درسنامهٔ درختی زیست‌شناسی یازدهم

یاخته‌های بافت عصبی

یاختهٔ عصبی (نورون)

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

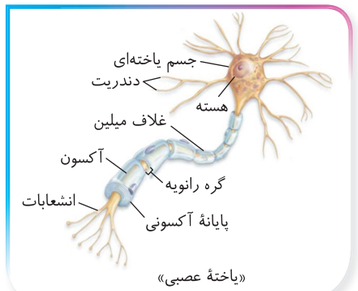
- یاخته‌ای هسته‌دار با قدرت تقسیم می‌باشد که در اطراف نورون‌ها وجود دارد ولی پیام عصبی تولید نمی‌کند.
- پوششی به نام غلاف میلین می‌سازد و دور رشته‌های بسیاری از نورون‌ها را می‌پوشاند.
- این یاختهٔ غیرعصبی، به دور رشتهٔ عصبی نورون می‌پیچد و میلین ناپیوسته عایق را می‌سازد.
- انواع گوناگونی دارند و تعداد آن‌ها چند برابر یاخته‌های عصبی می‌باشد (*از نورون‌ها کوچک‌ترند*).
- این یاخته‌ها، **دارایست‌هایی** 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

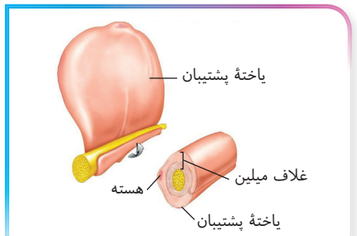
- منطقه‌ای در غشای بخش رشته‌ای نورون‌ها می‌باشد که در تماس با مایع بین‌یاخته‌ای می‌باشد.
- میلین در این گره‌ها وجود ندارد.
- پیام عصبی در این گره‌ها به صورت جهشی به سمت انتهای رشتهٔ دندریتی یا آکسونی هدایت می‌شود.
- در نورون‌های بدون میلین و در جسم یاخته‌ای هر نورونی وجود ندارند.

انواع یاخته‌های عصبی

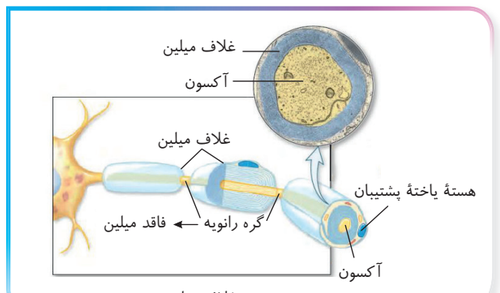
- **نورون حسی**
  - پیام‌های حسی را از گیرنده‌های حسی به بخش **مرکزی** دستگاه عصبی (*مغز و نخاع*) می‌آورند.
  - اغلب دندریت دراز میلین‌دار و آکسون کوتاه میلین دارند که هر دو از یک نقطهٔ جسم یاخته‌ای خارج می‌شوند.
  - پیام عصبی خود را از طریق آکسون، به یاختهٔ عصبی دیگری منتقل می‌کند.
- **نورون رابط**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



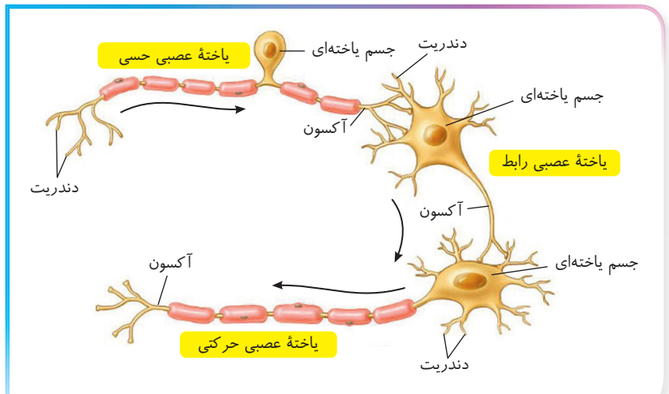
«یاختهٔ عصبی»



«چگونگی ساخت غلاف میلین»



«غلاف میلین»



«انواع یاخته‌های عصبی»

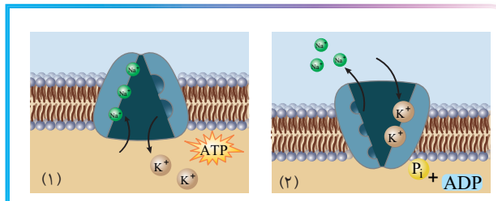
تحریک‌پذیری و ایجاد پیام عصبی در نورون‌ها

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

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.

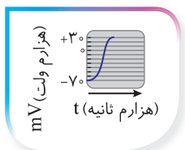
- همگی در جهت شیب غلظت یون خود را بدون صرف انرژی منتقل می‌کنند.
- نشتی سدیمی ← فاقد دریچه است ← همواره سدیم را به سمت داخل یاخته می‌آورد.
- نشتی پتاسیمی ← فاقد دریچه است ← همواره پتاسیم را به سمت خارج یاخته می‌برد ← تعداد آن از نشتی سدیمی بیشتر است.

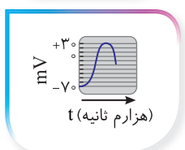
پتانسیل عمل
- در اثر تحریک یاختهٔ عصبی، در محل تحریک به‌طور ناگهانی، داخل نورون ابتدا مثبت‌تر می‌شود و پس از زمان کوتاهی دوباره به آرامش می‌رسد.

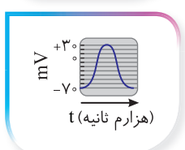
ابتدای پتانسیل عمل (بالاروی نمودار)
- ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و ورود سدیم زیاد به نورون درون یاخته را از ۷۰− تا ۳۰+ تغییر می‌دهد.
- کانال‌های نشتی همواره بازند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌مانند.

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.





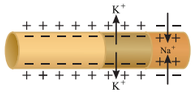


هدایت پیام عصبی

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

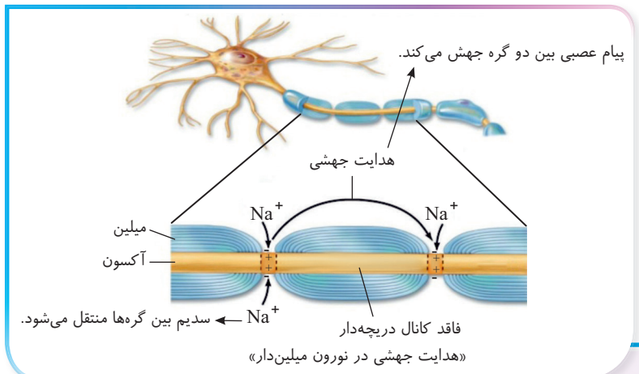
- در نورون‌های بدون میلین و در جسم یاخته‌ای هر نورونی صورت می‌گیرد.
- هر قسمتی که دارای پتانسیل عمل می‌شود، در قسمت قبلی آن آرامش ایجاد می‌شود و سبب تحریک قسمت بعد از خود می‌شود.
- در نورون‌های هم‌قطر، سبب جلو رفتن پیام عصبی با سرعت کمتر از هدایت جهشی می‌شود.



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 (*همایه*)، **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، غدهٔ 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.

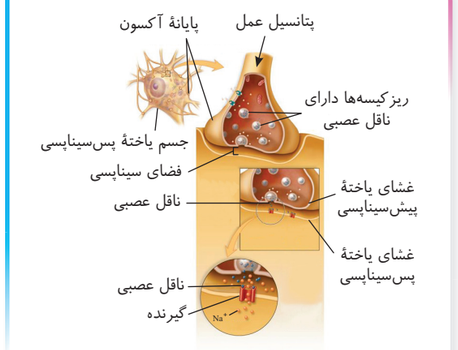
ناقل عصبی هیچ‌گاه وارد یاختهٔ پس‌سیناپسی نمی‌شود.

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

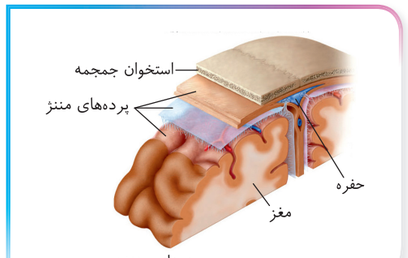
دستگاه عصبی مرکزی

- 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.
- **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.
  - منتژ
    - 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.
- **اجزای آن**
  - مغز
  - نخاع

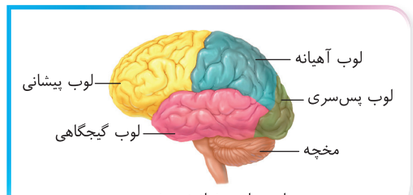
سه بخش اصلی مغز

- **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.

«برش عرضی مغز و نخاع»



«پرده‌های مننژ»



«لوب‌های مخ از نیمرخ»

«لوب‌های مخ از بالا»

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.

ساختارهای دیگر مغزی

تالاموس‌ها

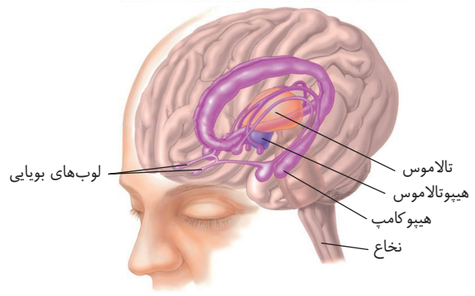
- محل پردازش **اولیه** و تقویت **اغلب** اطلاعات حسی هستند ← سپس آن‌ها را برای پردازش نهایی به بخش‌هایی از قشر مخ می‌فرستد.
- زیر رابط پینه‌ای و بالای ساقهٔ مغز می‌باشد.
- در پردازش حس بویایی نقشی ندارد.

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)

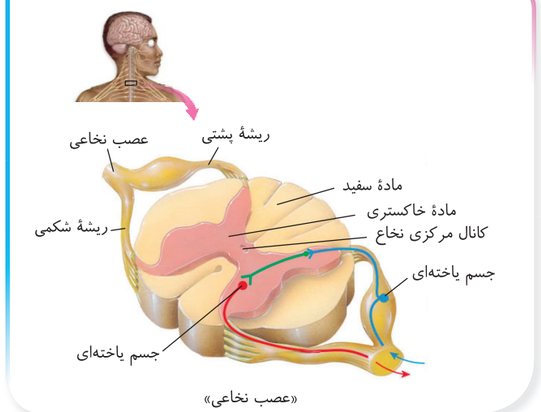
- از بالا با قشر مخ و از پایین با تالاموس و هیپوتالاموس ارتباط دارد و از جلو به لوب‌های بویایی متصل می‌باشد.
- در احساساتی مثل ترس، خشم، لذت، حافظه و یادگیری مؤثر است.
- اسبک مغز (*هیپوکامپ*)
  - قسمتی از لیمبیک است که در تشکیل حافظه و یادگیری نقش دارد.
  - در اثر تخریب یا برداشتن آن، حافظهٔ جدید و کوتاه‌مدت 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** خارج‌کنندهٔ 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)

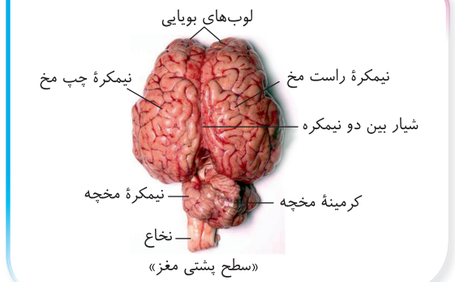
- کمترین مصرف الکل بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد ← در دستگاه گوارش به **سرعت** جذب می‌شود ← از غشای نورون‌های بخش‌های مختلف **مغز** عبور کرده و فعالیت آن را مختل می‌کند.
- الکل علاوه بر دوپامین، بر فعالیت انواع انتقال دهنده‌های عصبی تحریکی یا مهاری اثر می‌گذارد.
- فعالیت‌های بدن را کاهش داده، اختلال در 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

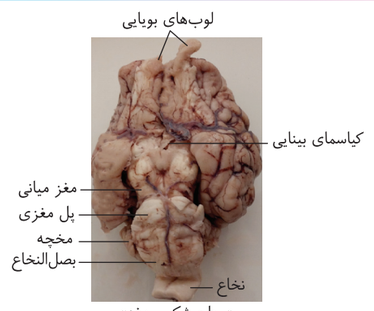
بخش‌های خارجی مغز

- 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»

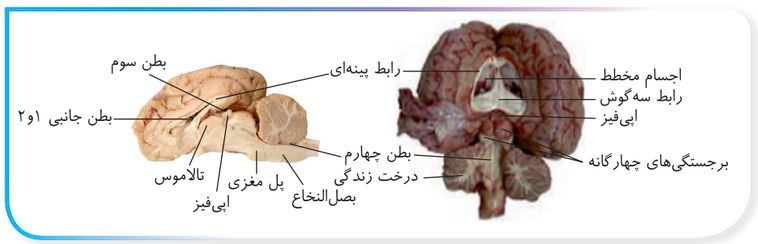
- ب) مشاهدهٔ سطح شکمی: از بالا به پایین، لوب‌های بویایی، کیاسمای بینایی، مغز میانی، پل مغزی، مخچه، بصل‌النخاع و در ادامه بخشی از نخاع را می‌بینیم (*ساقهٔ مغز در این نما کامل دیده می‌شود*).



