط از کانال مجموعهٔ آنزیمی ATPساز عبور می‌کنند.
- همراه با عبور پروتون‌ها از کانال آنزیمی ATP ساخته می‌شود که به آن ساخته شدن نوری ATP می‌گویند.



«طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری»

واکنش‌های فتوسنتزی

- **مجموعهٔ پروتئینی ATPساز**
  - **زنجیرهٔ ۲**
    - بین فتوسیستم ۱ و $NADP^+$ (به‌عنوان گیرندهٔ الکترون نهایی واکنش نوری) است.
    - **اجزا** ← **دو نوع پروتئین دارند**
      - هر دو آبدوست می‌باشند.
      - هر دو به سطح خارجی غشای تیلاکوئید متصلند.
      - اندازهٔ متفاوت دارند.
      - نوع بزرگ‌تر به $NADP^+$ الکترون‌رسانی می‌کند.
      - نوع کوچک‌تر از P_{700} الکترون می‌گیرد.
      - به انتقال پروتون نمی‌پردازند.
    - **ترتیب واکنش‌های آن**
      - با گرفتن نور توسط فتوسیستم ۱، الکترون‌های برانگیخته از P_{700} خارج می‌شوند.
      - الکترون‌ها ابتدا به ناقل الکترونی کوچک‌تر و سپس بزرگ‌تر آبدوست می‌رسند.
      - الکترون‌ها در نهایت به گیرندهٔ $NADP^+$ رسیده و آن را طی کاهش به ناقل $NADPH$ تبدیل می‌کنند.
    - $NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی $(NADP^-)$ پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با یک پروتون به مولکول $NADPH$ تبدیل می‌شود.
    - فرمول: $NADP^+ + 2e + 2H^+ \rightarrow NADPH + H^+$
    - $NADP^+$ یا $NADPH$ از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد.
    - انرژی این زنجیره صرف تولید $NADPH$ می‌شود.
  - پروتئینی کانالی در غشای تیلاکوئید برای انتشار تسهیل شدهٔ پروتون می‌باشد.
  - از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد و الکترون عبور نمی‌دهد.
  - **دو نقش دارد**
    - **نقش انتقالی**
      - پروتون‌ها را در جهت شیب غلظت از درون تیلاکوئید به بستره وارد می‌کند.
      - برای این عمل، انرژی زیستی صرف نمی‌کند.
    - **نقش آنزیمی** ← با استفاده از انرژی شیب غلظت
      - در بستره به تولید ATP می‌پردازد.
      - ضمن واکنش آن انرژی مصرف و آب تولید می‌شود.
  - **محصولات واکنش‌های تیلاکوئیدی (وابسته به نور فتوسنتز)**
    - **O_2**
      - محصول عمل فتوسیستم ۲ می‌باشد.
      - درون تیلاکوئید از تجزیهٔ آب ایجاد می‌شود.
    - **ATP نوری**
      - توسط کانال ATPساز تولید می‌شود.
      - انرژی آن در اصل از فتوسیستم ۲ تأمین شده است.
      - همانند تولید ATP اکسایشی، واکنشی وابسته به زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد.
    - **$NADPH, H^+$**
      - در واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز در بستره مصرف می‌شوند.
      - محصول زنجیرهٔ دوم فتوسنتزی می‌باشند.
      - در بستره و پس از عمل فتوسیستم ۱ ایجاد می‌شود.
- **واکنش‌های مستقل از نور (واکنش‌های تثبیت کربن)**
  - در این مرحله، ATP و $NADPH$ ساخته شده در مرحلهٔ نوری مصرف می‌شوند.
  - این مرحله همانند واکنش‌های تیلاکوئید، فقط در حضور نور انجام می‌شود.
  - در این مرحله، به تدریج مولکول‌های CO_2 با صرف انرژی ATP و الکترون‌های $NADPH$ به قند تبدیل می‌شوند.
  - عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند، نسبت به کربن در CO_2، کاهش یافته است.
  - در این مرحله، کربن مولکول CO_2 در یک اسید سه‌کربنی تثبیت می‌شود.
  - **چرخهٔ کالوین** ← ساخته شدن قند در چرخه‌ای از واکنش‌ها به نام چرخهٔ کالوین صورت می‌گیرد.
  - این واکنش‌ها در بسترهٔ سبزدیسه انجام می‌شوند.
  - این مرحله همانند چرخهٔ کربس، به صورت چرخه‌ای انجام می‌شود ولی واکنش با قندی پنج‌کربنی دوفسفاته به نام ریبولوزبیس فسفات آغاز می‌شود.
  - **ترتیب مراحل چرخهٔ کالوین**
    1. آنزیم روبیسکو سبب ترکیب CO_2 با قند ریبولوزبیس فسفات شده و مادهٔ شش‌کربنی ناپایدار ایجاد می‌شود.
    2. هر مادهٔ شش‌کربنی ناپایدار، بلافاصله تجزیه شده و به دو مولکول اسید سه‌کربنی یک‌فسفاتهٔ پایدار تبدیل می‌شود.
    3. هر اسید سه‌کربنی با مصرف انرژی از ATP و الکترون از $NADPH$، به قند سه‌کربنی فسفات‌دار تبدیل می‌شود.
    4. تعدادی از قند سه‌کربنی از چرخه خارج شده تا به ساخت قند گلوکز و سایر ترکیبات آلی مورد نیاز بپردازند.
    5. تعداد بیشتری از قندهای سه‌کربنی در همان چرخه ابتدا به قندهای پنج‌کربنی یک‌فسفاته تبدیل می‌شوند.
    6. در آخر قندهای پنج‌کربنی یک‌فسفاته با مصرف ATP به قند پنج‌کربنی دوفسفاته اولیه تبدیل می‌شوند.
  - آنزیم روبیسکو ← همان ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز - اکسیژناز است
    - در صورت CO_2 بالا ← فعالیت کربوکسیلازی در شروع چرخهٔ کالوین دارند.
    - در صورت O_2 زیاد ← فعالیت اکسیژنازی در شروع تنفس نوری دارند.
  - این واکنش‌ها وابسته به ATP و $NADPH$ مرحلهٔ نوری هستند.
  - به فرایند استفاده از CO_2 برای تشکیل ترکیب‌های آلی تثبیت کربن می‌گویند.
  - **گیاهان C_3**: گیاهانی که اولین مادهٔ آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی اسیدی سه‌کربنی است و **فقط** تثبیت کربن آن‌ها با چرخهٔ کالوین انجام می‌شود.
  - اکثر گیاهان از نوع C_3 هستند که در شرایط گرم و خشک رشد مناسبی ندارند.

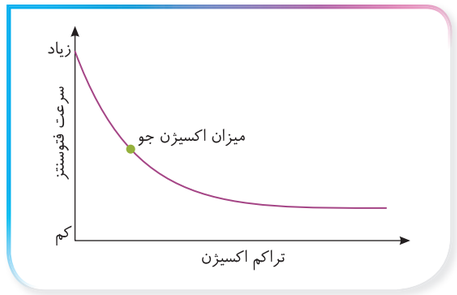


گفتار ۳

عوامل مؤثر در فتوسنتز

اثر محیط بر فتوسنتز

- دما ← فتوسنتز فرایند آنزیمی است و بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در گسترهٔ دمایی خاصی انجام می‌شود ← بالا رفتن زیاد دما سبب تغییر ساختار آنزیم‌ها می‌شود.
- میزان اکسیژن ← بر میزان فتوسنتز تأثیر می‌گذارد و افزایش تراکم O_2، سبب کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود.
- نور ← از عوامل مؤثر بر فتوسنتز هستند ← تا هنگامی که رنگیزه‌ها برای گرفتن نور اشباع شوند، روی فتوسنتز اثر مثبت دارد.
  - طول موج
  - شدت
  - مدت زمان تابش نور
- میزان CO_2 ← تا هنگامی که آنزیم‌های مرحلهٔ مستقل از نور اشباع شوند ← افزایش CO_2 بر فتوسنتز اثر مثبت دارد.



عوامل درونی گیاه

- مقدار رنگیزه‌ها ← در میزان فتوسنتز اثر مثبت دارند.
- وسعت برگ‌ها ← هرچه بیشتر باشند، مقدار فتوسنتز بیشتر است.
- موقعیت روزنه‌ها ← هرچه روزنه‌های هوایی در روپوست فرورفته‌تر باشند (*غرقاب خزهها*) ← مقدار فتوسنتز کمتر است.
- تعداد روزنه‌ها ← هرچه بیشتر باشد، ورود CO_2 و مقدار فتوسنتز بیشتر می‌باشد.

انواع فعالیت‌های روبیسکو

فعالیت کربوکسیلازی

- این فعالیت با ترکیب CO_2 و قند ریبولوزبیس فسفات در بسترهٔ سبزدیسه انجام می‌گیرد.
- زمانی صورت می‌گیرد که نسبت $\frac{CO_2}{O_2}$ در گیاه زیاد باشد.
- سبب انجام واکنش‌های چرخهٔ کالوین و قندسازی می‌شود.
- مصرف ATP و $NADPH$ در سبزدیسه زیاد می‌شود.
- سبب تولید مادهٔ شش‌کربنی ناپایدار می‌شود (ناپایدار $C_6 \xleftarrow{\text{روبیسکو}} C_5 + CO_2$).
- مادهٔ ناپایدار محصول آن به دو اسید سه‌کربنی پایدار تبدیل می‌شود.

فعالیت اکسیژنازی

- سبب ترکیب O_2 با قند ریبولوزبیس فسفات در بسترهٔ سبزدیسه می‌شود.
- زمانی صورت می‌گیرد که نسبت $\frac{O_2}{CO_2}$ در گیاه زیاد باشد.
- سبب تولید مادهٔ پنج‌کربنی ناپایدار در تنفس نوری می‌شود (ناپایدار $C_5 + O_2 \rightarrow C_5$).
- مانع انجام واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز برای ساخت مواد آلی می‌شود.
- مصرف ATP و $NADPH$ را در سبزدیسه کاهش می‌دهد.
- مادهٔ ناپایدار آن به دو مولکول سه‌کربنی و دوکربنی تبدیل می‌شود.
- در هنگام روزنهٔ هوایی بسته در شرایط گرم و خشک رخ می‌دهد.

شرایط محیطی انجام آن

در دما و نور زیاد و رطوبت کم (*محیط خشک*) ← هورمون آبسیزیک اسید زیاد می‌شود ← روزنهٔ هوایی را مسدود می‌کند

- این عمل به سبب کاهش تعرق و کم شدن از دست رفتن آب گیاه صورت می‌گیرد.
- ورود CO_2 به گیاه کم می‌شود.
- O_2 تولید شده در واکنش‌های نوری فتوسنتز خارج نمی‌شود.
- نسبت $\frac{O_2}{CO_2}$ در گیاه زیاد می‌شود.
- روبیسکو با فعالیت اکسیژنازی به سمت تنفس نوری می‌رود.
- فتوسنتز و ساخت مواد آلی در گیاه کاهش می‌یابد.

روبیسکو

- $\frac{CO_2}{O_2}\uparrow \rightarrow C_5 + CO_2 \xrightarrow{\text{سبزدیسه}}$ ناپایدار C_6 (*چرخهٔ کالوین*)
- $\frac{O_2}{CO_2}\uparrow \rightarrow C_5 + O_2 \xrightarrow{\text{سبزدیسه}}$ ناپایدار C_5 (*تنفس نوری*)

تنفس نوری

- واکنشی مخصوص یاخته‌های دارای آنزیم روبیسکو می‌باشد.
- در نگهبان روزنهٔ هوایی و یاخته‌های فتوسنتزکنندهٔ میانبرگ و ساقه دیده می‌شود.
- در هنگام نسبت بالای $\frac{O_2}{CO_2}$ در گیاه و توسط فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو در سبزدیسه آغاز می‌شود.
- مقداری از فرایند آن در سبزدیسه و بخشی در راکیزه انجام می‌شود.

واکنش

$C_5 + O_2 \xrightarrow[\text{سبزدیسه}]{\text{روبیسکو}}$ ناپایدار $C_5 \xrightarrow{\text{تجزیه}}$

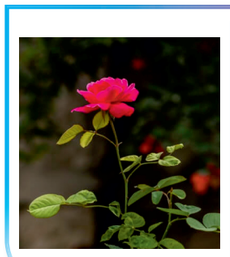
- C_3 ← به منظور بازسازی ریبولوزبیس فسفات (C_5) مصرف می‌شود.
- C_2 ← از سبزدیسه خارج می‌شود ← وارد راکیزه می‌شود
  - تولید CO_2 می‌کند.
  - ATP تولید نمی‌کند.

- همانند تنفس یاخته‌ای هوازی به مصرف قند و اکسیژن و تولید CO_2 می‌پردازد و بخشی از واکنش آن در راکیزه انجام می‌شود.
- برخلاف تنفس یاخته‌ای، **تولید** ***ATP*** در آن صورت نمی‌گیرد.
- طی آن مادهٔ دوکربنی از چهار غشای سبزدیسه و راکیزه عبور می‌کند.