«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 (*پاد هم‌حس*)
    - 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

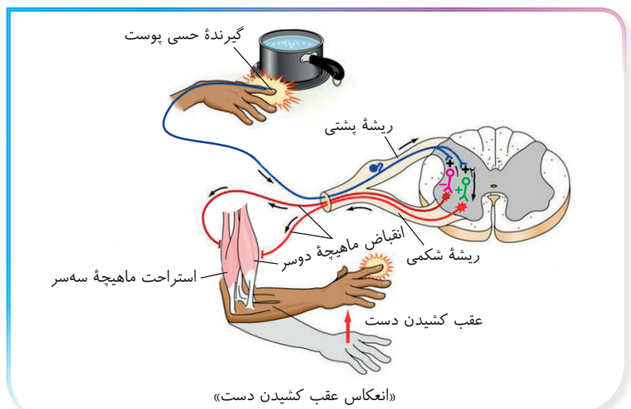
- اگر با عضلات صاف صورت گیرد (*مثال انعکاس تخلیهٔ مثانه*) ← تحت کنترل اعصاب خودمختار است.
- اگر با عضلات اسکلتی صورت گیرد (*انعکاس عقب کشیدن دست*) ← تحت کنترل اعصاب پیکری است.

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 *حس*، 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.

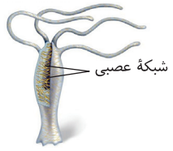


«انعکاس عقب کشیدن دست»

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

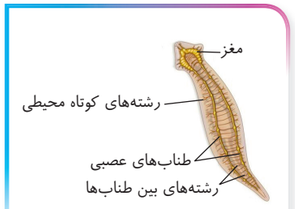
- **ساده‌ترین** تقسیم‌بندی مرکزی و محیطی را در سیستم عصبی دارد.

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

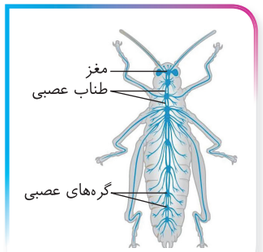
- رشته‌های کوچک‌تری متصل به طناب‌ها دارد ← این رشته‌ها فقط به یک طناب عصبی متصلند.



«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.

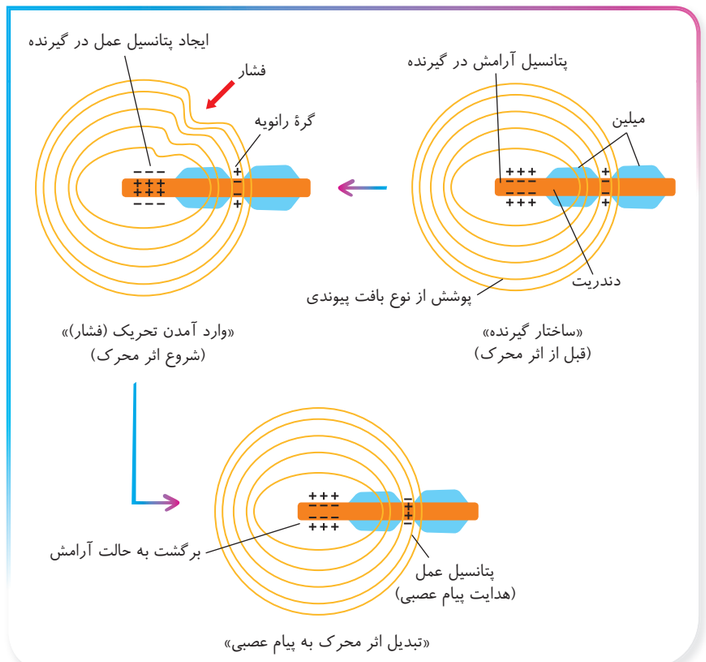
انواع
- برحسب **نوع محرک** خود طبقه‌بندی می‌شوند.
- انواع مکانیکی (*شنوایی، تعادلی، تماسی و وضعیتی*)، شیمیایی (*بویایی، چشایی*)، دمایی، نوری و درد دارند.

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

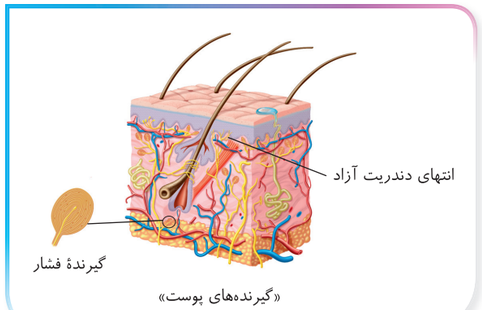
حواس پیکری

- 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، عمقی‌تر 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

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.

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.

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

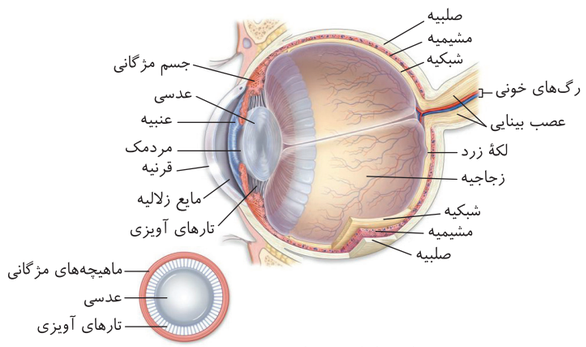
- مادهٔ **ژله‌ای** شفافی در فضای پشت عدسی می‌باشد که با عدسی، جسم مژگانی، شبکیه و تارهای آویزی متصل به عدسی در تماس می‌باشد.
- انشعابات رگ‌های خونی در آن قرار دارد و سبب حفظ شکل کروی چشم می‌شود.
- حجم و فضای بیشتری از زلالیه را پر می‌کند.

ماهیچه‌های چشم

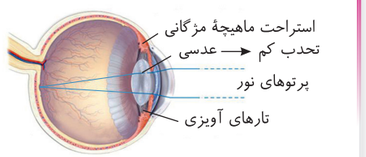
- اتصال دهندهٔ چشم به کاسهٔ چشم ← ماهیچهٔ اسکلتی است ← تحت کنترل اعصاب پیکری است.
- ماهیچه‌های درون چشم (*مژگان، عنبیه و دیوارهٔ رگ‌ها*)
  - ماهیچهٔ صاف است ← تحت کنترل اعصاب خودمختار است.
  - دو شکل دارد
    - حلقوی ← در جسم مژگانی و عنبیه وجود دارند.
    - شعاعی ← فقط مخصوص عنبیه است.

سرخرگ ورودی به نقطهٔ کور چشم

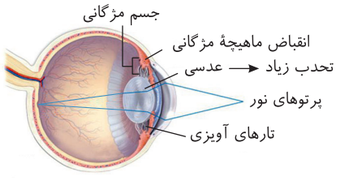
- در مجاورت سطح داخلی شبکیه قرار دارد.
- با مایع شفافِ ژله‌ای زجاجیه در تماس است و در آن منشعب می‌شود.
- به عنبیه و قرنیه غذا نمی‌دهد.



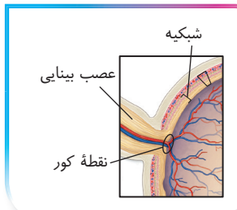
«بخش‌های تشکیل دهندهٔ کرهٔ چشم»



«تطابق برای دیدن اجسام دور»



«تطابق برای دیدن اجسام نزدیک»

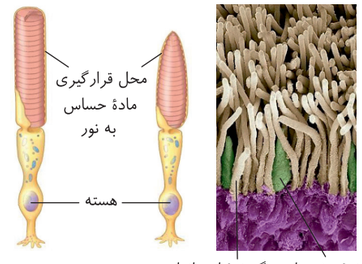


گیرنده‌های نوری

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.

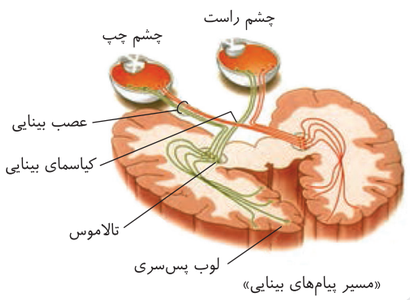


«گیرنده‌های نوری (رنگ‌های تصاویر واقعی نیستند)»

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

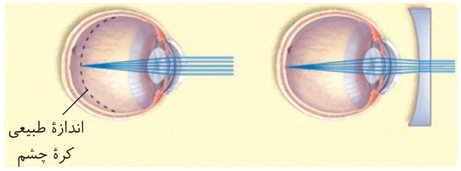
شکل ویژهٔ قرنیه، عدسی و کرهٔ چشم در تمرکز پرتوهای نوری روی شبکیه و دید واضح نقش مهمی دارند.

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.

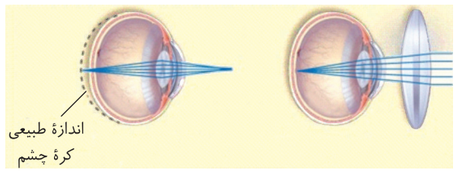
دوربینی
- یا کرهٔ چشم این افراد از اندازهٔ طبیعی **کوچک‌تر** است و یا تحدب عدسی آن‌ها **کمتر** از حد عادی شده است.
- در این افراد پرتوهای نور اجسام دور روی شبکیه متمرکز می‌شوند ولی پرتوهای اجسام نزدیک **در پشت** شبکیه متمرکز می‌شوند.
- این افراد برای دیدن اجسام **نزدیک** نیاز به عینک **همگرا** دارند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

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.

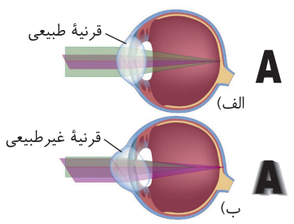
پیرچشمی
- این بیماری با **افزایش سن** رخ می‌دهد و انعطاف‌پذیری عدسی چشم آن‌ها **کم** می‌شود.
- تطابق در این افراد دچار مشکل می‌شود.
- اصلاح آن‌ها با عینک‌های ویژه می‌باشد.