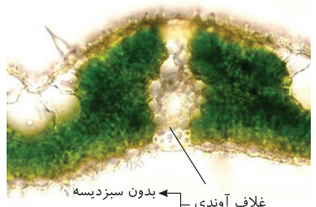
فتوسنتز در شرایط دشوار

گیاهان C_3

- **اغلب** گیاهان طبیعت را شامل می‌شوند.
- **فقط** قادرند، کربن CO_2 را در چرخهٔ **کالوین** و در اسید سه‌کربنی تثبیت کنند.
- یاخته‌های **غلاف آوندی** آن‌ها سبزدیسه ندارد و چرخهٔ کالوین انجام نمی‌دهند.
- افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌های هوایی آن‌ها می‌شود.
- برای کاهش تعرق، روزنه‌های آن‌ها بسته می‌شوند و تبادل اکسیژن و CO_2 از روزنه‌های هوایی متوقف می‌شود ولی همچنان واکنش‌های **تیلاکوئید** فتوسنتز آن‌ها ادامه دارد.
- نسبت $\frac{CO_2}{O_2}$ در شرایط گرم و خشک در آن‌ها کم می‌شود ← روبیسکو آن‌ها به سمت **اکسیژنازی** و تنفس نوری می‌رود.
- وقتی روزنه‌ها باز می‌شوند، نسبت $\frac{CO_2}{O_2}$ بیشتر از زمانی است که روزنه‌ها بسته هستند ← این وضعیت در محیط معمولی آن‌ها رخ می‌دهد.
- تثبیت کربن را **فقط طی روز** و فقط به صورت چرخهٔ کالوین انجام می‌دهند.
- در شرایط گرم و خشک نمی‌توانند مانع تنفس نوری شوند.
- گل رز مثالی از گیاه C_3 است که همانند سایر انواع این گروه در مناطق با دمای بالا و تابش شدید زندگی نمی‌کنند.







«برگ گیاه C_3»

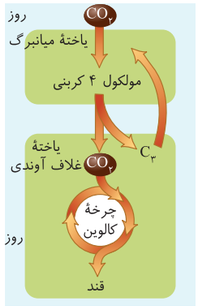
گیاهان C_4

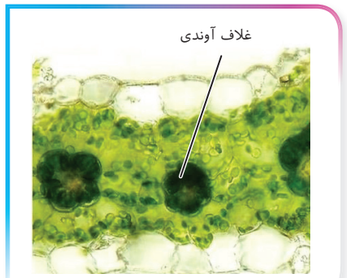
- سازوکارهایی برای ممانعت از تنفس نوری در شرایط دمای بالا، تابش شدید نور خورشید و کمبود آب دارند.
- کارایی این گیاهان در چنین شرایطی بیش از سایر گیاهان است.
- یاخته‌های غلاف آوندی در این گیاهان سبزدیسه دارد و محل انجام چرخهٔ کالوین است.
- تثبیت کربن هر CO_2 را در دو مرحله و در دو یاختهٔ مختلف در روز انجام می‌دهند
  - مرحلهٔ اول در یاخته‌های میانبرگ ← اسید سه‌کربنی + CO_2 —آنزیم→ اسید چهارکربنی C_4
  - مرحلهٔ دوم در یاخته‌های غلاف آوندی ← C_4 ← CO_2 و اسید سه‌کربنی
- به دلیل اینکه اولین مادهٔ پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهارکربنی است به این گیاهان، گیاهان C_4 می‌گویند.
- این گیاهان **تقسیم مکانی** برای دو نوع تثبیت C_4 و C_3 کربن دارند.
- این گیاهان هر دو نوع تثبیت کربن را در **روز** انجام می‌دهند (*تقسیم زمانی ندارند*).
- آنزیمی که در ترکیب CO_2 و ترکیب سه‌کربنی دخیل است، برخلاف روبیسکو، به‌طور **اختصاصی** با CO_2 عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.
- اسید چهارکربنی از طریق **پلاسمودسم‌ها** از یاخته‌های میانبرگ به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شوند.

در غلاف آوندی

- ابتدا CO_2 از اسید C_4 جدا می‌شود.
- CO_2 وارد چرخهٔ کالوین و تثبیت در اسید C_3 می‌شود.
- اسید C_3 حاصل از جدا شدن CO_2 از اسید C_4 ← از راه پلاسمودسم به یاختهٔ میانبرگ برمی‌گردد.

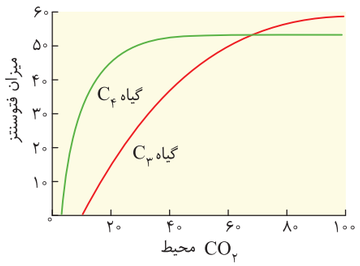




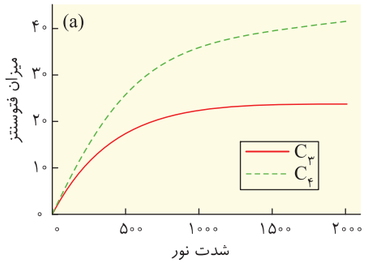


«برگ گیاه C_4»

- با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان CO_2 در محل فعالیت آنزیم روبیسکو در غلاف آوندی بالا نگه داشته می‌شود.
- این فعالیت بازدارندهٔ تنفس نوری است پس تنفس نوری **به ندرت** در این گیاهان روی می‌دهد.
- ذرت مثالی از گیاه C_4 است.
- روزنه‌های آن‌ها در نور شدید و محیط خشک، بسته می‌باشند تا از تبخیر آب جلوگیری کنند.
- در محیط گرم و خشک، تقریباً دو برابر گیاهان C_3، فتوسنتز می‌کنند (*نمودار ۱*).
- با مقدار کم CO_2 محیط، می‌توانند خیلی سریع‌تر از گیاهان C_3، به حداکثر فتوسنتز خود برسند (*نمودار ۲*).



نمودار ۲



نمودار ۱

گیاهان CAM (کم)

- در مناطقی زندگی می‌کنند که با مسئلهٔ دما و نور شدید در طول روز و کمبود آب مواجه‌اند.
- برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند.
- رشد کمی دارند.
- برگ، ساقه یا هر دوی آن‌ها در چنین گیاهانی گوشتی و پرآب است.
- در کریچه‌های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند ← این ترکیبات معمولاً پلی‌ساکاریدی هستند.
- واکنش‌های تثبیت کربن آن‌ها مشابه گیاهان C_4 است، با این تفاوت که تقسیم مکانی ندارد، بلکه تقسیم زمانی دارد.

انواع تثبیت کربن آن‌ها

در شب

- در یاختهٔ میانبرگ آن‌ها، کربن به صورت اسید C_4 با متابولیسم کراسولاسیون تثبیت می‌شود.
- روزنهٔ هوایی آن‌ها باز می‌شود ← یعنی یاختهٔ نگهبان روزنهٔ آن‌ها انبساط طولی داشته است.
- CO_2 محیط وارد گیاه می‌شود.

در روز

- در همان یاختهٔ میانبرگ، ابتدا CO_2 از اسید C_4 جدا می‌شود.
- CO_2 یک بار دیگر وارد چرخهٔ کالوین می‌شود.
- کربن آن در اسید C_3 تثبیت می‌شود.
- روزنهٔ هوایی آن‌ها بسته می‌باشد و CO_2 وارد گیاه نمی‌شود.

- تقسیم زمانی ← در یاختهٔ میانبرگ تثبیت اولیهٔ کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخهٔ کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند.
- برخی کاکتوس‌ها و آناناس مثالی از گیاهان *CAM* است ← بر تنفس نوری غلبه کرده‌اند.





جانداران تولیدکنندهٔ مواد آلی

فتوسنتزکننده

- بخش عمدهٔ فتوسنتز در جاندارانی انجام می‌شود که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند ← این جانداران انواعی از باکتری‌ها و انواعی از آغازیان می‌باشند.
- انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در محیط‌های متفاوت خشکی و آب به فتوسنتز می‌پردازند.

گیاهان

- به‌جز گیاهان انگل (*سِس* و *گل جالیز*)، سایر گیاهان فتوسنتزکننده‌اند.

باکتری فتوسنتزکننده

- همگی با استفاده از CO_2 و نور به تولید مادهٔ آلی می‌پردازند.
- همگی دنای حلقوی، رنگیزهٔ جذب‌کنندهٔ نور و قدرت تثبیت کربن دارند.

اکسیژن‌زا

- سبزدیسه و تیلاکوئید ندارند ولی سبزینه دارند.
- سیانوباکتری‌ها سبزینهٔ a دارند (*همانند گیاهان*).
- برخی سیانوباکتری‌ها به تثبیت نیتروژن نیز می‌پردازند ولی همگی قدرت تثبیت کربن دارند.
- در فرایند فتوسنتز از آب به عنوان منبع الکترون استفاده کرده و O_2 تولید می‌کنند.

غیراکسیژن‌زا

- سبزدیسه و تیلاکوئید ندارند ولی رنگیزهٔ فتوسنتزی باکتریوکلروفیل دارند.
- گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند.
- در گوگردی‌های این گروه به جای آب از H_2S به عنوان منبع الکترون استفاده می‌شود و گوگرد (S) تولید می‌کند.
- از باکتری‌های گوگردی در تصفیهٔ فاضلاب برای حذف H_2S استفاده می‌شود.
- H_2S گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.
- $6CO_2 + 12H_2S + \text{نور} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$ ← در واکنش‌های فتوسنتزی خود، آب مصرف نمی‌کنند ولی به تولید آب می‌پردازند.

آغازیان

- برای فتوسنتز از آب به عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند و اکسیژن‌زا هستند.
- نقش مهمی در تولید مادهٔ آلی از مادهٔ معدنی دارند.
- جلبک سبز، قرمز، قهوه‌ای از این دسته‌اند.
- اوگلنا
  - جانداری تک‌یاخته یوکاریوتی است.
  - در حضور نور فتوسنتز می‌کنند.
  - در شرایط فقدان نور، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهند و از مواد آلی تغذیه می‌کنند.



اوگلنا

شیمیوسنتزکننده

- انرژی مورد نیاز ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های اکسایش **مواد معدنی** به دست می‌آورند.
- انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانهٔ آتشفشان‌های زیر آب وجود دارند که شیمیوسنتز می‌کنند.
- براساس وضعیت زمین در آغاز شکل‌گیری حیات، دانشمندان بر این باورند که باکتری‌های **شیمیوسنتزکننده** از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند.
- باکتری‌های نیترات‌ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، مثالی از شیمیوسنتزکننده‌ها هستند.
- در واکنش‌های تولیدکنندگی خود به تثبیت کربن می‌پردازند.
- از آب به عنوان منبع الکترون استفاده نمی‌کنند و O_2 تولید نمی‌کنند.

جانداران تولیدکننده	منبع اصلی انرژی واکنش	منبع الکترون	دنای خطی	دنای حلقوی	سبزدیسه و تیلاکوئید	رنگیزهٔ فتوسنتزی	تولید O_2	تثبیت کربن	نکته
گیاهان	نور خورشید	آب	دارند	دارند	دارند	سبزینه و کاروتنوئید	دارند	دارند	سِس و گل جالیز فتوسنتز ندارند.
باکتری‌های اکسیژن‌زا	نور خورشید	آب	ندارند	دارند	ندارند	سبزینه	دارند	دارند	در خشکی و آب زندگی می‌کنند.
سیانوباکتری‌ها	نور خورشید	آب	ندارند	دارند	ندارند	سبزینهٔ a	دارند	دارند	برخی تثبیت N هم دارند. برخی با گیاهان همزیستی می‌کنند.
باکتری گوگردی	نور خورشید	H_2S	ندارند	دارند	ندارند	باکتریوکلروفیل	ندارند	ندارند	در تصفیهٔ فاضلاب برای حذف H_2S استفاده می‌شوند.
جلبک‌ها و اوگلنا	نور خورشید	آب	دارند	دارند	دارند	سبزینه و کاروتنوئید	دارند	دارند	اسپیروژیر، سبزدیسهٔ رشته‌ای دارد. اوگلنا بدون نور، فاقد سبزدیسه می‌شود.
شیمیوسنتزکننده‌ها	مواد معدنی	مواد معدنی	ندارند	دارند	ندارند	**ندارند**	ندارند	**دارند**	قدرت تثبیت N ندارند. آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند.

گفتار ۱

زیست‌فناوری

کلیات

- امروزه پلاستیک‌های قابل تجزیه را با هزینهٔ کمتر و توسط زیست‌فناوری نوین با انتقال ژن **از باکتری** به گیاه تهیه می‌کنند.
- اختلال در عملکرد و مقدار عوامل مؤثر در انعقاد خون، سبب انواع بیماری هموفیلی شده که تأمین داروهای آن‌ها با مشکل مواجه است.
- امروزه استفاده از روش‌های زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک تحولات مهمی در زمینهٔ تولید فراورده‌های دارویی فراهم کرده است.
- **تعریف:** به‌طور کلی به هرگونه فعالیت **هوشمندانهٔ** آدمی در تولید و بهبود محصولات گوناگون با استفاده از موجود **زنده**، زیست‌فناوری گویند.
- روش‌های مورد استفاده: مهندسی ژنتیک، مهندسی پروتئین، مهندسی بافت
- کاربرد زیست‌فناوری نشانهٔ پیشرفت کشورهاست و به یکی از ابزارهای مهم برای تأمین نیازهای متنوع تبدیل شده است ← این شاخه از گرایش‌های علمی مثل فیزیک، ریاضی و ... استفاده می‌کند.

تاریخچه

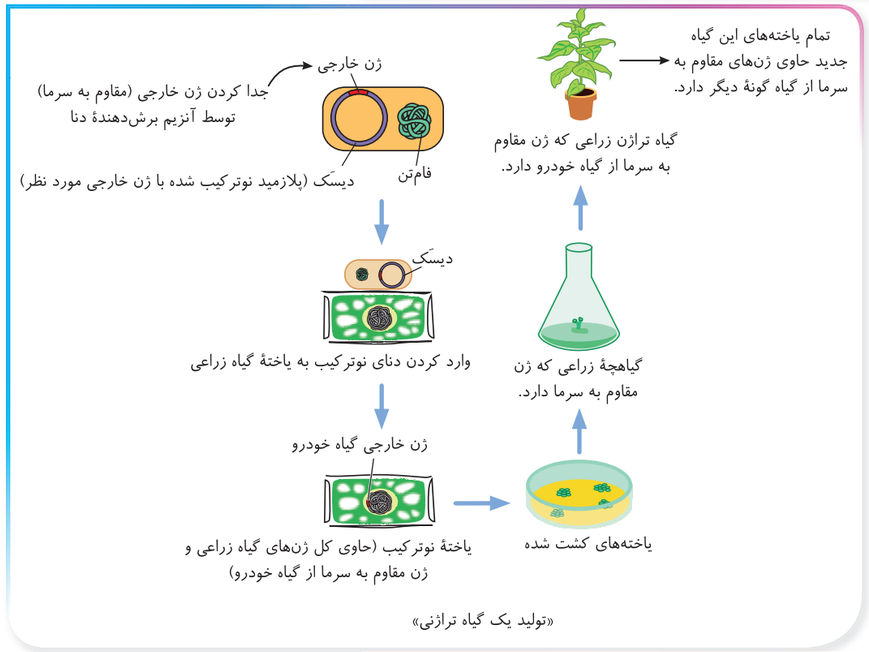
سنتی
- تولید محصولات **تخمیری** مانند سرکه، نان و فراورده‌های لبنی
- با استفاده از فرایندهای زیستی ← مواد غذایی تخمیری ایجاد می‌کردند.