«چشم نزدیک‌بین و اصلاح آن»



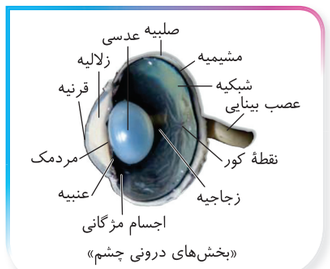
«چشم دوربین و اصلاح آن»



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

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»

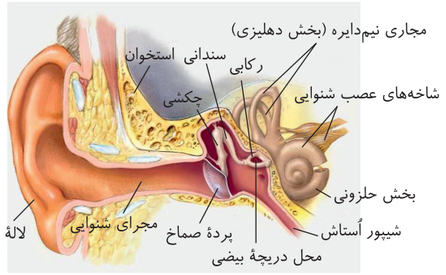
«بالا و پایین چشم»

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



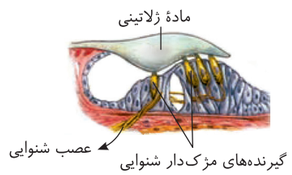
«بخش‌های تشکیل دهندهٔ گوش»

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

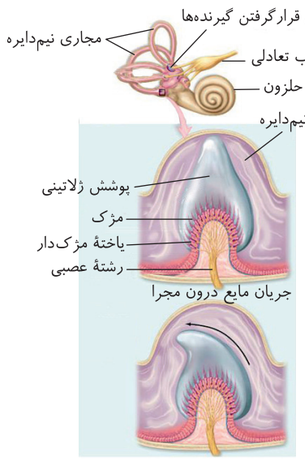
- کاملاً در استخوان گیجگاهی قرار دارد و حاوی بخش حلزون‌مانند و گیرنده‌های مژک‌دار شنوایی می‌باشد.
- امواج صوتی ← مجرای شنوایی ← لرزش یا ارتعاش پردهٔ صماخ ← ارتعاش استخوان‌های چکشی، سندانی و رکابی ← لرزش دریچهٔ بیضی ← لرزش مایع بخش حلزونی ← تحریک گیرندهٔ مکانیکی شنوایی
- کف استخوان رکابی گوش میانی به 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»

برای حفظ تعادل

هر گیرندهٔ شنوایی یا تعادلی آن، از نوع **مکانیکی** مژک‌دار می‌باشد که در گوش درونی قرار دارد.

- گیرنده‌های وضعیتی از حواس پیکری
- گیرنده‌های تعادلی گوش درونی از حواس ویژه

پیام خود را به مغز (*به ویژه مخچه*) می‌دهند.

پوشش ژلاتینی گوش درونی

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.

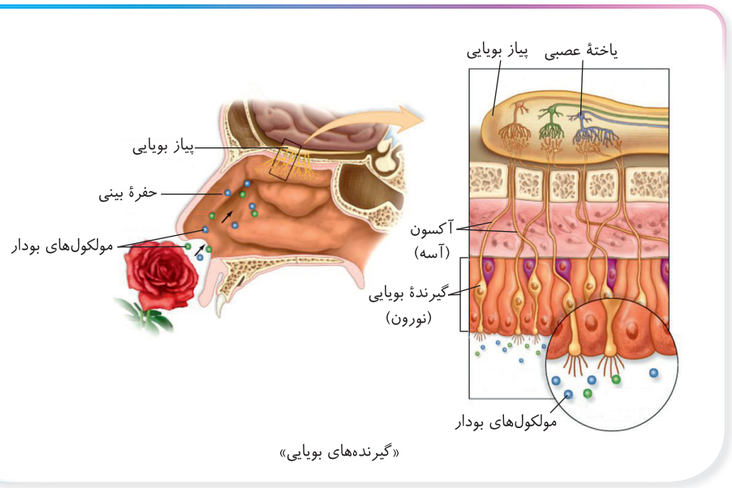
در بخش دهلیزی

- 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.

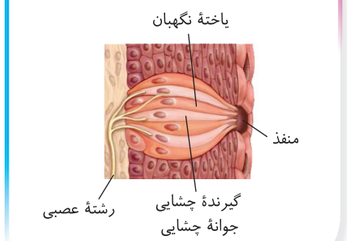
چشایی

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

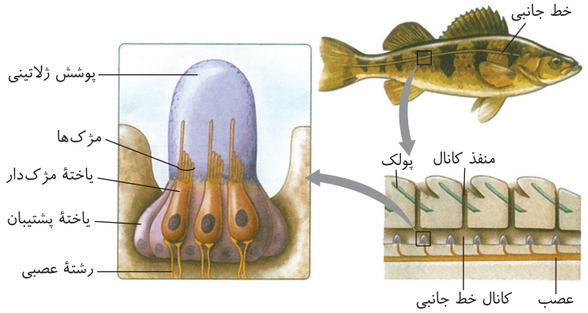
- ماهیت پیام‌های عصبی ایجاد شده در گیرنده‌های حسی متفاوت بدن، **یکسان** می‌باشد ولی مغز آن‌ها را به شکل‌های متفاوتی تفسیر می‌کند.
- پیام‌های عصبی هر گیرندهٔ حسی به بخش یا بخش‌های ویژه‌ای از دستگاه عصبی مرکزی و قشر مخ وارد می‌شوند.
- انسان در حالت طبیعی قادر به دریافت برخی محرک‌ها مثل پرتوهای فرابنفش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

گفتار ۳

گیرنده‌های حسی در سایر جانوران

گیرندهٔ مکانیکی خط جانبی ماهی‌ها

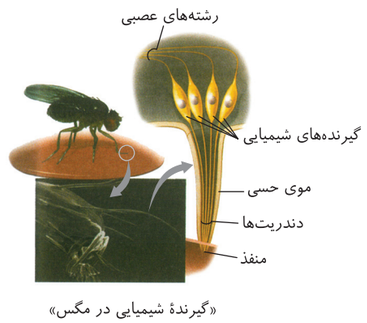
- در دو سوی جانبی بدن ماهی‌ها، ساختاری به‌نام خط جانبی در کانال **زیر** پوست وجود دارد.
- خط جانبی از راه سوراخ‌هایی با محیط بیرون ارتباط دارد.
- درون کانال، یاخته‌های مژک‌داری وجود دارد که مژک‌های آن‌ها با طول متفاوت با مادهٔ ژلاتینی در تماس می‌باشند. این یاخته‌های حسی از طرف دیگر با چند دندریت یا رشتهٔ 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.



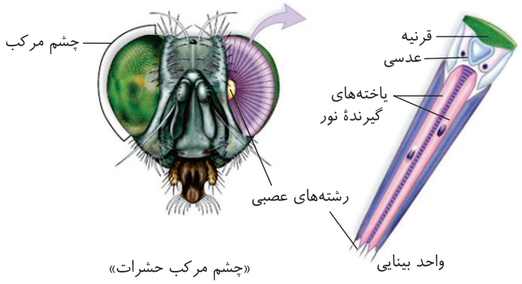
«گیرندهٔ شیمیایی در مگس»

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.



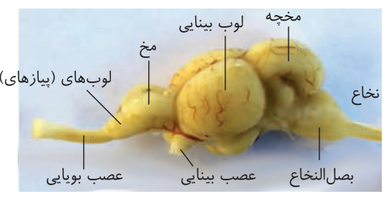
«چشم مرکب حشرات»

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.

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

ساختار استخوان‌ها

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.

ساختار استخوان دراز

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 مغز استخوان*)، به مغز قرمز تبدیل می‌شود.

«انواع استخوان»

تشکیل استخوان‌ها

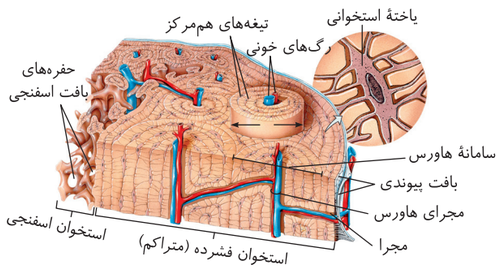
- در دوران جنینی ابتدا از بافت نرم **غضروفی** هستند و به تدریج با افزودن نمک **کلسیمی** سفت می‌شوند.
- یاخته‌های استخوانی **تا اواخر سن رشد**، مادهٔ زمینه‌ای محکم ترشح می‌کنند و تودهٔ استخوانی متراکم‌تر می‌شود.
- با افزایش سن و **کم‌کار** شدن **یاختهٔ** استخوانی، تراکم تودهٔ استخوانی به تدریج کم می‌شود.
- 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 صفرا و یا جذب در روده باریک*).
- نوشیدنی الکلی، نوشابهٔ گازدار و اختلال در ترشح برخی هورمون‌ها (*کمبود هورمون جنسی، زیادی پاراتیروئیدی‌ها و کمبود کلسی‌تونین*) سبب آن می‌شود.



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

اسکلت انسان

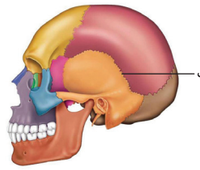
اجزا:

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.

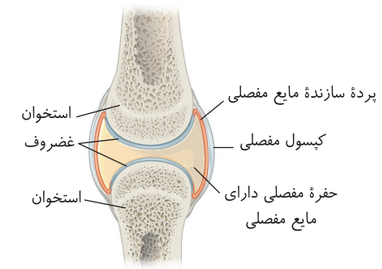
انواع

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»

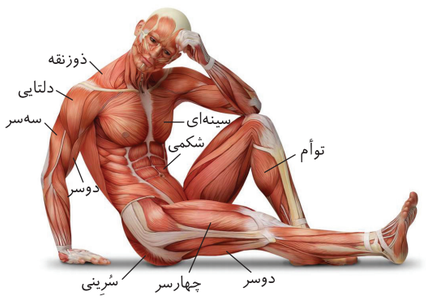
وظایف اسکلت استخوانی بدن انسان

- **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

ویژگی‌های کلی

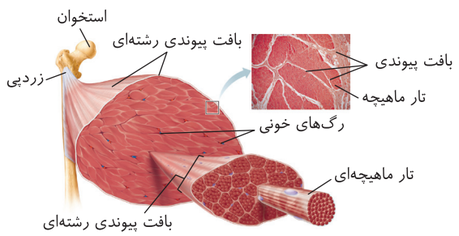
- بیش از ۶۰۰ تا در بدن انسان وجود دارند ← با انقباض خود سبب **بسیاری** از حرکات بدن می‌شوند.
- **بسیاری** از آن‌ها به صورت جفت عمل کرده و سبب حرکت می‌شوند
  - انقباض ماهیچهٔ دوسر جلوی بازو ← ساعد را جلو یا بالا می‌برد
    - از پایین به زند زبرین متصل است.
    - از بالا به بازو و کتف متصل است.
  - انقباض 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.

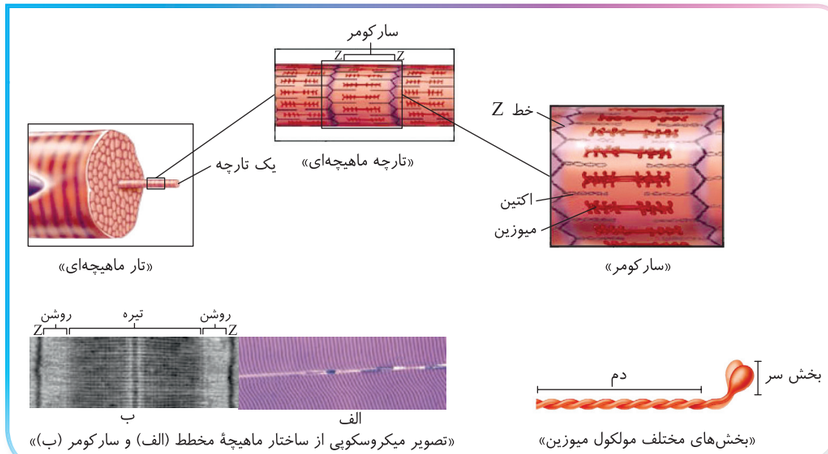


«ساختار ماهیچهٔ اسکلتی»

تکات ماهیچه‌های اسکلتی

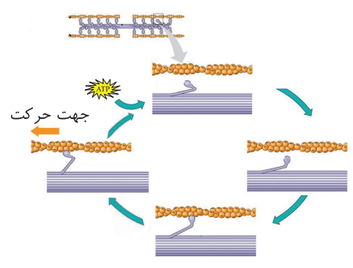
ساختار یاخته یا تار ماهیچه‌ای

- 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.