کلاسیک
- تولید موادی مانند پادزیست‌ها، آنزیم‌ها و مواد غذایی
- با استفاده از روش‌های تخمیر و **کشت** ریزاندامگان (*میکروارگانیسم‌ها*) ← مواد غذایی، دارویی و زیستی ایجاد می‌کردند.

نوین
- دانشمندان توانستند با **تغییر** و **اصلاح** خصوصیات ریزاندامگان‌ها، ترکیبات جدید را با مقادیر بیشتر و کارایی بالاتر تولید کنند.
- با استفاده از **انتقال ژن** از یک ریزاندامگان به ریزاندامگان دیگر **شروع** شد.

مهندسی ژنتیک

تکات
- یکی از روش‌های زیست‌فناوری نوین می‌باشد.
- در مهندسی ژنتیک قطعه‌ای از دنای یک یاخته توسط **ناقل** به یاخته‌ای دیگر انتقال می‌یابد.
- **یاختهٔ** دریافت‌کنندهٔ قطعهٔ دنا، دچار دست‌ورزی ژنتیکی و دارای صفت جدید می‌شود.
- **جاندار** تغییر یافتهٔ ژنتیکی یا تراژنی ← به جانداری که از طریق مهندسی ژنتیک دارای ترکیب جدیدی از مواد ژنتیکی گونهٔ دیگر شده است.
- ابتدا با **باکتری** این روش شروع شد ← بعداً در گیاهان و جانوران نیز ادامه یافت.
- مراحل ایجاد گیاه زراعی تراژن:
  1. تعیین صفت یا صفات مطلوب
  2. استخراج ژن یا ژن‌های صفت مورد نظر
  3. آماده‌سازی انتقال ژن به گیاه ← به کمک ناقل ژنی و ایجاد یاختهٔ نوترکیب
  4. تولید گیاه تراژنی از کشت یاخته‌های تراژنی و ایجاد گیاهچهٔ آن‌ها
  5. بررسی دقیق ایمنی زیستی و اثبات بی‌خطر بودن برای سلامت انسان و محیط زیست
  6. تکثیر و کشت گیاه تراژنی با رعایت اصول ایمنی زیستی
- یکی از اهداف آن تولید انبوه ژن و فراورده‌های آن، به همان صورت قبل و بدون تغییر در نوع اولیه می‌باشد.



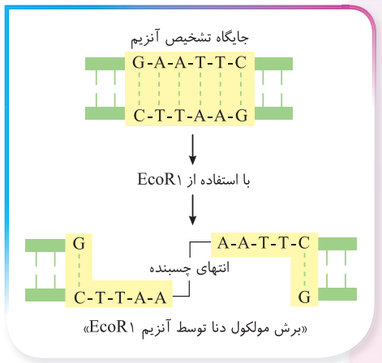
«تولید یک گیاه تراژنی»

همسانه‌سازی دنا

تکات
- تولید انبوه ژن با همسانه‌سازی دنا انجام می‌شود ← در این روش، ژن و فراوردهٔ آن را تولید می‌کنند.
- جداسازی **یک یا چند** ژن و تکثیر آن‌ها را همسانه‌سازی دنا می‌گویند.
- مادهٔ وراثتی را با ابزارهای مختلفی در **خارج** از یاخته تهیه و به وسیلهٔ یک ناقل همسانه‌سازی به درون ژنوم میزبان منتقل می‌کنند.
- **هدف:** تولید مقادیر زیادی از دنای خالص است ← در نهایت برای دست‌ورزی، تولید مادهٔ خاص یا مطالعه استفاده می‌شود.

مراحل

۱ جداسازی قطعه‌ای از دنا
- با استفاده از آنزیم‌های **برش‌دهنده**، جداسازی ژن‌ها صورت می‌گیرد (*نوعی نوکلئاز*).
- آنزیم‌های برش‌دهنده قسمتی از سامانهٔ **دفاعی باکتری‌ها** هستند ← رنای پیک این آنزیم در محل رونویسی می‌تواند ترجمه شود.
- آنزیم‌ها توالی‌های خاصی را در **دو رشتهٔ دنا** شناسایی و برش می‌دهند که به آن جایگاه تشخیص آنزیم گفته می‌شود.
- **مثال:** آنزیم *EcoR۱*
  - جایگاه شناسایی آن، توالی ۶ جفت نوکلئوتیدی $\frac{GAATTC}{CTTAAG}$ دارد.
  - برش پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید *G*دار و *A*دار **در هر رشته** را انجام می‌دهد.
  - توالی نوکلئوتیدی جایگاه تشخیص آن از هر دو رشتهٔ دنا از دو سمت **مخالف** یکسان خوانده می‌شود.
  - ضمن عمل آن در هر جایگاه تشخیص، دو انتهای تک‌رشته‌ای ایجاد می‌شود.
  - **انتهای چسبنده:** انتهایی از مولکول دنا ایجاد می‌شود که یک رشتهٔ آن بلندتر از رشتهٔ مقابل است.
  - در پی شکست دو پیوند فسفودی‌استر، تعدادی پیوند هیدروژنی بین دو رشتهٔ دنا در منطقهٔ تشخیص نیز شکسته می‌شود.
  - انتهای چسبندهٔ حاصل از آن توالی تک‌رشته‌ای *TTAA* دارد.
- با استفاده از این آنزیم‌ها، دنا به قطعات **کوتاه‌تری** تبدیل شده و با روش‌های خاصی این قطعات را جدا می‌کنند و تشخیص می‌دهند.
- هرچه تعداد جایگاه تشخیص آنزیم در دنا بیشتر تکرار شود ← قطعات کوتاه‌تر و بیشتری ایجاد می‌کند.
- ژن تولید آنزیم برش‌دهنده، روی دنای حلقوی باکتری‌ها قرار دارد که ابتدا رونویسی می‌شود.
- هر آنزیم برش‌دهنده، می‌تواند روی دناهای خطی یا حلقوی برش ایجاد کند.
- برای جدا کردن یک ژن، حداقل دو جایگاه تشخیص در دو طرف آن ژن مورد نیاز می‌باشد تا ژن از وسط شکسته شود.



«برش مولکول دنا توسط آنزیم EcoR۱»

۲ اتصال قطعه دنا به ناقل و تشکیل دنای نوترکیب

در این مرحله به نوعی *DNA* نیاز داریم که بتواند ژن خارجی را به آن وصل کرده و آن را وارد یک میزبان کند.

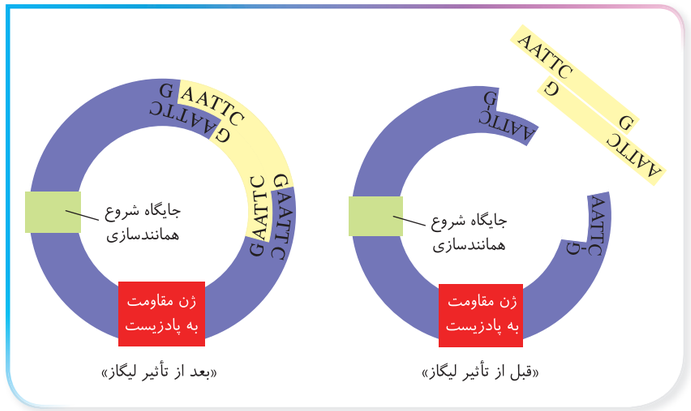
ناقلین همسانه‌سازی

- توالی‌هایی دنایی در خارج از فام‌تن اصلی جاندارانی به نام میزبان می‌باشند.
- می‌توانند مستقل از کروموزوم میزبان تقسیم و تکثیر شوند.
- برای تکثیر نیاز به عوامل آنزیمی میزبان دارند.
- ژن‌هایی دارند که در ژنوم اصلی میزبان وجود ندارند.
- پلازمید یا دیسک از **مهم‌ترین** ناقل‌های ژنی می‌باشند.
- پس از اتصال ژن به آن ← تولید دنای نوترکیب ← ورود به میزبان ← با هربار همانندسازی ناقل ژنی ← ژن مورد نظر نیز همانندسازی می‌شود.

پلازمید (دیسک)

- یک مولکول دنای دورشته‌ای **حلقوی** است.
- معمولاً درون باکتری‌ها و **بعضی** قارچ‌ها مثل مخمر وجود دارد ← به غشای میزبان متصل نمی‌باشد.
- می‌تواند مستقل از ژنوم میزبان همانندسازی کند.
- حاوی ژن‌هایی هستند که در فام‌تن اصلی وجود ندارد (*مثل ژن مقاومت به پادزیست*) ← به آن‌ها فام‌تن کمکی گفته می‌شود.
- **بسیاری** از دیسک‌ها دارای ژن‌های مقاومت به پادزیست‌ها هستند. این ژن‌ها به باکتری‌ها این توانایی را می‌دهند که پادزیست‌ها را به موادی غیرکشنده و قابل مصرف برای خود تبدیل کنند.

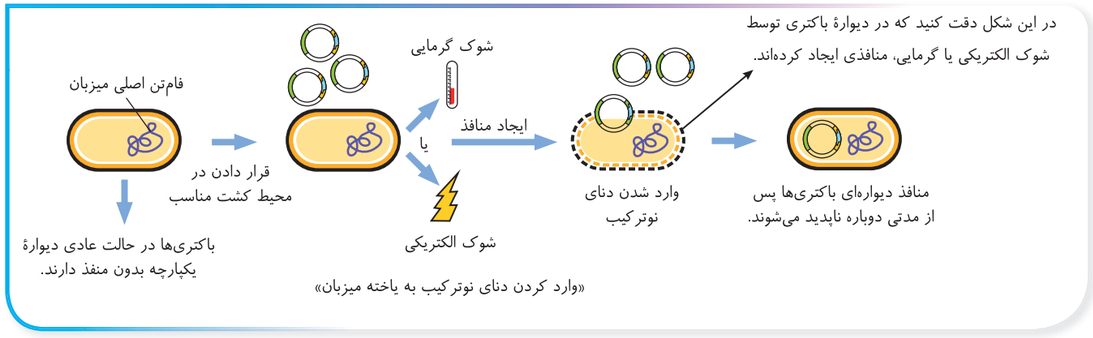




- ابتدا باید ناقل ژنی را نیز برش دهیم که مثلاً در دیسک‌ها، آن‌ها از حالت حلقوی به صورت خطی درمی‌آیند.
- نباید از آنزیم برش‌دهنده‌ای استفاده کنیم که جایگاه شروع همانندسازی یا ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک را در ناقل ژنی برش دهد.
- **بهتر** است از دیسکی استفاده کنیم که **فقط** یک جایگاه تشخیص برای برش‌دهندهٔ ژنی داشته باشد ← تا قطعات دیسکی هم حاوی جایگاه همانندسازی و هم ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک باشند.
- آنزیم مورد استفاده برای برش دادن دیسک، باید همان آنزیمی باشد که در جداسازی دنای مورد نظر استفاده شده است ← تا انتهای چسبندهٔ آن با ژن مورد نظر **مکمل** باشد.
- سپس باید ژن مورد نظر را در مجاورت ناقل ژنی (*ریک*) قرار دهیم تا انتهای چسبندهٔ آن‌ها با هم پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.
- در نهایت آنزیم لیگاز با اتصال چهار پیوند فسفودی‌استر، سبب اتصال بین دو انتهای مکمل شده می‌شود.
- به مجموعه دنای ناقل و ژن جاگذاری شده در آن دنای نوترکیب گفته می‌شود که **در خارج** میزبان توسط **لیگاز** ایجاد شده است.

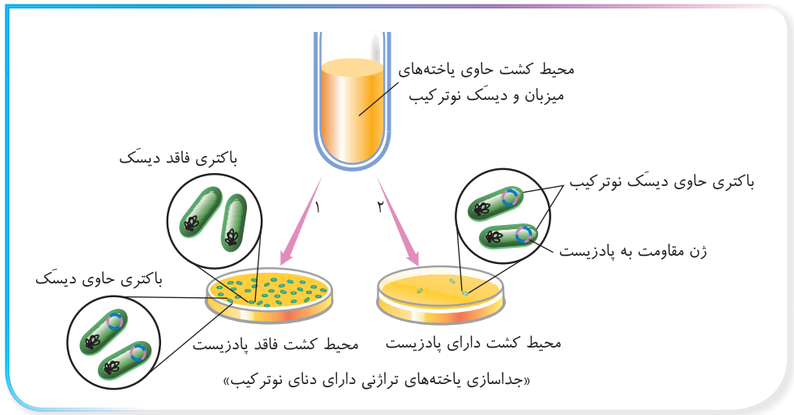
۳ وارد کردن دنای نوترکیب به یاختهٔ میزبان

- در این مرحله، دنای نوترکیب را به درون یاختهٔ میزبان مثلاً باکتری منتقل می‌کنند.
- توسط شوک الکتریکی یا شوک حرارتی به همراه مواد شیمیایی ← منافذی **در دیوارهٔ باکتری** ایجاد می‌کند.
- همهٔ باکتری‌ها، دنای نوترکیب را دریافت نمی‌کنند ← تعداد **کمی** از باکتری‌های محیط واجد دنای نوترکیب می‌شوند.
- دیوارهٔ باکتری‌ها در ابتدا فاقد منفذ می‌باشند و پس از جذب دنای نوترکیب نیز دوباره فاقد منفذ می‌شوند.
- در این حالت، درون باکتری، توسط **هلیکاز** و **دنابسپاراز**، تعداد زیادی دنای نوترکیب حاوی ژن‌های مورد نظر ما شروع به تکثیر می‌کنند.



۴ جداسازی یاخته‌های تراژنی

- در این مرحله باید ابتدا یاخته‌های دارای ژن‌های نوترکیب را از سایر یاخته‌های فاقد آن جدا کنیم.
- از روش‌های **متفاوتی** می‌توان استفاده کرد.
- یکی از روش‌ها، استفاده از دیسکی است که دارای ژن مقاوم به نوعی آنتی‌بیوتیک مثل آمپی‌سیلین است.
- اگر باکتری دنای نوترکیب را دریافت کرده باشد، در محیط حاوی این پادزیست رشد می‌کند.
- باکتری‌های حساس به دلیل نداشتن ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک یا همان دنای نوترکیب، از بین می‌روند.
- با توجه به شکل مقابل، در این مرحله **تعداد زیادی** از باکتری‌ها از بین می‌روند و فقط آن‌هایی می‌مانند که دنای نوترکیب دارند.
- در شرایط مناسب، تکثیر باکتری‌های تراژن با **سرعت بالا** ادامه می‌یابد.
- در نتیجه دنای نوترکیب نیز مستقل از فام‌تن اصلی یاخته با سرعت بالا تکثیر می‌شود ← ژن مورد نظر ما نیز در حال همسانه‌سازی است.
- هدف نهایی ← از دناها و سایر مولکول‌های حاصل از دناها، برای اهداف گوناگون علمی و کاربردی استفاده می‌شود.



گفتار ۲

فناوری مهندسی پروتئین

افزایش پایداری پروتئین‌ها

تکات

- این روش، **با تغییر در ژن**، امکان ایجاد تغییرات **دلخواه** در توالی آمینواسیدهای یک **پروتئین** را فراهم می‌کند ← در نهایت هدف ایجاد پروتئینی بادوام‌تر یا با کیفیت‌تر از حالت عادی می‌باشد.
- شناخت کامل ساختار و عملکرد آن پروتئین، پایهٔ انجام مهندسی پروتئین می‌باشد.
- انواع تغییرات روی پروتئین
  - جزئی ← شامل تغییرات در رمز دنای سازندهٔ **یک یا چند آمینواسید** در مقایسه با پروتئین طبیعی است.
  - عمده ← گسترده‌تر است و شامل
    - برداشتن قسمتی از یک ژن یک پروتئین
    - ترکیب بخش‌هایی از ژن‌های مربوط به پروتئین‌های متفاوت
- تغییر در توالی آمینواسیدها ← سبب تغییر شکل فضایی مولکول پروتئین شده ← در نهایت سبب تغییر در عمل پروتئین می‌شود ← این پروتئین اهدافی برای مصرف درمانی یا تحقیقاتی دارد.
- تغییرات مفید در این فرایند
  1. افزایش پایداری پروتئین در مقابل گرما و pH
  2. افزایش حداکثری سرعت واکنش
  3. تمایل آنزیم برای اتصال به پیش‌ماده

پلاسمین

تکات

- افزایش پایداری در برابر گرما سبب می‌شود
  - در دمای بالاتر **سرعت** واکنش بیشتر شود.
  - خطر **آلودگی میکروبی** در محیط واکنش کمتر شود.
  - نیاز به خنک کردن محیط واکنش به خصوص در مورد واکنش‌های **گرمازا** از بین برود.

آمیلازها (مقاوم به گرما)

- از آنزیم‌های پرکاربرد در صنعت هستند که نشاسته را به قطعات کوچک‌تری تجزیه می‌کنند.
- کاربرد در صنعت
  - صنایع غذایی، نساجی و تولید شوینده‌ها
  - امروزه با روش مهندسی **پروتئین** در زیست‌فناوری ← تولید **آمیلازهای پایدار** در برابر گرما ممکن شده است.
- علت استفاده از آمیلازهای مقاوم به گرما
  - کاهش زمان واکنش
  - صرفه‌جویی اقتصادی
  - افزایش بهره‌وری صنعتی
  - بسیاری از مراحل تولید صنعتی در دماهای بالا انجام می‌شوند.
- در **طبیعت** نیز آمیلاز مقاوم به گرما وجود دارد ← **مثال:** **باکتری‌های** گرمادوست در چشمه‌های آب گرم دارای آمیلازهای مقاوم به گرما هستند.

اینترفرون

- از پروتئین‌های دستگاه ایمنی است ← نوع I آن در مبارزه با یاختهٔ آلوده به ویروس و نوع II در مقابله با یاختهٔ سرطانی، **به‌طور طبیعی** ترشح می‌شود.
- انواع روش ساخت
  - محصول مهندسی ژنتیک
    - فعالیت **بسیار کمتر** از اینترفرون طبیعی دارد.
    - علت کاهش فعالیت ← تشکیل **پیوندهای نادرست** در هنگام ساخته شدن در **باکتری** می‌باشد.
    - پیوندهای نادرست درون مولکولی ← تغییر شکل مولکول ← سبب کاهش فعالیت آن می‌شود.
  - محصول مهندسی پروتئین
    - تغییر **جزئی** در رمز **یک** آمینواسید آن ایجاد می‌شود ← با نوعی **جهش جانشینی** ← نوع یک آمینواسید آن تغییر می‌کند.
    - فعالیت اینترفرون حاصله به اندازهٔ اینترفرون طبیعی می‌شود.
    - مولکول اینترفرون حاصله، از نوع عادی، پایدارتر می‌شود ← استفادهٔ دارویی دارد.
  - از نظر فعالیت: اینترفرون مهندسی ژنتیک << اینترفرون مهندسی پروتئین = اینترفرون طبیعی
  - از نظر پایداری: نوع مهندسی ژنتیک < نوع طبیعی < اینترفرون مهندسی پروتئین

پلاسمین

تشکیل لخته

- یک فرایند زیستی مهم است ← در خونریزی محدود با درپوشی و در نوع شدید با ایجاد لخته می‌باشد.
- سبب جلوگیری از ادامهٔ خونریزی می‌شود.
- در سرخرگ‌های ششی، قلبی و مغزی به علت بسته شدن رگ‌های ششی، سکتهٔ قلبی و مغزی خطرناک است و می‌تواند باعث مرگ شود.

نوع طبیعی آن

- سبب تجزیهٔ لخته‌ها می‌شود ← عملی ضد پلاکت و ترومبین دارد.
- مدت اثر آن در پلاسما خیلی کوتاه است.
- کاربرد درمانی دارد.

نوع تولید شده در مهندسی پروتئین

- تغییر جانشینی یک آمینواسید با آمینواسید دیگر در اثر تغییر یک رمز وراثتی دارد.
- مدت زمان فعالیت پلاسمایی و اثرات درمانی آن از نوع عادی بیشتر می‌شود.
- نوعی تغییر جزئی در مهندسی پروتئین می‌باشد.

مهندسی بافت

تکات

- در این روش با استفاده از یاخته‌های **تمایز نیافتهٔ بنیادی**، به تولید یک بافت ویژه می‌پردازیم.
- در سوختگی‌های **وسیع** ← پیوند پوست مورد نیاز است، در این حالت ممکن است ← اهداکنندهٔ پوست مناسب وجود نداشته باشد. / برداشت پوست قبلی غیرممکن باشد.
- در سوختگی وسیع ← در صورت نبودن شرایط بالا ← **بهترین** راه، کشت‌بافت و پیوند پوست جدید است.
- امروزه متوجه شده‌اند که در پوست، یاخته‌های تمایز نیافته وجود دارد که توانایی تکثیر زیاد و تمایز به انواع یاخته‌های پوست را دارند. از این یاخته‌ها در مهندسی بافت استفاده می‌شود.
- متخصصان مهندسی بافت ← در زمینهٔ تولید و پیوند اعضا فعالیت دارند.
- جراحان بازسازی‌کنندهٔ چهره ← با روش‌های مهندسی ← از بافت غضروف برای بازسازی لالهٔ گوش و بینی استفاده می‌کنند.
- برای بازسازی لالهٔ گوش ← تکثیر یاخته‌های **غضروفی** در محیط کشت روی داربست مناسب ← تولید غضروف جدید برای بازسازی اندام آسیب‌دیده



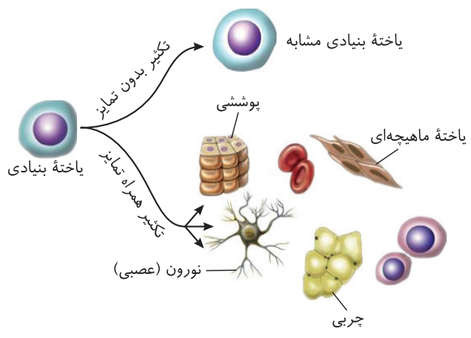
غضروف گوش ساخته شده با روش مهندسی بافت بعد از دو هفته

تصویر رقمی (دیجیتالی) «مهندسی بافت غضروف گوش انسان»

عکس گوش طبیعی

یاخته‌های بنیادی

- یاخته‌هایی تمایز نیافته هستند که ضمن تکثیر فراوان، قدرت تمایز و تبدیل شدن به بافت‌های گوناگون دارند.
- از آن‌ها برای تکثیر یاخته‌هایی که در محیط کشت به مقدار کم تکثیر می‌شوند یا اصلاً تکثیر نمی‌شوند، استفاده می‌کنند.
- هر یاختهٔ بنیادی ← ضمن تکثیر متوالی ← برخی یاخته‌های تمایز نیافتهٔ بنیادی مثل خود می‌سازد. / به برخی یاخته‌های تمایز یافته از بافت‌های مختلف تبدیل می‌شود.

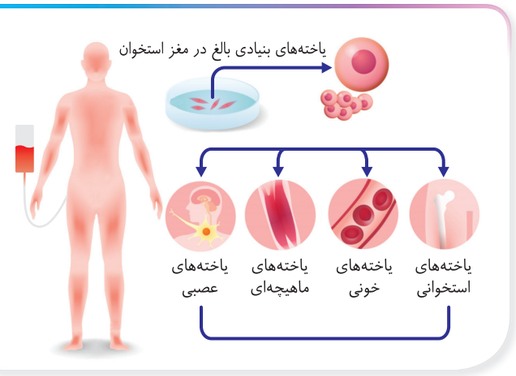


نوع بالغ

- می‌توانند در بدن یا محیط کشت، تکثیر و به انواع متفاوت یاخته تبدیل شوند.
- در بافت‌های مختلف بدن وجود دارند.

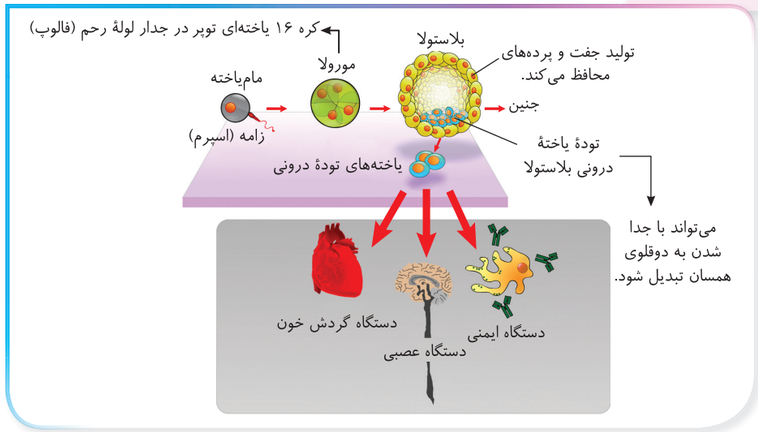
مثال

- یاخته‌های بنیادی **کبد** ← تکثیر ← تعدادی یاختهٔ بنیادی بدون تمایز می‌سازد.
- در اثر تمایز به ← یاختهٔ **کبدی** تبدیل می‌شود. / یاختهٔ **مجرای صفراوی** تبدیل می‌شود.
- یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ← برخی به انواع مختلف بافت‌ها و یاخته‌ها تمایز پیدا می‌کنند ← تمایز به ← رگ‌های خونی، یاخته‌های خونی، یاخته‌های استخوانی، یاخته‌های ماهیچه‌ای (اسکلتی و قلبی)، یاخته‌های عصبی
- بنیادی میلوئیدی ← منشأ ← گویچه‌های قرمز می‌شوند. / مگاکاریوسیت‌ها شده ← پلاکت‌ها را می‌سازد. / ائوزینوفیل، بازوفیل و نوتروفیل می‌سازد. / مونوسیت می‌سازد ← به درشت‌خوار یا بیگانه‌خوار دندریتی تبدیل می‌شود.
- بنیادی لنفوئیدی ← منشأ لنفوسیت‌ها می‌شود ← نوع *B*، نوع *T*، نوع کشندهٔ طبیعی



نوع جنینی

۱) قادر به تشکیل **همهٔ** بافت‌های بدن جنین هستند.
۲) همان تودهٔ توپر مورولا در لولهٔ رحم و یا تودهٔ یاخته‌ای درونی در کرهٔ توخالی بلاستوسیست می‌باشند.
۳) اگر در مراحل اولیه جنینی جداسازی شوند، می‌توانند یک جنین کامل را تشکیل دهند.
۴) یاخته‌های بنیادی **مورولا** ← کشت ← تمایز به ← همهٔ یاخته‌های جنینی می‌دهد. / همهٔ یاخته‌های خارج جنینی (*جفت و پرده‌های محافظ جنین*) می‌دهد.
۵) جدا کردن یاختهٔ بنیادی ← کشت یاختهٔ بنیادی ← تحریک برای تولید **بسیاری** از انواع یاخته‌ها
۶) تنظیم آن برای تولید **همهٔ** انواع یاخته‌های بدن جنین در شرایط آزمایشگاهی مقدور نیست.
۷) یاخته‌های بنیادی تودهٔ یاختهٔ درونی **بلاستوسیست** ← کشت ← فقط انواع یاخته‌های بدن جنین را می‌سازد. / پرده‌های خارج جنینی و جفت را نمی‌سازد.