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 (*کانال‌های 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.



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.

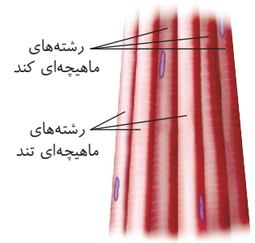
کرآتین فسفات
- مولکولی اختصاصی در ماهیچه‌ها به منظور تولید ATP در سطح پیش‌مادهٔ آلی می‌باشد.
- با اتصال گروه فسفات آن به ADP، مولکول ATP تولید می‌شود و سپس کرآتینین دفعی کلیوی ایجاد می‌شود.
- کرآتین فسفات $+ ADP$ ← ATP + کرآتین
- کرآتین (ماهیچه) ← کرآتینین ← خون ← کلیه ← مادهٔ زائد نیتروژن‌دار دفعی

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.

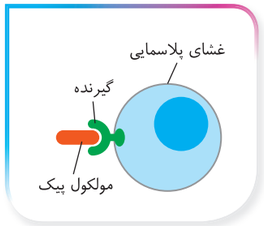
اسکلت بیرونی
- در حشرات و سخت‌پوستان وجود دارد که سبب کمک به حرکت و حفاظت از بدن می‌شود (*مانند اسکلت محوری انسان عمل می‌کند*).
- با افزایش اندازهٔ جانور ← اسکلت خارجی هم بزرگ‌تر و ضخیم‌تر می‌شود.
- اسکلت خارجی بزرگ‌تر ← سنگین‌تر شدن جانور ← محدودیت بیشتر حرکات جانور
- اندازهٔ جانوران دارای اسکلت خارجی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

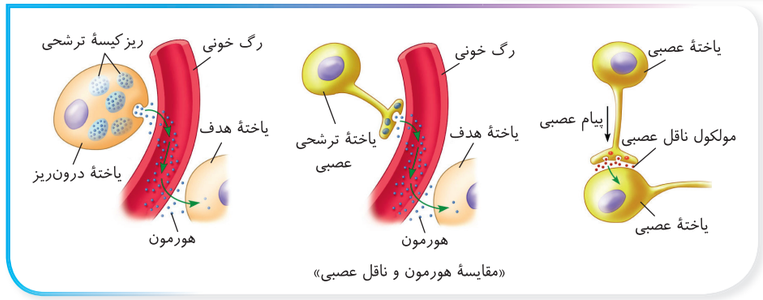
تعریف پیک شیمیایی
- مولکولی است که پیام یاختهٔ سازنده را به یاختهٔ هدف اختصاصی خود می‌رساند.
- هر پیکی، فقط بر یاختهٔ هدفی اثر می‌کند که گیرندهٔ اختصاصی آن پیک را داشته باشد.
- برخورد پیک شیمیایی به گیرندهٔ اختصاصی ← تغییر در یاختهٔ هدف ایجاد می‌کند.
- گیرندهٔ اختصاصی اغلب پیک‌ها، به صورت سراسری در عرض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

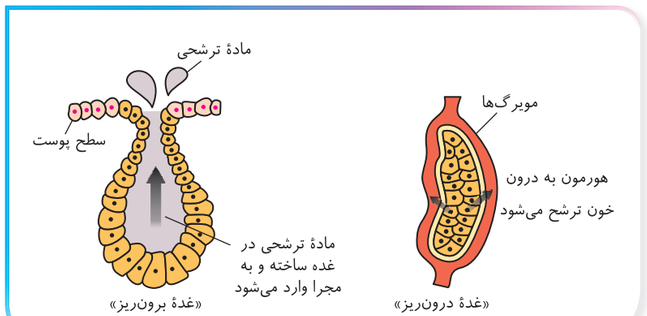
هر نوع پیک شیمیایی، پس از تولید، ابتدا با اگزوسیتوز وارد فضای بین‌یاخته‌ای یا محیط داخلی می‌شود.
برخی هورمون‌ها برخلاف پیک‌های کوتاه‌برد، می‌توانند وارد یاختهٔ هدف شوند.
ناقل عصبی برخلاف هورمون می‌تواند پس از پایان فعالیت، دوباره به یاختهٔ سازندهٔ خود (پیش‌سیناپسی) برگردد.

غده‌های بدن

غدهٔ برون‌ریز
- 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 درون‌ریز
- اغلب حاوی یاخته‌های پوششی به هم فشرده می‌باشند.
- 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.

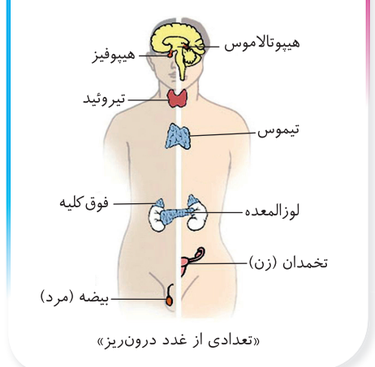


«غدهٔ برون‌ریز» «غدهٔ درون‌ریز»

اجزای دستگاه 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 فوق‌کلیه، 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

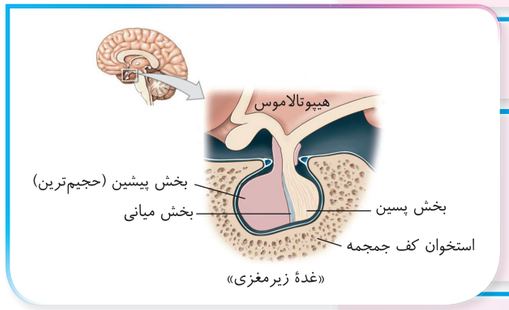
غدد درون‌ریز مهم بدن

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 پیازک مغز را هم 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.

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.

هورمون‌ها

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

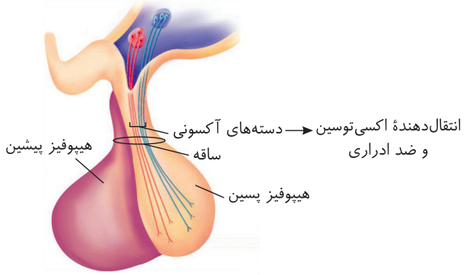
- بر روی فعالیت سایر غدد درون‌ریز مؤثرند.
- محرک تیروئید ← فعالیت غدهٔ تیروئید و ترشح هورمون‌های آن را کنترل می‌کند.
- محرک فوق‌کلیه ← فعالیت و ترشح هورمون‌های غدد فوق‌کلیه را تنظیم می‌کند.
- محرک جنسی *FSH* ← با تأثیر بر یاخته‌های سرتولی در مردان، سبب تمایز اسپرم‌سازی شده و رشد فولیکول در زنان را تنظیم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

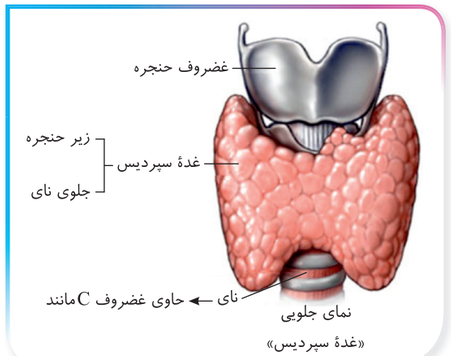
- قدرت تولید هورمون ندارد.
- ذخیره‌کنندهٔ هورمون‌های اکسی‌توسین و ضد ادراری هیپوتالاموسی می‌باشد ← این هورمون‌ها از طریق دسته‌های آکسونی به هیپوفیز پسین می‌رسند.
- اکسی‌توسین و ضد ادراری را در موقع نیاز وارد خون می‌کند ← در خروج جنین از رحم و خروج شیر از غده‌های شیری و تنظیم آب در کلیه مؤثرند.



«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.



«غدهٔ سپردیس»

هورمون‌ها

یددار تیروئیدی (T_3 و T_4)

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.

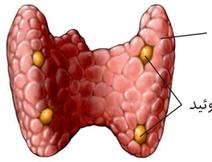
کمبود ید در غذا ← هورمون‌های تیروئیدی (T_3 و T_4) کم می‌شوند. ← سبب افزایش ترشح هورمون محرک تیروئیدی از هیپوفیز شده ← بازخوردی منفی ← غدهٔ تیروئید رشد کرده و بزرگ شده
- گواتر
- جذب ید بالا می‌رود.

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.

کلسی‌تونین

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.

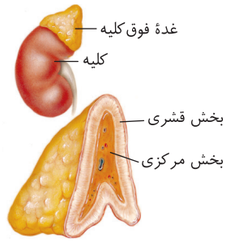
- **غدد پاراتیروئید**
  - چهار عدد در **پشت** غدهٔ تیروئید هستند ← هورمون پاراتیروئیدی برای **بالا بردن** کلسیم خون ترشح می‌کنند.
  - هورمون آن در پاسخ به کاهش کلسیم پلاسما ترشح می‌شود تا مقدار کلسیم خون تنظیم شود (*هم‌ایستایی کلسیم*).
  - افزایش غیرعادی ترشح آن ← سبب پوکی استخوان می‌شود.
  - **اعمال 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.



«غده‌های پاراتیروئید»

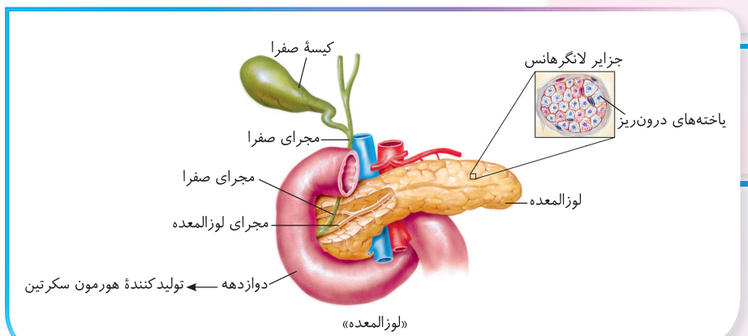
نکته فعالیت غدد تیروئید و پاراتیروئید با تنظیم کلسیم خون در انقباض عضلات بدن، تنظیم قطر رگ‌ها و انعقاد خون مؤثر است.

- **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*).



«غدهٔ فوق‌کلیه»

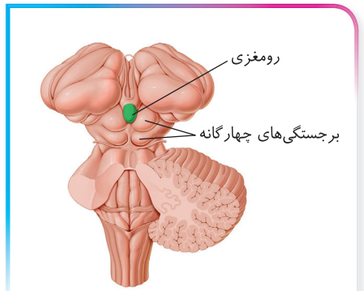
- **لوزالمعده (پانکراس)**
  - **بخش برون‌ریز**
    - آنزیم‌های گوارشی و بیکربنات را وارد دوازدهه می‌کند.
    - در گوارش نهایی غذا و ایجاد محیط قلیایی در دوازدهه مؤثر است.
  - **بخش درون‌ریز (جزایر لانگرهانس)**
    - مجموعه‌ای از یاخته‌های متمرکز درون‌ریز دارد که در بین بخش برون‌ریز قرار دارد ← به آن‌ها 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 (جنسی)
- 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.