گفتار ۳

کاربرد زیست‌فناوری در کشاورزی

برای بهبود کیفیت زندگی انسان و حفظ محیط زیست از آن بهره می‌برند.
افزایش چشمگیر در محصولات کشاورزی مانند گندم، برنج و ذرت نتیجهٔ تحول در کشاورزی **نوین** است.

نتایج تحولات در کشاورزی نوین
- استفاده از کودها و سموم شیمیایی
- کشت انواع محصول
- استفاده از ماشین‌ها در کشاورزی
- افزایش سطح زیر کشت

معایب تحول در کشاورزی نوین
- آلودگی محیط زیست
- کاهش تنوع ژنی ← در اثر رشد گونه‌های مفید و عدم توجه به سایر گونه‌ها
- تخریب جنگل‌ها و مراتع

کاربردهای زیست‌فناوری
- تولید گیاهان مقاوم در برابر بعضی آفت‌ها ← سبب کاهش مصرف آفت‌کش‌ها می‌شود.
- اصلاح بذر برای
  - تولید گیاهان مطلوب
  - تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری
  - تنظیم سرعت رسیدن میوه‌ها
  - افزایش ارزش غذایی محصولات
- تولید گیاهان **زراعی** مقاوم به علف‌کش‌ها ← در این حالت، علف‌کش فقط به حذف علف‌های هرز می‌پردازد.

رابطهٔ بین باکتری خاکزی، حشره و گیاه زراعی
- در حالت عادی
  - برخی باکتری‌های خاکزی ← پروتئین‌هایی تولید می‌کنند ← که حشرات آفت گیاهان زراعی را می‌کشد.
  - باکتری‌ها در مرحله‌ای از رشد ← نوعی **پروتئین سمی غیرفعال** می‌سازند ← حشرهٔ این پروتئین باکتری را می‌خورد.
  - در لولهٔ گوارش حشره ← سم پروتئین باکتریایی غیرفعال ← در اثر آنزیم گوارشی شکسته شده ← سم فعال ← تخریب یاختهٔ گوارشی ← مرگ حشره ← در امان ماندن گیاه زراعی
- تولید گیاه مقاوم به آفت با مهندسی ژنتیک
  1. جدا کردن ژن سم باکتریایی از باکتری
  2. همسانه‌سازی ژن مورد نظر در باکتری
  3. انتقال ژن همسانه‌سازی شده به گیاه
  4. تولید گیاهانی تراژنی که سم مقاوم به آفت ترشح می‌کنند.
  5. گیاهانی مثل ذرت، پنبه و سویا مقاوم تولید شده‌اند.

رابطهٔ طبیعی نوزاد کرمی‌شکل (لارو) و گیاه پنبه
- به درون غوزهٔ نارس پنبه نفوذ می‌کند و گیاه آلوده می‌گردد.
- برای از بین بردن این حشرهٔ آفت ← سم‌پاشی متعدد لازم است، زیرا آفت در معرض سم قرار نمی‌گیرد و به درون غوزه می‌رود ← سبب آلودگی محیط می‌شود.


گیاه سالم — ورود آفت به درون غوزه — گیاه آلوده
«آلوده شدن غوزه گیاه پنبه به آفت را نشان می‌دهد.»

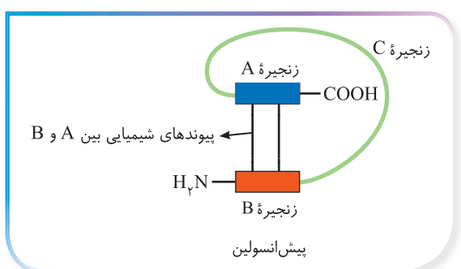
تولید پنبهٔ مقاوم به حشرهٔ آفت
- با فناوری زیستی ← پنبهٔ دارای ژن مقاوم به آفت تولید کردند.
- نیاز به سم‌پاشی متعدد تا حدود زیادی **کم** شده است.
- حشره با خوردن سطح غوزهٔ پنبه ← می‌میرد ← فرصت ورود به درون غوزه پیدا نمی‌کند ← نیاز به سم‌پاشی **کم** می‌شود.

کاربرد زیست‌فناوری در پزشکی

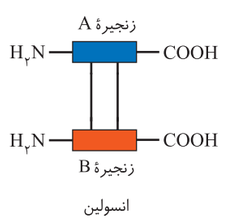
۱ تولید دارو

به روش قدیمی
- از منابع **غیر** انسانی تهیه می‌کردند.
- پاسخ‌های ایمنی در بدن افراد ایجاد می‌کردند.
- تولید انسولین ← جداسازی و خالص‌سازی آن از لوزالمعدهٔ جانورانی مثل گاو ← برای درمان **دیابت نوع ۱** استفاده می‌شود.

ساختار انسولین در پستانداران
- **پیش‌هورمون انسولین**
  - **یک** رشتهٔ پلی‌پپتید دارد (*یک سرآمینی و یک سرکربوکسیل در دو سمت مختلف دارد*).
  - سه زنجیرهٔ *B* ← *C* ← *A* دارد.
  - زنجیرهٔ *B* به سر آمینی و زنجیرهٔ *A* به سمت کربوکسیل قرار دارد.
  - بین زنجیرهٔ *A* و *B* آن پیوند وجود دارد.
- **هورمون انسولین فعال**
  - از دو زنجیرهٔ **کوتاه** پلی‌پپتیدی *A* و *B* تشکیل شده است.
  - با جدا شدن زنجیرهٔ *C* از نوع غیرفعال به نوع فعال تبدیل می‌شود.
  - دو زنجیرهٔ *A* و *B* آن با پیوندهایی غیر از پپتیدی به هم متصلند.
  - هر زنجیرهٔ *A* و *B* آن دارای دو سر مجزای آمینی و کربوکسیلی می‌باشد.
  - سرهای آمینی و کربوکسیل دو زنجیره در یک سمت مشابه قرار دارند.



پیش‌انسولین



انسولین

۲ تولید واکسن

روش‌های قبلی

- ضعیف کردن میکروب
- کشتن میکروب
- غیرفعال کردن سموم خالص شده با روش‌های خاص
  - تزریق به انسان ← تحریک دستگاه ایمنی اختصاصی
    - تولید یاختهٔ خاطره
    - تولید پادتن ضد آنتی‌ژن
- اگر در مراحل تولید واکسن خطایی رخ دهد، احتمال بروز بیماری وجود داشت.
- واکسن تولید شده باید ایمنی را به‌طور مناسب تحریک کند، اما منجر به بیماری نشود.

روش مهندسی ژنتیک

- خطرات واکسن‌های گذشته را ندارد.
- ژن مربوط به آنتی‌ژن سطحی عامل بیماری‌زا را به یک باکتری یا ویروس غیربیماری‌زا منتقل می‌کنند.
- بیان ژن مورد نظر در میزبان ← تزریق میزبان دارای آنتی‌ژن مورد نظر به انسان ← تحریک ایمنی فرد با واکسن جدید و ایجاد یاختهٔ خاطره
- **مثال:** تولید واکسن ضد هپاتیت *B*

۳ ژن‌درمانی

مراحل

۱. یاخته‌هایی را از بدن بیمار خارج می‌کنند.
۲. ژنوم یک ناقل ژنی مثل ویروس را در آزمایشگاه طوری تغییر می‌دهند که نتواند تکثیر شود *(در ژنوم آن برش ایجاد می‌کنند)*.
۳. ژن سالم را در ژنوم ناقل ژنی مثل ویروس جاسازی می‌کنند.
۴. ویروس تغییر یافته به درون یاختهٔ خارج شده از بدن فرد بیمار منتقل و ژنوم آن با ژنوم یاختهٔ بیمار ترکیب می‌شود.
۵. یاخته‌های بیمار با ورود ژنوم جدید به آن از لحاظ ژنتیکی تغییر یافته‌اند.
۶. یاختهٔ تغییر یافته که حاوی ژن سالم و ناقص می‌باشد را به بدن بیمار بازمی‌گردانند.
۷. یاخته‌های تغییر یافتهٔ ژنتیکی با بیان ژن در بدن فرد بیمار، پروتئین یا هورمون مورد نظر را تولید می‌کنند.
۸. اگرچه این یاخته‌ها به تولید مادهٔ مورد نیاز می‌پردازند ولی چون بقای زیادی ندارند، لازم است به‌طور متناوب این عمل تکرار شود.

اولین ژن‌درمانی

- در سال ۱۹۹۰ برای یک دختربچهٔ ۴ ساله دارای نقص ژنی سیستم ایمنی انجام شد.
- دارای نوعی نقص ژنی در **یک آنزیم** مهم دستگاه ایمنی بود.
- **لنفوسیت‌ها** را از فرد بیمار خارج کردند ← در خارج بدن تکثیر داده شد ← انتقال ژن کارآمد به کمک ناقل ژنی به لنفوسیت‌ها ← لنفوسیت‌های تغییر یافتهٔ ژنتیکی و دارای ژن‌های سالم و بیمار وارد بدن بیمار شد ← ساخت آنزیم مورد نیاز درون بدن بیمار
- نکته برای درمان این افراد می‌توان از روش‌هایی مثل پیوند مغز استخوان و یا تزریق آنزیم هم استفاده کرد.
- اگرچه این یاخته‌ها به تولید مادهٔ مورد نیاز می‌پردازند ولی چون بقای زیادی ندارند، لازم است به‌طور متناوب این عمل تکرار شود.

ژن‌درمانی برای درمان بیماری‌های ارثی

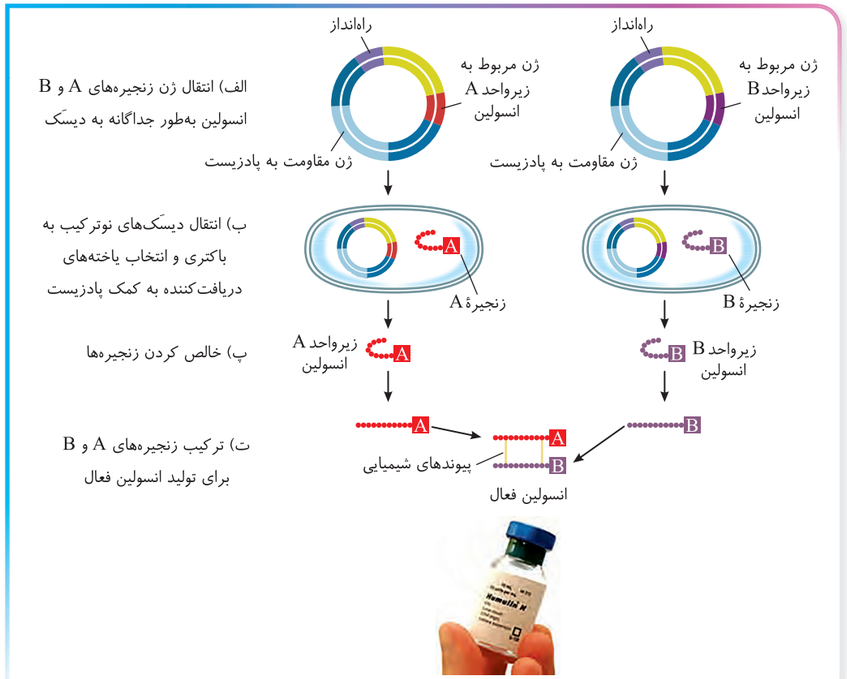
- روشی برای درمان بیماری‌های **ارثی** یک گونه می‌باشد.
- یکی از روش‌های جدید درمان بیماری‌های ژنتیکی، ژن‌درمانی است که خود **مجموعه‌ای از روش‌هاست**.
- **تعریف:** یعنی قرار دادن نسخهٔ سالم یک ژن در یاخته‌های فردی که دارای نسخه‌ای ناقص از همان ژن است ← ژن ناقص را خارج نمی‌کنند.

روش مهندسی ژنتیک در تولید دارو

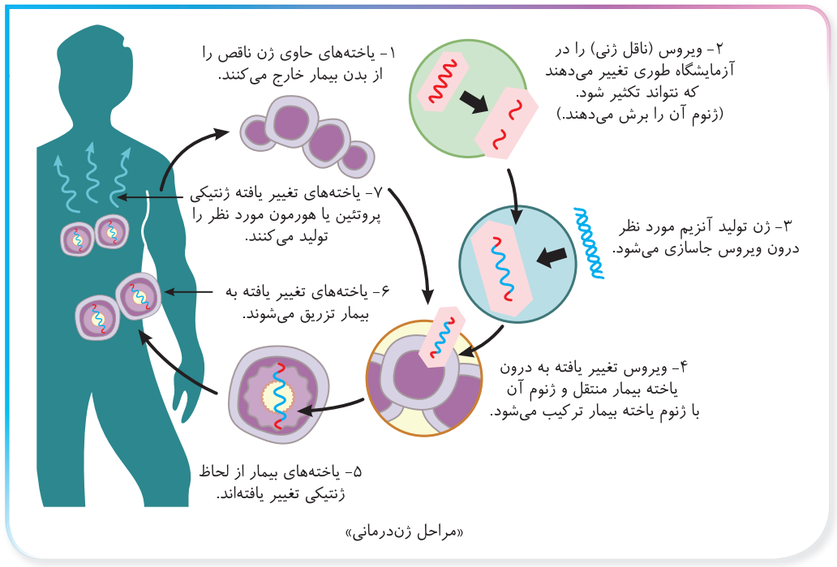
- مطمئن و مؤثر که جایگاه ویژه‌ای در صنعت داروسازی دارند.
- پاسخ ایمنی ایجاد نمی‌کنند.
- تولید انسولین با وارد کردن ژن انسولین انسانی به **باکتری‌ها** صورت می‌گیرد.

ترتیب مراحل تولید انسولین به روش مهندسی ژنتیک

- تولید **دو توالی** *DNA* مربوط به زنجیرهٔ *A* و *B* انسولین که **هرکدام** راه‌انداز مخصوص به خود دارند.
- نوترکیب کردن هر توالی **با یک دیسک** باکتریایی در آزمایشگاه توسط لیگاز ← ایجاد دو *DNA* نوترکیب مجزا
- انتقال دو پلازمید نوترکیب به دو باکتری مجزا توسط شوک الکتریکی یا حرارتی
- بیان دو توالی *DNA* توسط عوامل باکتریایی و تولید زنجیره‌های *A* و *B* در دو باکتری مختلف
- انتخاب یاخته‌های دریافت‌کننده به کمک آنتی‌بیوتیک *(پنی‌سیلین)* در تولید دارو
- خالص کردن و جمع‌آوری زنجیره‌های پلی‌پپتیدی *A* و *B* و اتصال آن‌ها به هم با پیوندهای شیمیایی در آزمایشگاه *(خارج باکتری)*
- مهم‌ترین مرحلهٔ ساخت انسولین در پستانداران که حذف زنجیرهٔ *C* می‌باشد، در این روش و درون باکتری انجام نمی‌شود.



«مراحل ساخت انسولین در مهندسی ژنتیک»



«مراحل ژن‌درمانی»

۴ تشخیص بیماری

- تشخیص اولیه و شناخت دقیق از بیماری ← اصل مهم در درمان

روش‌های تشخیص بیماری

- مانند آزمایش خون و ادرار
- روش‌های دیگری مثل فناوری‌های مبتنی بر دنا

- با کمک روش‌های زیست‌فناوری و شناسایی نوکلئیک اسید عامل بیماری‌زا ← به وجود عامل بیماری‌زا پی می‌برند.
- تشخیص بیماری وقتی که هنوز علائم ظاهر نشده‌اند و میزان عامل بیماری‌زا در بدن پایین است، مشکل می‌باشد.

موارد کاربرد

- تشخیص ایدز در مراحل اولیه
  - ایدز هنوز درمان قطعی ندارد.
  - فرد مبتلا به ایدز توانایی دفاع در مقابل عوامل بیماری‌زا را از دست می‌دهد.
  - دناهای درون خون فرد مشکوک استخراج می‌شود (دنای ژنوم ضرر + دنای ساخته شده از روی رنای ویروس)
  - تشخیص دنای ویروس با روش‌های زیست‌فناوری
  - اهمیت
    - اقدامات درمانی بدون اتلاف وقت
    - پیشگیری لازم برای جلوگیری از انتقال ویروس به سایر افراد
- تشخیص ژن‌های جهش یافته در بیماران مستعد به سرطان
- پزشکی قانونی
- تحقیقاتی ← مانند مطالعه در مورد دنای فسیل‌ها

اهمیت تولید جانوران تراژنی در زیست‌فناوری

تولید جانور تراژنی

- جانوری است که در همهٔ یاخته‌های پیکری خود، ژن یا ژن‌هایی از گونهٔ دیگر دارد.
- ژن پروتئین انسانی را در یک پلازمید، نزدیک جایگاه شروع همانندسازی قرار می‌دهند.
- دنای نوترکیب را وارد تخم لقاح یافتهٔ جانور می‌کنند.
- زیگوت تغییر یافتهٔ ژنتیکی را وارد رحم جانور می‌کنند.
- از رشد و تمایز زیگوت، جانوری ایجاد می‌شود که در هر یاختهٔ آن ژن انسانی وجود دارد.
- با بیان ژن مورد نظر در جانور بالغ، می‌توان محصول ژن را در شیر آن جانور به دست آورد.

1. مطالعهٔ عملکرد ژن‌های خاص در بدن مثل ژن‌های عوامل رشد و نقش آن‌ها در رشد بهتر دام‌ها
2. کاربرد آن‌ها به عنوان مدلی برای مطالعهٔ بیماری‌های انسانی از قبیل انواع سرطان، آلزایمر و MS
3. تولید پروتئین‌های انسانی یا داروهای خاص در بدن آن‌ها ← مثل تولید شیر غنی از نوعی پروتئین انسانی ← نسبت به شیر طبیعی دام‌ها مناسب‌تر است.



«تولید پروتئین‌های انسانی با استفاده از دام‌های تراژنی»

زیست‌فناوری و اخلاق

- هر دستاورد بشری باید با جنبهٔ اخلاقی، اجتماعی و ایمنی زیستی آن مطابق باشد.

ایمنی زیستی

- شامل مجموعه‌ای از تدابیر، مقررات و روش‌هایی برای تضمین بهره‌برداری از این فناوری است.
- قانون آن به منظور استفادهٔ مناسب از مزایای زیست‌فناوری و پیشگیری از خطرات احتمالی آن است.

- تاکنون از نتایج تحقیقات زیست‌فناوری هیچ موردی برخلاف اخلاق زیستی ارائه نشده است.

گفتار ۱

اساس رفتار

نکات

- علت مشاهدهٔ رفتارهای جانوران توسط انسان
  - زندگی انسان به داشتن اطلاعات دربارهٔ رفتار جانوران وابسته است.
  - به‌طور مثال یافتن راه‌های مبارزه با حشرهٔ آفت با دانستن چگونگی زادآوری آن
  - حفظ گونه و حفاظت از تنوع زیستی با دانستن مهاجرت یا تغذیهٔ یک جانور در معرض خطر
- نمونه‌هایی از رفتارها
  - قمری خانگی ← **بعد** از جمع‌آوری شاخهٔ **نازک** درختان برای لانه‌سازی، **زادآوری** می‌کند.
  - گوزن ← گریز از شکارچی
  - خرس‌های قطبی ← خواب **زمستانی**
  - سارها ← مهاجرت به مناطق **گرم‌تر** برای زمستان‌گذرانی
- **تعریف رفتار** ← واکنش یا **مجموعه** واکنش‌هایی که جانور در پاسخ به محرک یا محرک‌**ها** انجام می‌دهد.
- انواع محرک مسبب رفتارهای گوناگون
  - محرک داخلی مانند تغییر میزان هورمون‌ها یا گلوکز در بدن جانور
  - محرک خارجی مانند بو، رنگ، صدا، تغییر دمای محیط و تغییر طول روز

انواع رفتار

غریزی

- رفتاری است که زمینهٔ ارثی و ژنی دارد و در نتیجهٔ یادگیری، تجربه و تغییر رفتار حاصل نشده است.
- اساس این رفتارها در **همهٔ** افراد گونه یکسان است ← چون **ژنوم** یکسانی دارند.
- همگی به‌طور کامل هنگام تولد در جانور ایجاد نشده‌اند.

رفتار جوجه‌های کاکایی

- برای دریافت غذا (*بعد از خروج از تخم*) **به منقار** پرندهٔ **والد** نوک می‌زند و والد ماده **بخشی** از غذای خورده شده را برمی‌گرداند تا جوجه آن را بخورد.
- دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوجه اهمیت دارد.



«رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی»

رفتار مراقبت موش ماده

- موش مادهٔ طبیعی
  1. **همهٔ** موش‌های **نر** و **ماده**، حاوی ژن *B* مراقبت از زاده‌ها می‌باشند.
  2. این ژن در ماده‌ها **بیان** می‌شود و اجازه نمی‌دهد بچه موش‌ها از او دور شوند.
  3. موش مادر ابتدا نوزادان را وارسی می‌کند.
  4. اطلاعاتی از راه حواس به **مغز** ارسال می‌شود.
  5. ژن *B* در یاخته‌هایی در مغز موش مادر فعال و بیان می‌شود.
  6. ژن *B* دستور ساخت **پروتئینی** را می‌دهد که آنزیم‌ها و ژن‌های **دیگر** را فعال می‌کند.
  7. در مغز جانور فرایندهای **پیچیده‌ای** به راه می‌افتد.
  8. موش ماده رفتار مراقبت مادری را نشان می‌دهد ← بچه‌های دور شده را می‌گیرد و به سمت خود می‌کشد.
- موش مادر جهش یافته در ژن *B*
  1. موش‌های مادر نوزادان را همانند قبل جهش، وارسی می‌کردند.
  2. پس از وارسی، نوزادان را نادیده می‌گرفتند و رفتار مراقبت نشان نمی‌دادند.
  3. مشخص شد رفتار مراقبت مادری در موش **اساس ژنی** دارد.
  4. مشخص شد که ژن *B*، نقشی در وارسی نوزادان ندارد.
  5. رفتار موش مادر در مراقبت از فرزندان **رفتار غریزی** است.



«مراقبت مادری موش مادر دارای ژن طبیعی»



«نبود مراقبت مادری در موش مادر دارای ژن جهش یافته B»

- مثال‌های دیگر
  - رفتار جوجه کاکایی برای به دست آوردن غذا
  - لانه‌سازی پرنده‌ها
  - رفتار مکیدن پستان در شیرخواران پستانداران

تغییر رفتار درخواست غذای جوجه کاکایی

- نوک زدن‌های جوجه کاکایی **در ابتدا** دقیق نیست ← به صورت **غریزی** به هر جایی از منقار مادر نوک می‌زند.
- پس از دو روز ← جوجه متوجه می‌شود که نوک زدن به مناطق **جلوی منقار** ← مادر **سریع‌تر** به درخواست پاسخ می‌دهد.
- پس از دو روز ← جوجه با تجربهٔ به دست آورده و پاداش دریافت سریع‌تر غذا ← تغییر رفتار می‌دهد ← به مناطق جلویی منقار مادر نوک می‌زند.

یادگیری (تغییر رفتار)

تغییر نسبتاً پایدار در رفتار که در اثر **تجربه** به وجود می‌آید را یادگیری می‌گویند.

در انواع متنوعی یادگیری
- در همهٔ آن‌ها **تغییر رفتار** ایجاد می‌شود.
- تغییر رفتار **نسبتاً** پایدار است.
- در اثر **تجربه** ایجاد می‌شود.

انواع

۱ خوگیری (عادی شدن)

در این یادگیری، پاسخ جانور به یک محرک **تکراری** بی‌اثر که سود و زیانی برای آن ندارد، **کاهش** پیدا می‌کند
- تا هنگامی که جانور به محرک پاسخ عادی می‌دهد ← عادی شدن رخ نداده است.
- جانور می‌آموزد به **برخی** محرک‌ها پاسخ ندهد.

موجب می‌شود جانور با چشم‌پوشی از محرک‌های بی‌اهمیت، انرژی خود را برای انجام فعالیت‌های حیاتی حفظ کند.

پاسخ به هر محرکی نیازمند صرف انرژی است ← خوگیری سبب ذخیرهٔ انرژی و مصرف بهینهٔ آن می‌شود.

مثال

رفتار جوجهٔ پرندگان در برابر ریزش برگ‌ها
- در ابتدا با ریزش برگ‌های بالای سر خود ← با رفتار غریزی
  - سر خود را پایین می‌آورند.
  - آرام می‌ماندند و صدا ایجاد نمی‌کردند.
- با دیدن ریزش **مکرر** برگ‌ها و اجسام در حال حرکت ← چون برایشان خطر ندارد ← یاد می‌گیرند که به آن محرک‌ها پاسخ ندهند.

شقایق دریایی
- در ابتدا به صورت غریزی ← با تحریک مکانیکی تماسی ← بازوهای خود را **منقبض** می‌کند.
- به حرکت مداوم آب پاسخی نمی‌دهد که نوعی خوگیری است.

رفتار کلاغ‌ها در مقابل مترسک‌های مزرعه
- در ابتدا به صورت غریزی به مزرعه حمله نمی‌کنند.
- در صورت بی‌حرکتی و عدم تغییر مترسک و عدم صدا ← به مزرعه حمله می‌کنند ← روی مترسک هم می‌نشینند.

۲ شرطی شدن کلاسیک

مراحل یادگیری
1. در ابتدا جانور به یک محرک طبیعی، یک پاسخ طبیعی می‌دهد (*ترشح بزاق با بوی غذا*).
2. اگر مدتی یک محرک بی‌اثر (*صدای زنگ*) با محرک طبیعی (*بوی غذا*) همراه شود.
3. جانور بین **محرک** بی‌اثر و طبیعی ارتباط برقرار می‌کند.
4. محرک بی‌اثر به صورت محرک شرطی درمی‌آید.
5. پس از مدتی جانور به محرک شرطی شده نیز **همان** پاسخ طبیعی را می‌دهد (*قبلاً به محرک بی‌اثر پاسخ نمی‌داد ولی الان آن محرک بی‌اثر، به شرطی تبدیل شده است و به آن پاسخ می‌دهد*).

ترشح بزاق سگ با صدای زنگ
- دیدن یا بوی غذا، محرک طبیعی و ترشح بزاق، پاسخی غریزی و یک بازتاب طبیعی است.
- پاولوف
  - مشاهده کرد که پس از مدتی، ترشح بزاق سگ قبل از دریافت غذا با دیدن فرد غذادهنده نیز رخ می‌دهد.
  - آزمایش
    1. به صدا درآوردن زنگ هنگام دادن پودر گوشت به سگ گرسنه
    2. تکرار این کار
    3. سگ بین صدای زنگ (*محرک بی‌اثر*) و غذا (*محرک طبیعی*) ارتباط برقرار کرد.
    4. بزاق سگ با شنیدن صدای زنگ و بدون دریافت غذا نیز ترشح شد.
  - نتیجه ← تبدیل یک محرک بی‌اثر (*صدای زنگ*) به محرک شرطی ← پاسخ طبیعی به محرک شرطی داده می‌شود.
  - در این رفتار، پاسخ جانور نسبت به محرک طبیعی و شرطی شده، یکسان می‌باشد.
  - محرک شرطی **به تنهایی** می‌تواند سبب پاسخ جانور شود.



وقتی محرک شرطی (صدای زنگ) با محرک طبیعی (غذا) همراه شود.