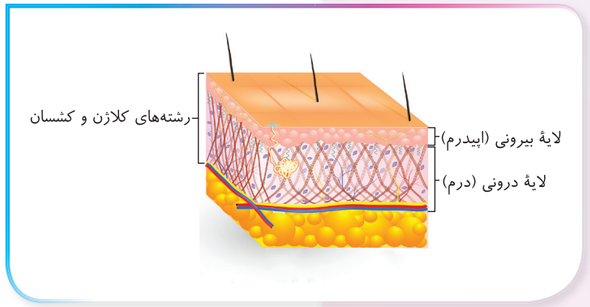
تنظیم بازخوردی منفی (خودتنظیمی منفی)
- مقدار بیشتر هورمون‌ها با این مکانیسم در خون تنظیم می‌شود.
- **افزایش** مقدار یک هورمون یا تأثیرات آن، باعث **کاهش** ترشح **همان** هورمون می‌شود.
- **کاهش** مقدار یک هورمون یا تأثیرات آن، باعث **افزایش** ترشح **همان** هورمون می‌شود.
- مثال
  - افزایش گلوکز پلاسما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

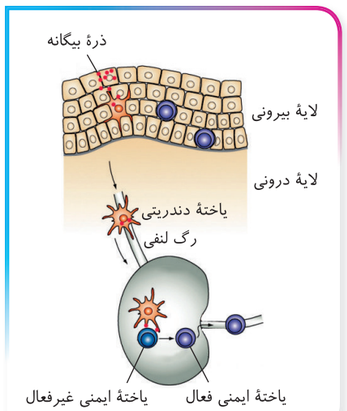
ماستوسیت‌ها

- 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.



«نحوهٔ عملکرد یاخته‌های دندریتی»

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.

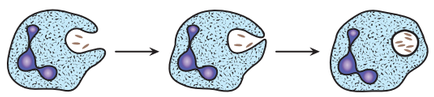
پاسخ التهابی
- همراه با آسیب بافتی رخ می‌دهد ← نوعی پاسخ موضعی است ← قرمزی، تورم، گرما و درد در موضع می‌دهد.
- با ورود میکروب ← ابتدا ماستوسیت‌های آسیب دیده، پیک شیمیایی کوتاه‌برد هیستامین رها می‌کنند
  - ورود گویچهٔ سفید به ناحیه زیاد می‌شود.
  - پلاسمای بیشتری به بیرون نشت می‌کند.
- یاخته‌های دیوارهٔ 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.



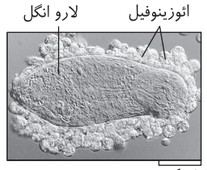
«بیگانه‌خواری نوتروفیل‌ها»

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.



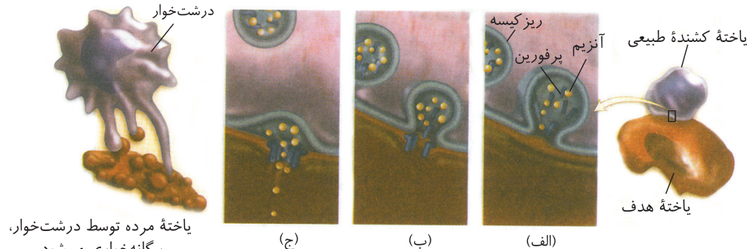
«ائوزینوفیل‌ها لارو انگل را احاطه کرده‌اند.»

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.

- 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.

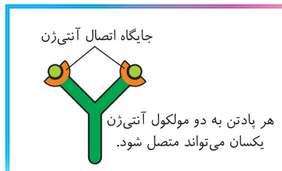
انواع

لنفوسیت B

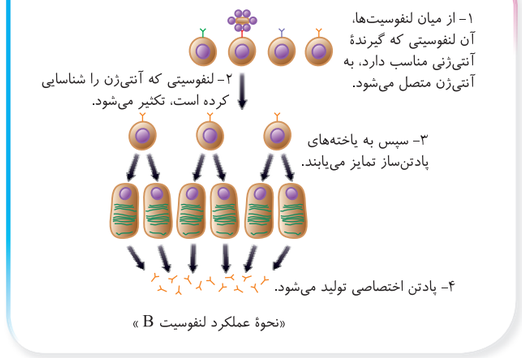
- در مغز قرمز استخوان ساخته شده و در همان‌جا بالغ می‌شوند ← پس از بلوغ و توانایی شناخت آنتی‌ژن وارد خون و محیط داخلی می‌شوند.
- آنتی‌ژن سطح میکروب یا ذرات محلول سم یا ویروسی را شناسایی کرده و به سرعت تکثیر می‌شوند.
- از تقسیم لنفوسیت B بالغ هم یاختهٔ پادتن‌ساز (*پلاسموسیت یا لنفوسیت B فعال*) و هم لنفوسیت 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.



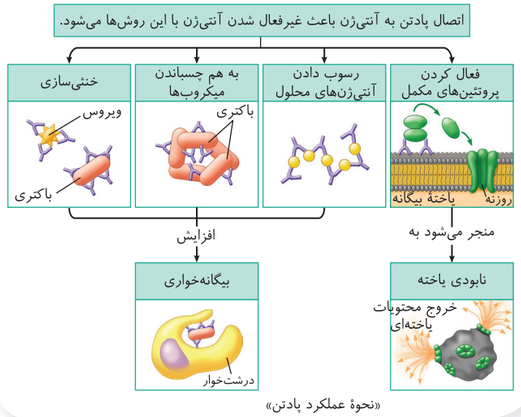
«مولکول پادتن»



«نحوهٔ عملکرد لنفوسیت B »

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

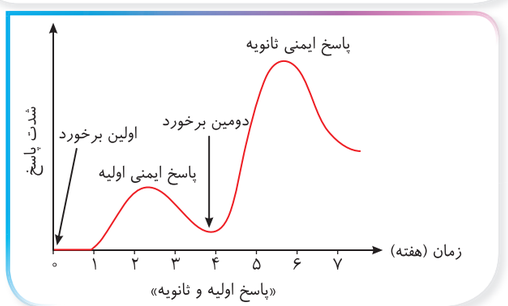
- از دفاع غیراختصاصی دیرتر عمل می‌کند.
- بعد از اولین برخورد با لنفوسیت، فعال می‌شود.
- در هفتهٔ اول پاسخی ندارد ← ولی بدن در حال تولید لنفوسیت خاطره و لنفوسیت‌های عمل‌کنندهٔ فعال می‌باشد.
- دو هفته بعد به حداکثر پاسخ می‌رسد ← مقدار پادتن یا پرفورین به حداکثر می‌رسد.

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.

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.



«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.
  - **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 (*مرمرک*) و افزایش نفوذپذیری آن‌ها با آب‌ریزش بینی و... می‌شود.
    - **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.
    - **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

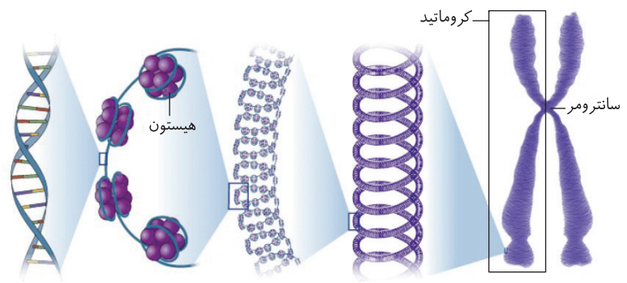
تعاریف پایه

مواد وراثتی درون هسته

- کروماتین (*خامینه*)
  - 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 (*تک‌خامینک*)
  - 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»

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* (*رِن*)، حدود دو دور در اطراف ۸ پروتئین هیستون پیچیده است.
- بین دو نوکلئوزوم فقط مولکول *DNA* وجود دارد که فشردگی کمی دارد.

تعداد کروموزوم

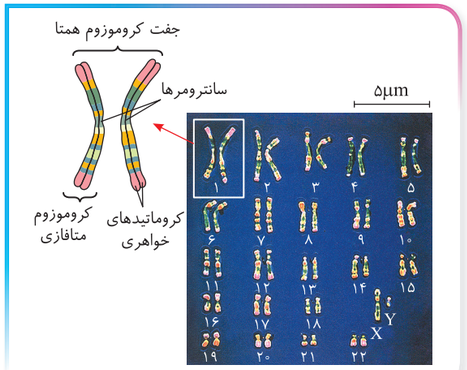
- به تعداد کروموزوم‌های هر گونه از جانداران در هر هسته یاخته‌های پیکری آن‌ها، عدد کروموزومی می‌گویند که تعداد معینی می‌باشد ← در انسان و درخت زیتون، عدد کروموزومی ۴۶ می‌باشد.
- به‌جز در باکتری‌ها، در سایر جانداران عدد کروموزومی از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.
- معمولاً جانوران در یاخته‌های پیکری و 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.

«ساختار یک کروموزوم دوکروماتیدی»

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.

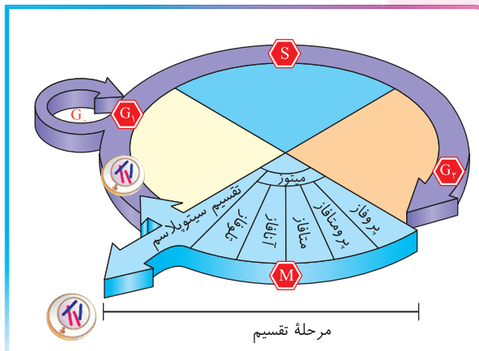
پلی‌پلوئید
- یاخته‌هایی با چند مجموعه کروموزوم می‌باشند ← کروموزوم‌های هر مجموعه، با هم غیرهمتا می‌باشند.
- مثلاً در $3n$ ها دارای کروموزوم‌هایی هستند که سه‌تا سه‌تا با هم همتا می‌باشند.
- در آندوسپرم $3n$ ذخیره‌ای دانهٔ نهاندانگان و در یاختهٔ پیکری موز $3n$ یا گندم زراعی $6n$ دیده می‌شوند.

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.



«مراحل مختلف چرخهٔ یاخته»

مراحل

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

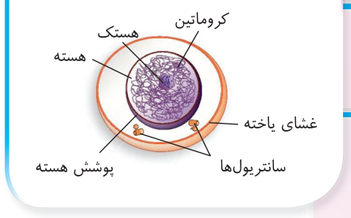
G_1 یا وقفهٔ اول
- مرحلهٔ رشد است که بیشترین زمان زندگی یاخته در این مرحلهٔ اینترفاز است و کروماتین‌ها **تک**کروماتیدی هستند.
- برخی یاخته‌ها مثل نورون‌ها به‌طور موقتی یا دائمی در این مرحله می‌مانند و به G_0 می‌روند.
- در آخر آن نقطهٔ وارسی برای اطمینان از سلامت DNA یاخته وجود دارد.
- یاخته‌های لنفوسیت 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 دنابسپاراز (*نوکلئاری و ویرایش*) 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.