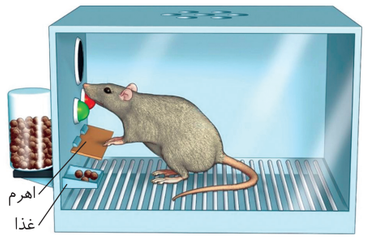
محرک شرطی به تنهایی می‌تواند سبب پاسخ ترشح بزاق شود.

۳ شرطی شدن فعال

نوعی یادگیری شرطی شدن ولی **به صورت آزمون و خطا و بدون محرک شرطی** می‌باشد.
جانور می‌آموزد بین **رفتار خود** با پاداش یا تنبیهی که دریافت می‌کند، ارتباط برقرار کند و در آینده رفتاری را تکرار یا از انجام آن خودداری کند.
رفتار جانور در برابر پاسخ پاداشی افزایش یافته و در صورت تنبیه شدن، کاهش می‌یابد.

آزمایش اسکینر

۱ موش گرسنه ابتدا به صورت **تصادفی** اهرم درون جعبه را فشار می‌دهد و غذا دریافت می‌کند.
۲ جانور پس از **چندبار** تکرار این رفتار، بین فشار دادن اهرم و دریافت غذا ارتباط برقرار می‌کند.
۳ پس از آن، موش به‌طور **عمدی** اهرم را فشار می‌دهد تا غذا به دست بیاورد.



«موش در جعبه اسکینر (آزمون و خطا)»

پرنده و پروانهٔ مونارک

پرنده ابتدا به صورت **تصادفی** پروانهٔ مونارک را می‌بلعد.
سپس دچار تهوع می‌شود (*تنبیه مرحله‌ای*).
پس از این تجربه از خوردن آن‌ها ممانعت می‌کند.

رفتار جانوران سیرک و رام‌کنندگان آن‌ها

نوعی شرطی شدن فعال است.
جانور در صورت انجام صحیح رفتار، پاداش می‌گیرد. ← رفتار صحیح را تکرار می‌کند.
در صورت عدم انجام رفتار تنبیه می‌شود.

۴ حل مسئله

تعریف: جانور بین **تجربه‌های گذشته و موقعیت جدید** ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آن‌ها برای حل مسئلهٔ **جدید**، آگاهانه برنامه‌ریزی می‌کند.
در این یادگیری، جانور برای **اولین‌بار** در معرض محرک قرار گرفته است و با استدلال **آگاهانه** به انجام آن رفتار می‌پردازد.

مثال‌ها:
- شامپانزه:
  ۱ پس از چندین بار بالا پریدن، چند جعبهٔ چوبی را روی هم می‌گذارد تا به موز آویخته شده به سقف برسد.
  ۲ برگ‌های شاخهٔ **نازک** درختان را به درون لانهٔ موریانه‌ها فرو می‌برند تا موریانه‌ها را بیرون بیاورند و بخورند.
  ۳ از تکه‌های چوب یا سنگ به شکل سندان و چکش استفاده می‌کنند تا پوستهٔ سخت **میوه‌ها** را بشکنند.
- کلاغ سیاه ← تکه گوشت آویزان به انتهای نخ را با بالا کشیدن نخ توسط **منقار** و گرفتن قسمتی از نخ با **پنجهٔ پا**، به دست می‌آورد.


«حل مسئله در شامپانزه»


«کلاغ با جمع کردن نخ تکه گوشت را بالا می‌کشد.»

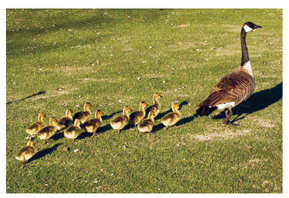
۵ نقش‌پذیری

تعریف: نوعی یادگیری است که در **دورهٔ مشخصی** از زندگی جانور انجام می‌شود.

جوجه غاز:
- **اولین** جسم متحرکی که بعد از بیرون آمدنش از تخم می‌بیند، دنبال می‌کند.
- طی چند **ساعت** پس از خروج از تخم رخ می‌دهد ← جسم متحرک، **معمولاً مادر** آن‌هاست.
- موجب پیوند جوجه‌ها با مادر می‌شود.
- حرکت اولیه به سمت جسم متحرک، **غریزی** است ← **تکرار** حرکت به سمت آن جسم ← **نقش‌پذیری** است.
- علت:
  - این شناسایی برای بقای جوجه حیاتی است.
  - یادگیری رفتارهای اساسی مانند جست‌وجوی غذا از مادر

پستانداران (*مانند بره*) ← بره‌هایی که توسط انسان پرورش داده شده‌اند، به دنبال انسان حرکت می‌کنند و ارتباطی با گوسفندان دیگر ندارند.

امروزه انسان از نقش‌پذیری برای حفظ گونه‌های جانوران در خطر انقراض استفاده می‌کند:
- پرورش جوجه پرنده‌هایی که والدین خود را از دست داده‌اند.
- صدای پرندگان **همان گونه** را پخش می‌کنند.
- افراد نگهدارندهٔ آن‌ها ظاهر و رفتاری شبیه آن پرنده را تقلید می‌کنند.


«نقش‌پذیری جوجه غازها نسبت به مادر خود»

برهم‌کنش غریزی و یادگیری

بیشتر رفتارهای جانوران محصول برهم‌کنش ژن‌ها و اثرهای محیطی است که جانور در آن زندگی می‌کند.
اساس ژنی لازم یک رفتار + تجربه ← تغییر و اصلاح رفتار قبلی ← برای بقای جانوران لازم است.
یادگیری برای بقای جانوران به علت **تغییر مداوم محیط جانوران** لازم است.
برهم‌کنش ژن و محیط، امکان سازگار شدن جانور با تغییرات محیط را فراهم می‌کند.

رفتار درخواست غذای جوجه کاکایی:
- ابتدا به صورت غریزی است
  - جانور اساس ژنی آن را دارد.
  - ابتدا کامل بروز نمی‌کند.
- برای شکل‌گیری کامل آن
  - برهم‌کنش جوجه و والدین و تجربه لازم است.
  - رشد جانور همراه تجربهٔ محیط، لازم است.


نوک زدن جوجهٔ دو روزه به مناطق خاص از نوک والد


نوک زدن جوجهٔ تازه از تخم خارج شده به هر قسمت منقار والد

گفتار ۲

انتخاب طبیعی و رفتار

انواع پرسش‌ها

۱) نوع اول (*چگونه‌ها*)
- جانور **چگونه** رفتاری را انجام می‌دهد؟
- پاسخ پژوهشگران با بررسی فرایندهای ژنی، رشد و نمو و عملکرد بدن جانور می‌باشد.

۲) نوع دوم (*چرایی*)
- **چرا** جانور رفتاری را انجام می‌دهد؟
- رفتارشناسان با دیدگاه انتخاب طبیعی
  - نقش **سازگارکنندگی** رفتارهای جانوران و به عبارتی نقش رفتارهای گوناگون را در **بقا** و **زادآوری** بیشتر جانوران بررسی می‌کنند.
  - بررسی **سود** و **هزینهٔ** رفتار برای جانور
  - رفتار سازگار را نتیجهٔ برگزیده شدن با **انتخاب طبیعی** می‌دانند.

جوجه کاکایی

- پرندهٔ کاکایی پس از آن که جوجه‌هایش از تخم بیرون می‌آیند ← **پوسته‌های** تخم را از لانه خارج می‌کند ← رنگ سفید **داخل** پوستهٔ تخم‌های شکسته بسیار مشخص است.
- تخم‌ها و جوجه‌های کاکایی در میان علف‌های اطراف آشیانه استتار می‌یابند ← کاکایی‌ها، زمان **بسیار کوتاهی** را برای بیرون بردن پوستهٔ تخم‌ها صرف می‌کنند ← بقای زاده‌ها ↑
- آزمایش محققین
  1) رنگ‌آمیزی تخم‌مرغ خانگی شبیه تخم کاکایی و قرار دادن آن‌ها در محل آشیانه را انجام دادند.
  2) در کنار **تعدادی** از آن‌ها پوستهٔ تخم‌های **شکستهٔ** کاکایی قرار دادند.
  3) کلاغ‌ها **بیشتر** تخم‌مرغ‌هایی که کنار پوسته‌های خالی بودند را پیدا کردند و خوردند.
  - نتیجه ← رنگ سفید داخل پوستهٔ تخم‌های شکسته راهنمای کلاغ‌ها بود.
- علت رفتار
  - کاهش احتمال شکار شدن جوجه‌ها
  - افزایش احتمال بقای جوجه‌ها
  - این رفتار به دلیل افزایش شانس **بقای** جوجه‌هاست نه برای تولید زاده‌ها!
- رفتار کاکایی‌ها در بیرون انداختن پوسته‌ها ← نوعی رفتار سازگارکننده است
  - دسترسی شکارچی به زاده‌ها **کم** می‌شود.
  - احتمال بقای زاده‌ها **زیاد** می‌شود.
  - به سود پرنده و زاده‌هاست.
  - با انتخاب طبیعی برگزیده شده است.

رفتار زادآوری

- داشتن **بیشترین** تعداد زاده‌های **سالم** ← معیاری برای موفقیت زادآوری در جانوران است.
- جانور برای موفقیت در زادآوری ← رفتارهای زادآوری انجام می‌دهد.

انواع

۱) انتخاب جفت

- جانور ابتدا ویژگی‌های جفت را بررسی می‌کند و بعد تصمیم می‌گیرد که جفت‌گیری کند یا نه.
- در جانوران، ماده‌ها **بیشتر** از نرها انتخاب جفت را انجام می‌دهند.
- جانور ماده معمولاً زمان و انرژی بیشتری صرف می‌کند (*دلیل انتخاب جفت*).
- فعالیت‌های پرهزینه مانند نگهداری از تخم در پرندگان، بارداری و شیردادن به نوزادان در پستانداران از وظایف جانور ماده است ← انرژی بیشتری از جنس نر برای **پرورش نوزاد** صرف می‌کند.
- ویژگی‌های ظاهری برتر
  - نشانهٔ سلامت و کیفیت رژیم غذایی آن است.
  - سلامت جانور **ماده و زاده‌هایش** را تضمین می‌کند.
  - نشانهٔ داشتن ژن‌های مربوط به صفات سازگارکننده است.

طاووس

- ویژگی‌های **ظاهری** طاووس نر و ماده متفاوت است ← در این گونه، طاووس **ماده** رفتار انتخاب جفت را انجام می‌دهد.
- در **فصل زادآوری**، دم طاووس **نر**، پرهای پرنقش و نگاری پیدا می‌کند ← طاووس نر برای جلب توجه ماده، دم خود را مانند بادبزن می‌گستراند تا بهتر دیده شود.
- ماده‌ها، ابتدا **دم** طاووس‌های نر مختلف را بررسی می‌کنند.
- نری را به عنوان جفت انتخاب می‌کند که رنگ درخشان و لکه‌های چشم‌مانند **بیشتری** روی پرهای دم خود داشته باشد.
- جانور ماده به ویژگی‌های ظاهری طاووس‌های نر مختلف توجه می‌کند تا انتخاب جفت کند.
- دم بلند و زینتی جانور نر
  - حرکت جانور را دشوار می‌کند.
  - جانور را در مقابل شکارچی آسیب‌پذیرتر می‌کند.
  - احتمال بقای آن را **کاهش** می‌دهد.
  - درخشان بودن رنگ پرنده ← نشان دهندهٔ سلامت و کیفیت رژیم غذایی آن بوده است.
  - این ویژگی سبب سلامت جانور مادهٔ انتخاب‌کننده و تضمین بقای زاده‌های آن است.
  - بقای جانور **نر** دارای این ویژگی تا هنگام تولیدمثل، نشان دهندهٔ سازگار بودن صفات آن می‌باشد.
  - همانند شاخ گوزن نر جزء صفات **ثانویه** جنسی است.
  - صفات سازگارتر، در هنگام جفت‌یابی و رقابت با نرهای دیگر به کار می‌رود و سریع‌تر انتخاب می‌شود.
- طاووس ماده با انتخاب نر دارای صفت سازگارتر ← سبب انتقال ویژگی‌های مفید ظاهری و سازگاری والد نر به زاده‌های خود می‌شود.
- نر نظام چندهمسری دارد ← این پرندهٔ نر، در تولید و رشد زاده‌ها، نقش کمتری از والد ماده دارد.

برخی جیرجیرک‌ها

- انتخاب جفت با جانور **نر** است.
- جانور نر هزینهٔ بیشتری را در تولیدمثل می‌پردازد ← جفت خود را بررسی و انتخاب می‌کند.
- جانور نر **زامه‌های** خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری **مواد مغذی** به جانور ماده منتقل می‌کند.
- کیسهٔ لقاحی بخش قابل توجهی از وزن بدن جانور نر را تشکیل می‌دهد.
- جانور نر، مادهٔ **بزرگ‌تر** را بررسی و انتخاب می‌کند ← به دلیل اینکه نشانهٔ داشتن **تخمک‌های** بیشتری است و می‌تواند زاده‌های بیشتری تولید کند.
- جیرجیرک‌های ماده برای انتخاب شدن رقابت می‌کنند.
- تخم‌ها در بدن ماده تشکیل می‌شوند ولی غذای رشد آن‌ها را بیشتر جانور نر تأمین کرده است.
- در روی هر یک از پاهای **جلویی** خود، پردهٔ صماخ و گیرندهٔ مکانیکی صدا دارند.

نظام جفت‌گیری (۲)

چندهمسری

- یکی از والدین، پرورش و نگهداری زاده‌ها را انجام می‌دهد.
- طاووس نر
  - در **نگهداری** زاده‌ها نقشی ندارد.
  - نگهداری از قلمرو، منابع غذایی، محل لانه و پناهگاه ایمن از شکارچی را انجام می‌دهد.
  - به‌طور **غیرمستقیم** به ماده کمک می‌کند ← سبب افزایش موفقیت تولیدمثلی نر و ماده می‌شوند.
- **در بیشتر** پستانداران دیده می‌شود ← در اغلب پستانداران، جنس ماده زمان و انرژی بیشتری برای پرورش زاده می‌گذارد.