تقسیم یاخته

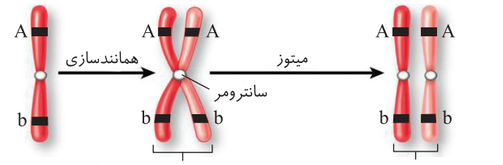
- شامل دو فرایند تقسیم هسته و سیتوپلاسم می‌باشد.
- تقسیم هسته ۵ مرحله دارد ← پروفاز، پرومتافاز، متافاز، آنافاز، تلوفاز
- در آخر متافاز دارای نقطهٔ وارسی برای اطمینان از اتصال دوک به کروموزوم‌ها می‌باشد.
- اولین مرحلهٔ آن، تقسیم هسته و دومین مرحلهٔ آن، تقسیم سیتوپلاسم است.
- در ابتدا و انتهای تقسیم هسته،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



گفتار ۲ تکات میتوز (رشتمان)

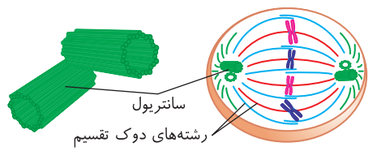
- تقسیمی ویژهٔ هستهٔ یوکاریوت‌ها است که مادهٔ ژنتیکی مضاعف شده در مرحلهٔ S اینترفاز، تقسیم می‌شود تا به‌طور مساوی به یاخته‌های جدید برسند.
- طی این تقسیم، کروموزوم‌های پراکنده در هسته ← به‌طور دقیق به وسط یاخته می‌آیند ← سپس به‌طور مساوی بین یاخته‌های دختری تقسیم می‌شوند.
- در هر یاخته‌ای از نظر عدد 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 می‌تواند لقاح کند ← گامت گیاهان و اسپرم زنبور عسل
- 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



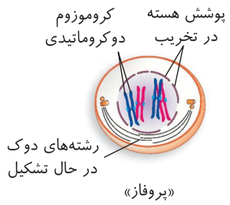
«طرح ساده‌ای از تقسیم کروموزوم‌ها و جدا شدن کروماتیدهای خواهری در میتوز»

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»

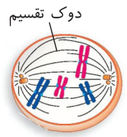
سانتریول (میانک)
- در یاخته‌های **جانوری** وجود دارد و ساخته شدن رشته‌های دوک را سازماندهی می‌کند.
- هرکدام یک جسم استوانه‌ای است که از ۹ دستهٔ ریزلولهٔ پروتئینی کوچک‌تر از دوک ایجاد شده است ← دستهٔ ریزلوله‌های سه‌تایی مجاور به هم متصلند.
- در اینترفاز و در مرحلهٔ G_2، دو برابر می‌شوند ولی در مرحلهٔ 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»

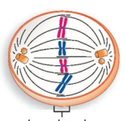
مراحل میتوز یاختهٔ $2n=4$

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.



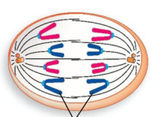
«پرومتافاز»

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.



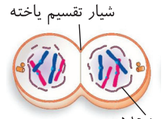
«متافاز»

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

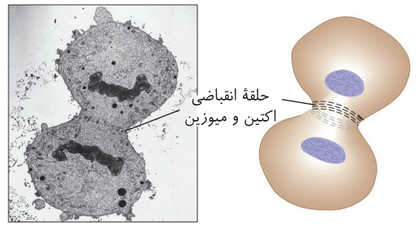
بعد از تقسیم هسته (*میتوز*)، ابتدا اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم شده و با تقسیم سیتوپلاسم، دو یاختهٔ جدید با ژن‌های مشابه ایجاد می‌شود.

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

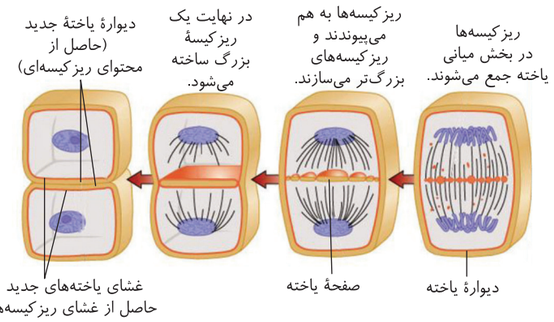
- برای تقسیم سیتوپلاسم ← در هر یاخته با قدرت تقسیم تولید می‌شود.
- برای انقباض یاخته ← ویژهٔ یاخته‌های عضلانی است.



«تقسیم سیتوپلاسم در یک یاختهٔ جانوری»

در یاخته‌های گیاهی

- حلقهٔ انقباضی تشکیل نمی‌شود.
- ابتدا با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و پیوستن آن‌ها به هم صفحهٔ یاخته‌ای در وسط یاخته (*محل ایجاد دیوارهٔ*) 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 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

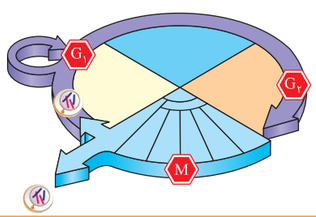
- ویژهٔ چرخهٔ یاخته‌ای در یوکاریوت‌هاست.
- پروتئین‌هایی تنظیمی در انتهای G_1 ، G_2 و متافاز تقسیم می‌باشند.
- این نقاط به یاخته اطمینان می‌دهند که
  - مرحلهٔ قبل کامل شده است.
  - عوامل لازم مرحلهٔ بعد، آماده و تولید شده است.

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.



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.

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 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 ← 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 (*محکم‌ترین 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

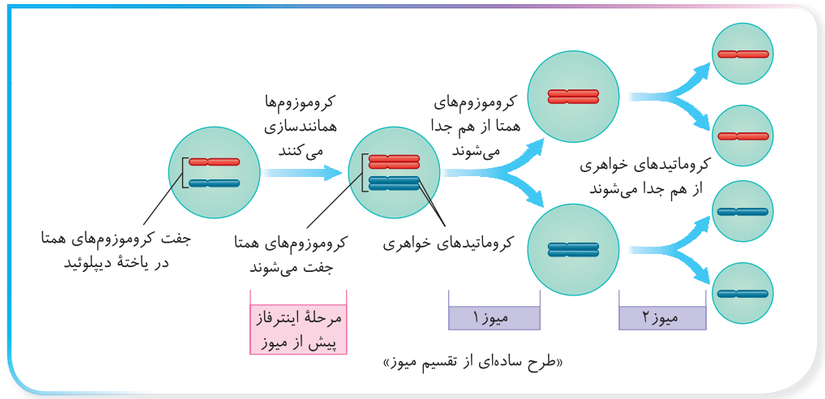
مردان

در لوله‌های اسپرم‌ساز رخ می‌دهد.

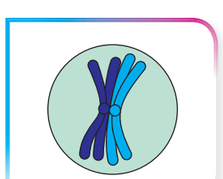
اسپرماتوسیت اولیه ($2n$) ← میوز ۱ ←
- اسپرماتوسیت ثانویه (n) ← میوز ۲ ←
  - اسپرماتید n ← تمایز ← اسپرم
  - اسپرماتید n ← تمایز ← اسپرم
- اسپرماتوسیت ثانویه (n) ← میوز ۲ ←
  - اسپرماتید n ← تمایز ← اسپرم
  - اسپرماتید n ← تمایز ← اسپرم

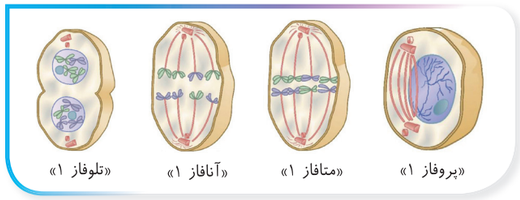
زنان

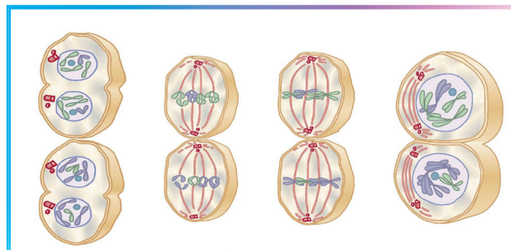
- اووسیت اولیه ← شروع میوز تخمدان ← دوران جنینی تا پروفاز ۱ رفته و متوقف می‌شود ← پس از تولد با شروع دورهٔ جنسی ← ادامهٔ میوز ۱ در تخمدان
  - اووسیت ثانویهٔ بزرگ ($n=۲۳$) ← تقسیم نامساوی
    - تخمک بزرگ (n)
    - دومین گویچهٔ قطبی (n)
  - اولین گویچهٔ قطبی کوچک ($n=۲۳$) ← میوز ۲ در لولهٔ رحم ← تقسیم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

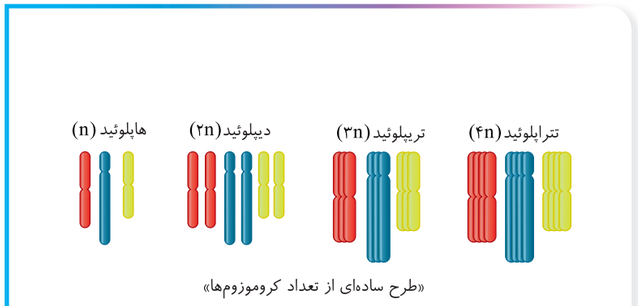
- به یاخته یا جانداری که بیش از دو ردیف کروموزوم داشته باشد.
- در اثر جدا نشدن **همهٔ** کروموزوم‌ها در مرحلهٔ آنافاز میتوز یا میوز رخ می‌دهد.
- یاختهٔ حاصل دو برابر یاختهٔ اولیه کروموزوم دارد و یاختهٔ دیگر فاقد کروموزوم است.
- در آزمایشگاه با تخریب رشته‌های **دوک**، این وضعیت ایجاد می‌شود.
- در ایجاد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

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.

اسپرم
ساختار

سر
- 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.

تنه
- همان قطعهٔ میانی است ← میتوکندری زیاد برای تأمین ATP لازم برای حرکت اسپرم دارد.
- واکنش‌های اکسایش پیرووات، 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.

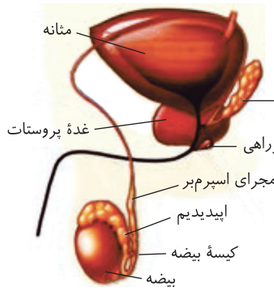
ترتیب تمایز اسپرماتید به اسپرم
جدا شدن اسپرماتیدها ← تاژک‌دار شدن اسپرماتیدها ← از دست رفتن مقدار زیادی از سیتوپلاسم ← فشرده شدن هسته ← کشیده شدن یاخته

در مراحل اسپرم‌سازی، فقط اسپرم‌های بالغ هستند که بدون تقسیم سیتوپلاسم از یاختهٔ اسپرماتید قبلی خود ایجاد می‌شوند.

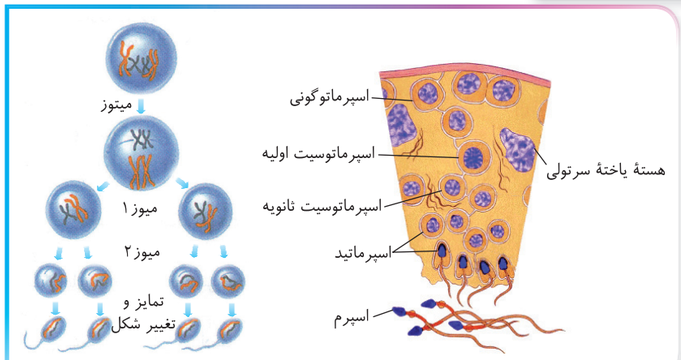
یاختهٔ سرتولی
- در دیوارهٔ لولهٔ اسپرم‌ساز و جدا از یاخته‌های مسیر ساخت اسپرم بوده ولی تحت تأثیر FSH هیپوفیز، ترشحاتی دارد که سبب تمایز اسپرم‌ها می‌شود.
- در همهٔ مراحل اسپرم‌سازی، پشتیبانی، تغذیهٔ یاخته‌های جنسی و **بیگانه‌خواری** باکتری‌ها نقش دارد.
- دیپلوئید می‌باشند ← پیک شیمیایی کوتاه‌برد ترشح 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*)

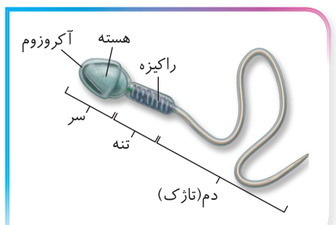
مایع منی
- مجموع ترشحات غدد وزیکول سمینال، پروستات و پیازی میزراهی به همراه اسپرم‌ها می‌باشد.
- اسپرم‌ها را از طریق میزراه به بیرون از بدن منتقل می‌کند.
- تمام ترشحات مختلف آن در میزراه مشترک می‌شوند.



«اندام‌های دستگاه تولیدمثل در مرد (مثانه جزء آن نیست)»



«بیضه و مراحل تولید اسپرم»



«ساختار اسپرم انسان»

اندام‌های ضمیمه (کمکی)

مجرای اپیدیدیم (برخاگ)
- درون کیسهٔ بیضه و روی هر بیضه می‌باشد (*خارج بیضه و خفرهٔ 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 تاژک 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.

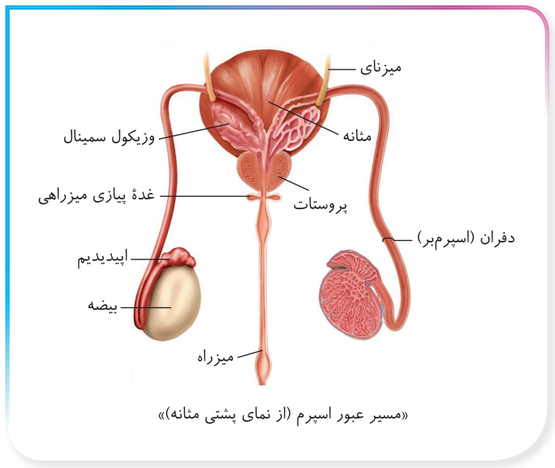
غدد وزیکول سمینال
- در کنار و پشت مثانه است ← اسپرم از درون آن عبور نمی‌کند.
- مایع غنی از فروکتوز را وارد لولهٔ اسپرم‌بر می‌کند ← اولین غدد ترشح‌کنندهٔ مایع همراه اسپرم در منی می‌باشد.
- فروکتوز آن انرژی لازم برای فعالیت اسپرم را تأمین می‌کند.

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 بندارهٔ‌ای 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.

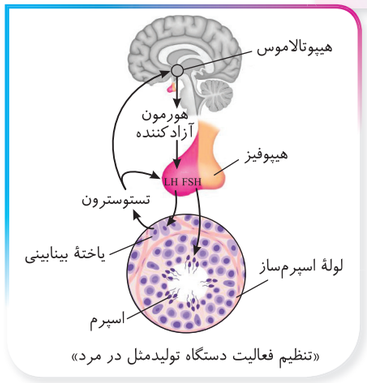
هیپوتالاموس ← هورمون آزادکننده ← هیپوفیز پیشین ← *LH* ← اثر روی یاخته‌های بینابینی لوله‌های اسپرم‌ساز ← ترشح هورمون جنسی تستوسترون به خون ← صفات ثانویهٔ جنسی:
- تحریک رشد اندام‌های جنسی و اسپرم‌زایی
- رشد ماهیچه‌ها و استخوان
- بم شدن صدا
- روییدن مو در صورت و سایر نواحی

- 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 تاژک 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»

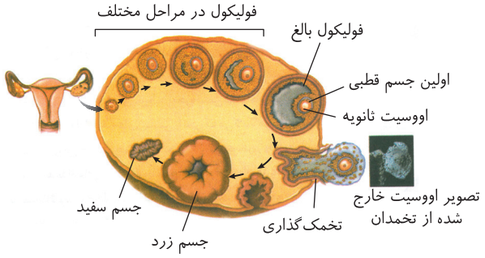
گفتار ۲

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

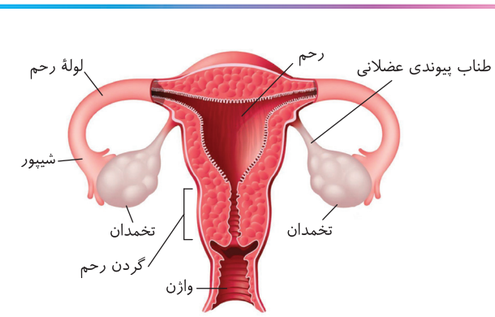
تخمدان‌ها
- دو عدد غدهٔ جنسی ماده درون حفرهٔ شکمی هستند که با طنابی **پیوندی عضلانی** به دیوارهٔ خارجی قسمت بالایی رحم متصلند.
- هرکدام در دوران نوزادی حدود یک میلیون فولیکول دارد که درون هرکدام، یک اووسیت اولیه متوقف شده در مرحلهٔ پروفاز ۱ وجود دارد.
- هر فولیکول تخمدان، حاوی یک اووسیت اولیه میوز دهنده 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 می‌رسانند.
- 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
- اووگونی (*لایهٔ زاینده*) ← میتوز (میتوز در تخمدان در دوران جنینی)
- اووسیت اولیهٔ $2n$ ← توقف در پروفاز ۱ (شروع میوز در تخمدان جنین؛ 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

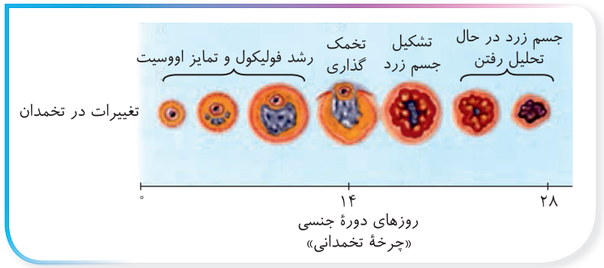
توقف اول
- از دوران جنینی با توقف در پروفاز ۱ شروع شده و در هر فولیکول تا دوران بلوغ و شروع دورهٔ جنسی آن ادامه دارد.

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)

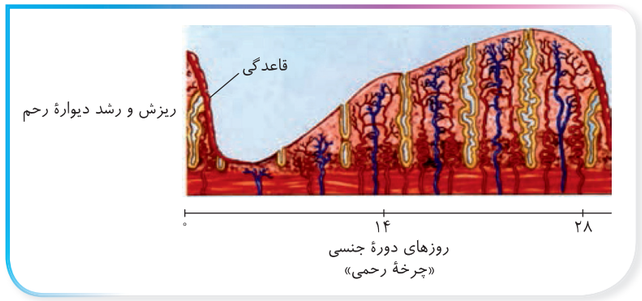
- قاعدگی یا عادت ماهیانه رخ می‌دهد ← جدار داخلی پوششی رحم (*آندومتر*) به همراه رگ‌های خونی تخریب شده و از واژن خارج می‌شوند.
- استروژن و پروژسترون کم می‌باشند ← رحم قدرت نگهداری جدار داخلی خود را ندارد و آندومتر آن متلاشی می‌شود.
- *FSH* و *LH* رو به افزایش هستند ← با خودتنظیمی منفی رخ می‌دهد.
- مقدار 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.

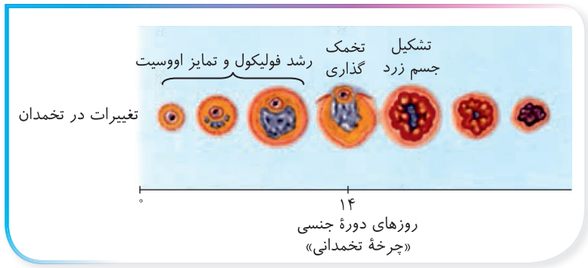
ترتیب به حداکثر رسیدن مقدار هورمون‌ها

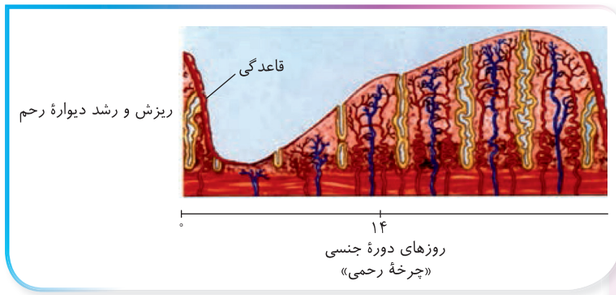
استروژن (*روز ۱۳*) ← *FSH* و *LH* (*روز ۱۴*) ← پروژسترون (*روز ۲۱*)

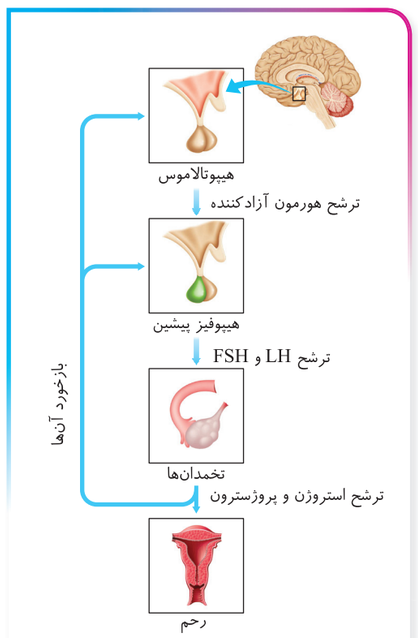
استروژن و پروژسترون

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.







«غدد و هورمون‌های مؤثر در تولیدمثل زن»

گفتار ۳

رشد و نمو جنین

مراحل رشد انسان: تخم ← جنین ← نوزاد ← قبل از بلوغ ← بلوغ ← مسن ← مرگ!!

لقاح

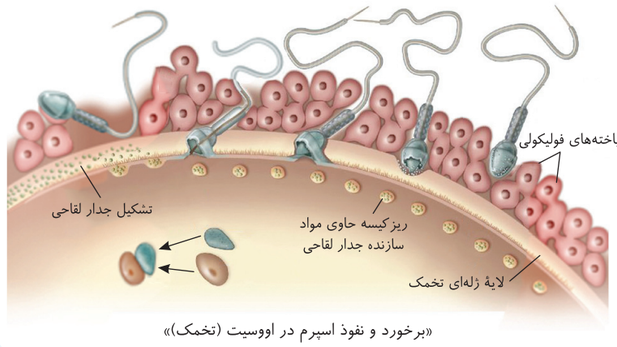
- فرایند لقاح با برخورد غشای یک اسپرم به غشای اووسیت ثانویه موجود در لولهٔ رحم آغاز می‌شود.
- اووسیت ثانویه آزاد شده از تخمدان ← از شیپور فالوپ وارد لولهٔ رحم می‌شود ← با حرکات زوائد انگشت‌مانند، انقباض دیواره و زنش مژک‌های لولهٔ رحم ← به سمت رحم حرکت می‌کند.
- مایع منی، میلیون‌ها اسپرم را وارد رحم کرده 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 ساختار 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.

۱- اسپرم با فشار در بین یاخته‌های فولیکولی وارد می‌شود تا به لایهٔ ژله‌ای تخمک برسد.
۲- آکروزوم اسپرم پاره شده، آنزیم‌های هضم‌کننده را آزاد تا لایهٔ ژله‌ای را هضم کند.
۳- غشای اسپرم به غشای تخمک نابالغ ملحق می‌شود.
۴- هستهٔ اسپرم وارد تخمک نابالغ شده با هستهٔ آن ادغام می‌شود.
۵- تشکیل جدار لقاحی برای جلوگیری از ورود اسپرم‌های دیگر.



«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.