تک‌همسری

- **در بیشتر** پرندگان مثل قمری خانگی دیده می‌شود.
- هر دو والد هزینه‌های پرورش زاده‌ها را می‌پردازند.
- جانور نر و ماده در انتخاب جفت سهم **مساوی** دارند.

رفتار غذایابی

- **تعریف** ← **مجموعهٔ** رفتارهای جانور برای جست‌وجو و به دست آوردن غذاست.
- غذایابی بهینه ← موازنهٔ بین محتوای **انرژی غذا** و هزینهٔ **به دست آوردن** و مصرف آن است ← رفتار غذایابی بهینه ← سبب دریافت انرژی **خالص** بیشتر می‌شود.
- غذاهایی که جانور می‌خورد ← اندازه‌های متفاوتی دارند.
- غذای بزرگ‌تر
  - انرژی بیشتر دارد.
  - ممکن است فراوانی کمتر داشته باشد.
  - به دست آوردن آن دشوارتر است.
- انرژی **خالص** یعنی تفاوت انرژی دریافتی از غذا با انرژی صرف شده برای پیدا کردن و خوردن آن
- براساس انتخاب طبیعی، رفتار غذایابی برگزیده می‌شود که
  - انرژی دریافتی **کارآمدتر** داشته باشد ← یعنی در هر بار غذایابی ← بیشترین انرژی **خالص** را دریافت کند.
  - کسب بیشترین انرژی و کمترین خطر را داشته باشد ← در هنگام وجود **شکارچی**، رفتار غذایابی جانور **تغییر** می‌کند ← آماده و گوش به زنگ برای غذایابی می‌شود.

خرچنگ ساحلی

- صدف‌های با اندازهٔ **متوسط** را ترجیح می‌دهند ← بیشترین انرژی **خالص** را تأمین می‌کنند.
- صدف‌های بزرگ‌تر
  - انرژی بیشتری دارند.
  - برای شکستن آن‌ها باید انرژی بیشتری صرف شود.
  - انرژی **خالص** دریافتی آن‌ها از صدف‌های متوسط **کمتر** می‌باشد.

طوطی

- گاهی غذایی که محتوای انرژی چندانی ندارد، مصرف می‌کنند ← این غذا، مواد مورد نیاز آن‌ها را تأمین می‌کند.
- خاک رس می‌خورند ← تا مواد **سمی** حاصل از غذاهای **گیاهی** را در لولهٔ گوارش آن‌ها خنثی کند.



«تغذیه طوطی‌ها از خاک رس»

قلمروخواهی

- قلمرو یک جانور، **بخشی** از محدودهٔ جغرافیایی است که جانور در آن زندگی می‌کند.
- جانوران در برابر افراد **هم‌گونه** یا افراد **گونه‌های دیگر** از قلمرو خود دفاع می‌کنند.

نحوهٔ انجام

- اجرای نمایش ← پرنده با آواز خواندن (*مانند قوهای سرخرود مازندران*) ← از ورود پرنده‌های مزاحم جلوگیری می‌کنند.
- در صورت مؤثر نبودن آواز ← تهاجم به جانوران دیگر ← حملهٔ پرنده به پرندهٔ مزاحم

فواید (چرا قلمروخواهی می‌کند)

- استفادهٔ اختصاصی از منابع قلمرو ← غذا و انرژی دریافتی جانور را افزایش می‌دهد.
- افزایش امکان جفت‌یابی جانور
- افزایش دسترسی به پناهگاه ← برای در امان ماندن از شکارچی



«قلمروخواهی در قو، سرخرود مازندران»

مضرات

- نیازمند صرف زمان و انرژی
- جانور تهاجم‌کننده ممکن است آسیب ببیند.
- آواز خواندن ممکن است موقعیت پرنده را برای شکارچی آشکار کند.

- با مصرف انرژی ← رفتار قلمروخواهی ایجاد می‌شود.
- در پی رفتار قلمروخواهی ← دریافت انرژی جانور زیادتر می‌شود.
- رفتار **مورچه‌های** روی گیاه آکاسیا و حمله به جانوران و گیاهان دیگر
  - از نوع **قلمروخواهی** است.
  - امکان جفت‌یابی و دسترسی به محل امن زندگی را زیاد می‌کند.

مهاجرت

جابه‌جایی **طولانی** و رفت و برگشتی جانوران مهاجرت نام دارد.
رفتاری **غریزی** است که یادگیری نیز در آن نقش دارد.

پرندگان مهاجر

- **هر ساله** با آغاز فصل پاییز از سیبری و اروپا به تالاب‌ها و آبگیرهای شمال ایران می‌روند.
- در **اوایل** بهار به سرزمین خود برمی‌گردند.



«پرندگان مهاجر به پناهگاه حیات وحش میانکاله مازندران»

علت

- نامساعد شدن شرایط محیط با تغییر فصل
- کاهش منابع مورد نیاز
- زندگی در زیستگاه مناسب‌تر برای تغذیه، بقا و زادآوری

تجربه

- سارهایی که تجربهٔ مهاجرت دارند، بهتر از آن‌هایی که برای نخستین‌بار مهاجرت می‌کنند، مسیر مهاجرت را تشخیص می‌دهند (*نوعی شرطی شدن فعال است*).
- در مسیر مهاجرت **بسیاری** از آن‌ها، مناطق جدید ایجاد می‌شود ← جانور با **حل مسئله**، مسیر جدید خود را با تجربه‌های قبلی پیدا می‌کند.

نحوهٔ جهت‌یابی

استفاده از نشانه‌های محیطی
- با استفاده از موقعیت خورشید **در روز** ← در سارها و پروانهٔ مونارک دیده می‌شود.
- با استفاده از موقعیت **ستاره‌ها** در آسمان در شب

میدان مغناطیسی زمین
- کبوتر خانگی و بعضی پرندگان
  - در روزها و شب‌های ابری، به جای نور خورشید یا ستاره‌ها از آن برای مسیریابی استفاده می‌کنند.
  - قرار دادن آهنربا در سر آن‌ها ← اثر مغناطیسی زمین را خنثی کرده ← مانع تشخیص مسیر برای جانور می‌شود.
  - در سر برخی پرندگان، ذرات آهن مغناطیسی شده وجود دارد.
- لاک‌پشت دریایی ← برای تخم‌گذاری مسافت طولانی را طی می‌کنند و به ساحل می‌روند و **پس از تخم‌گذاری** دوباره به کمک میدان مغناطیسی زمین جهت‌یابی کرده و به دریا بازمی‌گردند.

خواب زمستانی و رکود تابستانی

صفات غریزی می‌باشند و یادگیری نیست.

خواب زمستانی

- برخی جانوران برای بقا، در زمستان، خواب زمستانی دارند.
- جانور به خواب عمیقی فرو می‌رود.
- دورهٔ کاهش فعالیت در خواب زمستانی
  - دمای بدن کاهش می‌یابد.
  - مصرف اکسیژن کاهش می‌یابد.
  - تعداد تنفس کم می‌شود.
  - نیاز جانور به انرژی کم می‌شود.
- پیش از ورود به خواب زمستانی، جانور مقدار **زیادی** غذا مصرف می‌کند ← ذخیره به صورت **چربی** دارد ← در خواب زمستانی، آن را مصرف می‌کند.

رکود تابستانی

- در جانورانی دیده می‌شود که در جاهای به شدت گرم مانند بیابان زندگی می‌کنند.
- یک دورهٔ کاهش فعالیت که سوخت‌وساز جانور کاهش می‌یابد.
- در پاسخ به نبود غذا یا دوره‌های خشک‌سالی
- در برخی **لاک‌پشتان** به دلیل غریزی بودن ← حتی در صورت غذای کافی نیز به رکود تابستانی می‌روند.

گفتار ۳

ارتباط بین جانوران

از طریق
- تولید صدا ← صدای جیرجیرک نر
  - در تحریک پردهٔ صماخ روی پاهای جلویی جیرجیرک ماده مؤثر است.
  - اطلاعاتی مانند **گونه** و **جنس** را به اطلاع جیرجیرک ماده می‌رساند.
- علامت‌های دیداری ← بین زنبورهای کارگر / طاووس نر و ماده
- بو و فرومون ← زنبورها
- لمس کردن ← جوجه کاکایی با لمس منقار والد

در نتیجهٔ این ارتباط رفتار جانور تغییر می‌کند.

در زنبورهای عسل
- زنبورهای کارگر که ماده هستند
  - قدرت تخمک‌زایی، لقاح و بکرزایی ندارند.
  - شهد و گردهٔ گل‌ها را جمع‌آوری کرده و به کندو می‌آورند.
- زنبور کارگر یابندهٔ منبع جدید ← به کندو برمی‌گردد ← با انجام حرکات ویژه و صدای وزوز متفاوت ← انتقال اطلاعات به زنبورهای کارگر دیگر
  - دریافت اطلاعات توسط زنبورهای کارگر دیگر
  - زنبورهای کارگر دیگر ← با این اطلاعات و به کمک **بویایی** خود ← محل دقیق غذا و منبع جدید را پیدا می‌کنند.
- انتقال اطلاعات از طریق حرکات زنبور کارگر یابنده
  - فاصلهٔ تقریبی کندو تا محل منبع غذا
  - جهتی را که باید پرواز کنند.
  - برای سایر کارگرها مشخص می‌شود.
- هرچه حرکات طولانی‌تر باشد ← محل منبع غذا دورتر است.
- فواید این ارتباط
  - صرف انرژی کمتر
  - زمان کوتاه برای پیدا کردن محل دقیق منبع غذا

زندگی گروهی

برخی از جانوران زندگی گروهی دارند ← جانوران در زندگی گروهی باید با هم ارتباط داشته باشند.
مورچه و گرگ به شکل گروهی زندگی می‌کنند ← در جمعیت با هم همکاری دارند.

مزایا
- جانوران از زندگی گروهی سود می‌برند.
- احتمال شکار شدن جانور در گروه کمتر است.
- دسترسی به منابع غذایی نیز ممکن است افزایش یابد.
- شکار گروهی موفقیت بیشتری دارد ← احتمال دسترسی به شکار با اندازهٔ بزرگ‌تر بیشتر می‌شود.

اجتماع مورچه‌ها
از گروه‌هایی تشکیل شده‌اند که در اندازه، شکل و کارهایی که انجام می‌دهند، تفاوت دارند.
انواع
- مورچهٔ برگ‌بُر کارگر
  - اندازه‌های متفاوتی دارند.
  - بزرگ‌ترها، برگ را برش می‌دهند و به لانه حمل می‌کنند و کوچک‌ترها روی برگ می‌مانند و از آن دفاع می‌کنند.
  - قطعه‌های برگ را به عنوان کود آلی برای پرورش نوعی قارچ که از آن تغذیه می‌کنند، به کار می‌برند.
- مورچه‌های روی برگ درخت آکاسیا ← به پستانداران کوچک، حشرات و گیاهان دارزی مزاحم حمله می‌کنند.
  - **از برگ** آن به عنوان قلمرو و مواد غذایی استفاده می‌کنند.

رفتار دگرخواهی

تعریف: نوعی زندگی گروهی و رفتاری است که در آن یک جانور، بقا و موفقیت تولیدمثلی جانور دیگری را با هزینهٔ کاسته شدن از احتمال بقا و تولیدمثل خود افزایش می‌دهد.
در اثر انتخاب طبیعی سبب حفظ گروه و بقای ژن‌های گروه می‌شود.

به نفع دیگران

نسبت به خویشاوندان
- جانوران نگهبان (*مثل رم‌صایر*) و زنبورهای عسل کارگر
- مزایا
  - افراد نگهبان با تولید صدا حضور شکارچی را هشدار می‌دهند.
  - زنبورهای عسل کارگر نگهداری و پرورش زاده‌های ملکه را برعهده دارند ← زنبورهای کارگر، ماده‌های **نازا** هستند که حاصل لقاح بوده‌اند نه بکرزایی!
  - خویشاوندان نگهبان، زادآوری کرده و ژن‌های مشترک را به نسل بعد منتقل می‌کنند.
- معایب
  - احتمال بقای نگهبانان کاهش می‌یابد.
  - جلب توجه شکارچی به سمت آن‌ها زیاد می‌شود.

لزوماً نسبت به خویشاوندان نیست
- خفاش‌های خون‌آشام به‌طور گروهی درون غارها یا سوراخ درختان زندگی می‌کنند.
- غذای آن‌ها، خون **پستانداران** بزرگ (*مثل رام‌ص*) است ← خفاشان، خونی که خورده‌اند را با هم به اشتراک می‌گذارند.
- خفاش‌های سیر، **کمی** از خون خورده شده را برای تغذیهٔ خفاش گرسنه برمی‌گردانند.
- خفاش گرسنه‌ای که غذا دریافت کرده، در آینده کار خفاش دگرخواه را باید جبران کند.
- در صورت عدم جبران، این خفاش از اشتراک غذا کنار گذاشته می‌شود.
- این رفتار در اثر **انتخاب طبیعی** به بقای آن‌ها منجر می‌شود.

به نفع خود و گروه
در میان پرندگان، انواع **یاریگری** هستند که در پرورش زاده‌ها، به والدین دیگر خانواده‌ها یاری می‌رسانند.
- مزایا
  - احتمال بقای زاده‌ها افزایش می‌یابد ← سبب بقای گروه می‌شود.
  - پرندهٔ یاریگر تجربه کسب می‌کند (*با کمک به‌والدین صاحب لانه*).
  - با مرگ احتمالی جفت‌های زادآور، **قلمرو** آن‌ها را تصاحب و خود زادآوری می‌کنند ← در آینده سبب قلمروخواهی می‌شود.
- یاریگرها اغلب پرنده‌های **جوان** هستند.



«مورچهٔ بزرگ‌تر کارگری است که برگ را برش داده و به لانه حمل می‌کند و مورچه‌های کوچک‌تر که روی برگ قرار دارند، از آن دفاع می‌کنند.»



«خفاش خون‌آشام از خون پستانداران تغذیه می‌کند.»