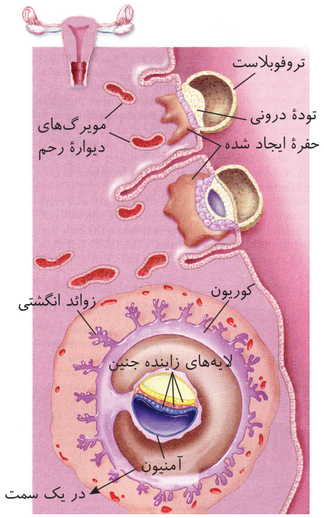
وظایف لایهٔ بیرونی بلاستوسیست (تروفوبلاست)

- 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

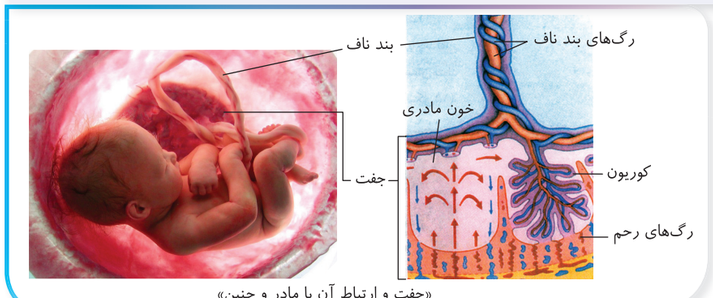
- درون‌شامهٔ جنین (*آمنیون*) ← به لایه‌های زایندهٔ جنینی نزدیک می‌باشد ولی ابتدا در یک سمت آن قرار دارد.
  در حفاظت و تغذیهٔ جنین نقش دارد.
- برون‌شامهٔ جنین (*کوریون*) ← هورمون *HCG* ترشح می‌کنند ← وارد خون مادر می‌شوند ← اساس تست‌های بارداری می‌باشد.
  سبب حفظ جسم زرد می‌شود ← تداوم ترشح هورمون پروژسترون از جسم زرد را سبب می‌شود.
  وجود *HCG* و پروژسترون از قاعدگی و تخمک‌گذاری مجدد مادر در دوران بارداری ممانعت می‌کند.
- 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.



«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.

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.

وقایع ماه اول ←

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 (*دگرلقاحی 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

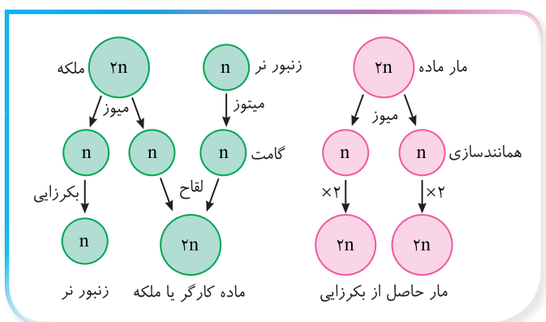
- تخمک‌ها در اثر میوز ملکه $2n$ ایجاد می‌شوند ← برخی تخمک‌ها با میتوز طی بکرزایی زنبور عسل نر هاپلوئید ایجاد می‌کنند.
  برخی تخمک‌ها با اسپرم (*حاصل از میتوز زنبور نر*) لقاح کرده و دوباره زنبور عسل ماده کارگر یا ملکه $2n$ می‌سازند.

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 (*لاک‌پشت‌ها*).
      - 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**
  - **آوندار**
    - **بدون دانه**
      - **سرخس‌ها**
        - گل، میوه و دانه ندارند.
        - نوعی از آن‌ها می‌تواند **آرسنیک** سمی را در خود جمع کند.
      - **بازدانگان**
        - گل ندارند.
        - دانه دارند.
    - **دانه‌داران**
      - **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.
    - **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.

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.

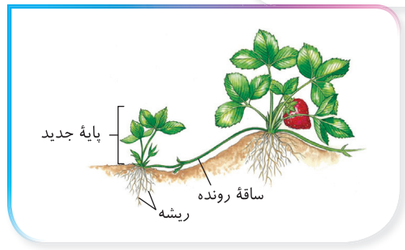
توسط انواع ساقه‌های تخصص یافته برای تولیدمثل رویشی

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.



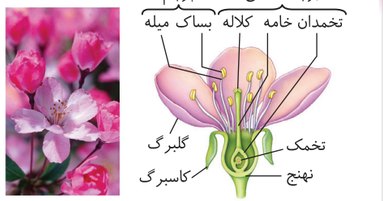
فن کشت‌بافت

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

- اندام‌های نهاندانگان
  - اندام‌های رویشی ← ریشه، ساقه، برگ، دمبرگ، شاخه
  - اندام‌های زایشی ← گل، میوه، دانه

- گل
  - 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 (*گل 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.

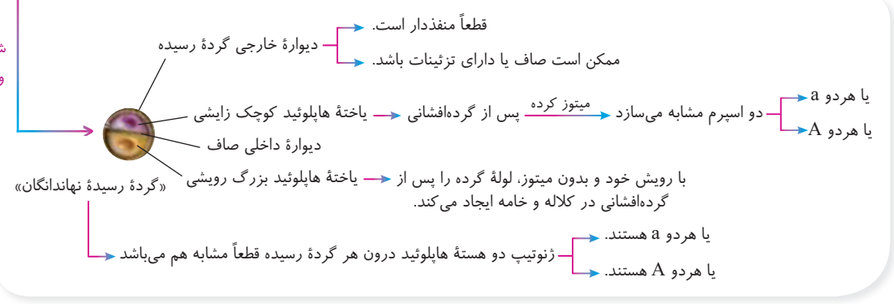
مراحل تولید گردهٔ رسیده در پرچم گیاهان گل‌دار

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.

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

هر چهار گردهٔ رسیده یک یاختهٔ کوچک زایشی و یک یاختهٔ بزرگ رویشی به همراه دو دیواره دارد.

شکفتن بساک و گرده‌افشانی



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 یاخته‌ها تک‌هسته‌ای گامت ماده یا تخم‌زا می‌باشد (A).
یکی از یاخته‌ها دوهسته‌ای است که AA می‌باشد.

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.

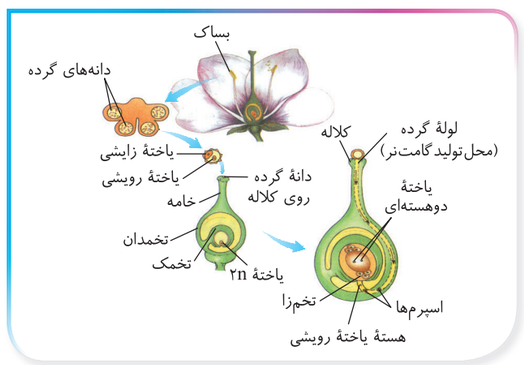
لقاح و تولید گامت در نهاندانگان

- پس از گرده‌افشانی ← قرارگیری گردهٔ رسیده روی کلاله ← در صورت پذیرش کلاله (*هم‌گونه‌بودن و سازگاربودن*) ← 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

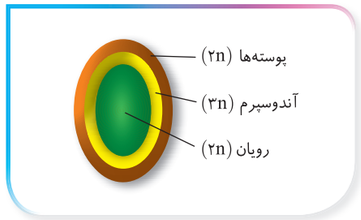
- اسپرم $(A=n)$ + تخم‌زا $(a=n)$ ← تخم اصلی $(Aa=2n)$ ← (میتوز) منشأ رویان، لپه و گیاه اصلی می‌شود.
- اسپرم $(A=n)$ + یاختهٔ دوهسته‌ای $(aa=2n)$ ← تخم ضمیمه $(Aaa=3n)$ ← (میتوز)
  - بافت $3n$ درون دانه (*آندوسپرم*) می‌سازد.
  - یاخته‌های پارانشیمی دارد.
  - ذخیرهٔ غذای رویان می‌باشد.

- 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:

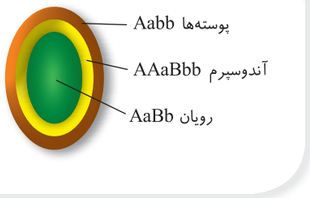
اسپرم aB + تخم‌زای Ab ← تخم اصلی $2n$ ← $AaBb$ (*رویان*)

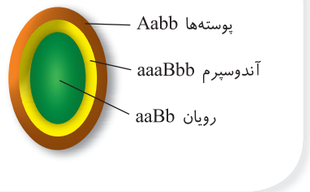
اسپرم aB + یاختهٔ دوهسته‌ای $AAbb$ ← تخم ضمیمهٔ $3n$ ← $AAaBbb$ (*آندوسپرم*) ← پوستهٔ آن همواره ژنوتیپ گل مادهٔ $Aabb$ را دارد.

(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.

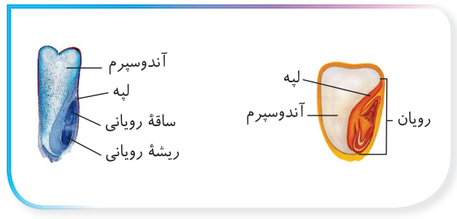
اجزای رویان

- 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

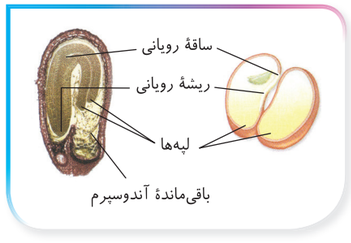
الف) دانهٔ رسیدهٔ آندوسپرم‌دار ($3n$دار)

- 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 (ضمّد $3n$)

- 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

تنظیم‌کننده‌های رشد (هورمون‌های گیاهی)

تاریخچه

اولین‌بار داروین و پسرش، نورگرایی دانهٔ رست نوعی گیاه از گندمیان را بررسی کردند.

آزمایش داروین

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

تعریف

به رشد جهت‌دار اندام‌های گیاه در پاسخ به نور یک‌جانبه **نورگرایی** می‌گویند.

انواع

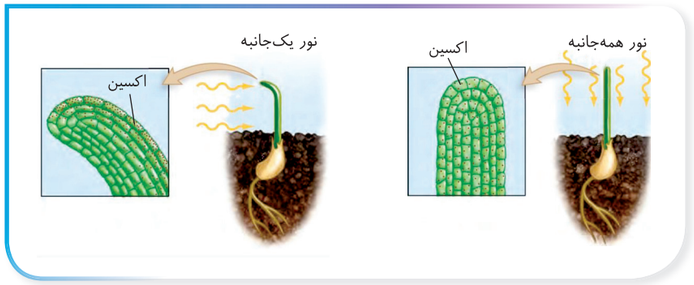
محرک رشد
تحریک تقسیم و رشد طولی یاخته می‌دهند.
ایجاد و حفظ اندام‌ها را سبب می‌شوند.
اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها هستند.
برحسب مقدار و محل اثر می‌توانند نقش بازدارندگی داشته باشند.

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.

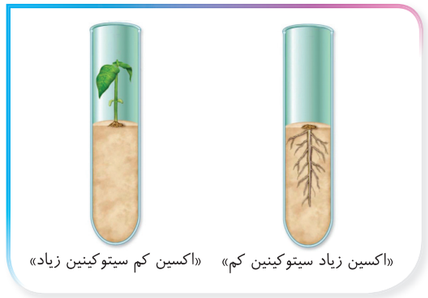
برهم‌کنش اکسین و سیتوکینین

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.

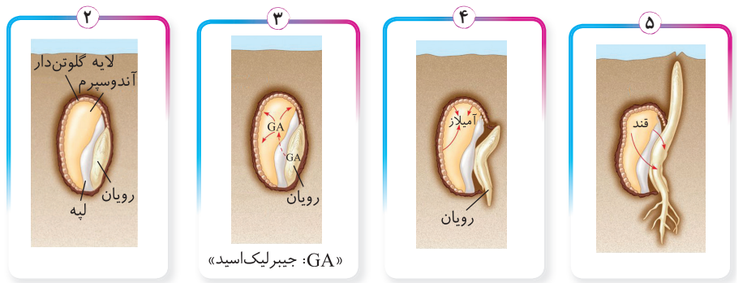


جیبرلین‌ها

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 منفذ 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 محیط

پاسخ گیاهان به نور

- 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.

گل‌دهی گیاهان برحسب نور محیط

- 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 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 (*تورپروانه*) ← 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 (*کاغذ شدن*) دیواره ← سد فیزیکی در ورود مواد به گیاه می‌باشد.
- عوامل بیماری‌زا (*رشتهٔ مارپیچ‌ها*) 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.

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.

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.