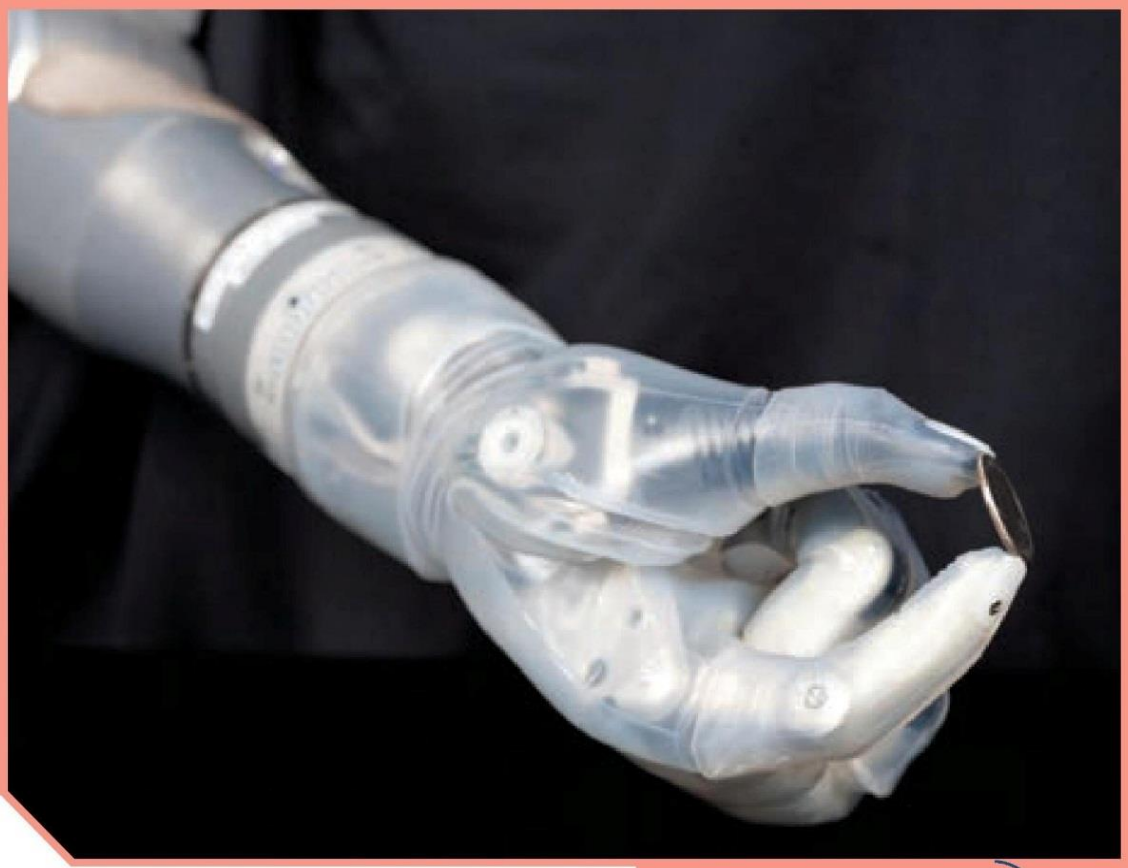


یک اندام مصنوعی که تحت کنترل دستگاه عصبی مرکزی است!

فصل ۳

دستگاه حرکتی

ترکیبی ۱-۱۱

مغز و نخاع

قابل کنترل!

استفادهٔ ما از دست و پا به قدری است که تصور زندگی بدون آنها برایمان بسیار سخت است. خوشبختانه امروزه افراد دارای نقص عضو نیز می‌توانند با استفاده از اعضای مصنوعی تاحدودی بر محدودیت‌های حرکتی چیره شوند. مطالعات دقیق ساختار ماهیچه‌ها، مفاصل و استخوان‌ها، به همراه پیشرفت در علوم مربوط به مواد و الکترونیک، مهندسان را قادر ساخته تا اندام‌های پیچیده را جایگزین بخش‌های آسیب‌دیده یا ناقص کنند. کارآمدی بعضی اندام‌های مصنوعی آن‌قدر بالاست که در پارالمپیک برای جلوگیری از رقابت نابرابر، قوانین سختگیرانه‌ای برای استفاده از این اندام‌ها وضع شده است.

اندام‌های حرکتی از چه بخش‌هایی تشکیل شده‌اند؟ نحوهٔ عملکرد این بخش‌ها چگونه است؟ چه آسیب‌های احتمالی اندام‌های حرکتی را تهدید می‌کند؟ به چه روش‌هایی می‌توان این اجزا را از آسیب حفظ کرد؟

www.Alpschool.ir

گفتار ۱ استخوان‌ها و اسکلت

استخوان‌ها بخشی از اسکلت انسان را تشکیل می‌دهند. اسکلت انسان شامل دو بخش **محوری** و **جانبی** است. بخش محوری همان‌طور که از نامش مشخص است، محور بدن را تشکیل می‌دهد و از ساختارهایی مانند مغز و قلب حفاظت می‌کند؛ گرچه بخش‌هایی از آن هم در جویدن، شنیدن، صحبت کردن و حرکات بدن نیز نقش دارند. استخوان‌های دست و پا از اجزای اسکلت جانبی‌اند. این استخوان‌ها نسبت به اسکلت محوری، نقش بیشتری در حرکت بدن دارند. بخش‌های مختلف اسکلت در شکل ۱ دیده می‌شوند.

غضروف‌ها + مفصل

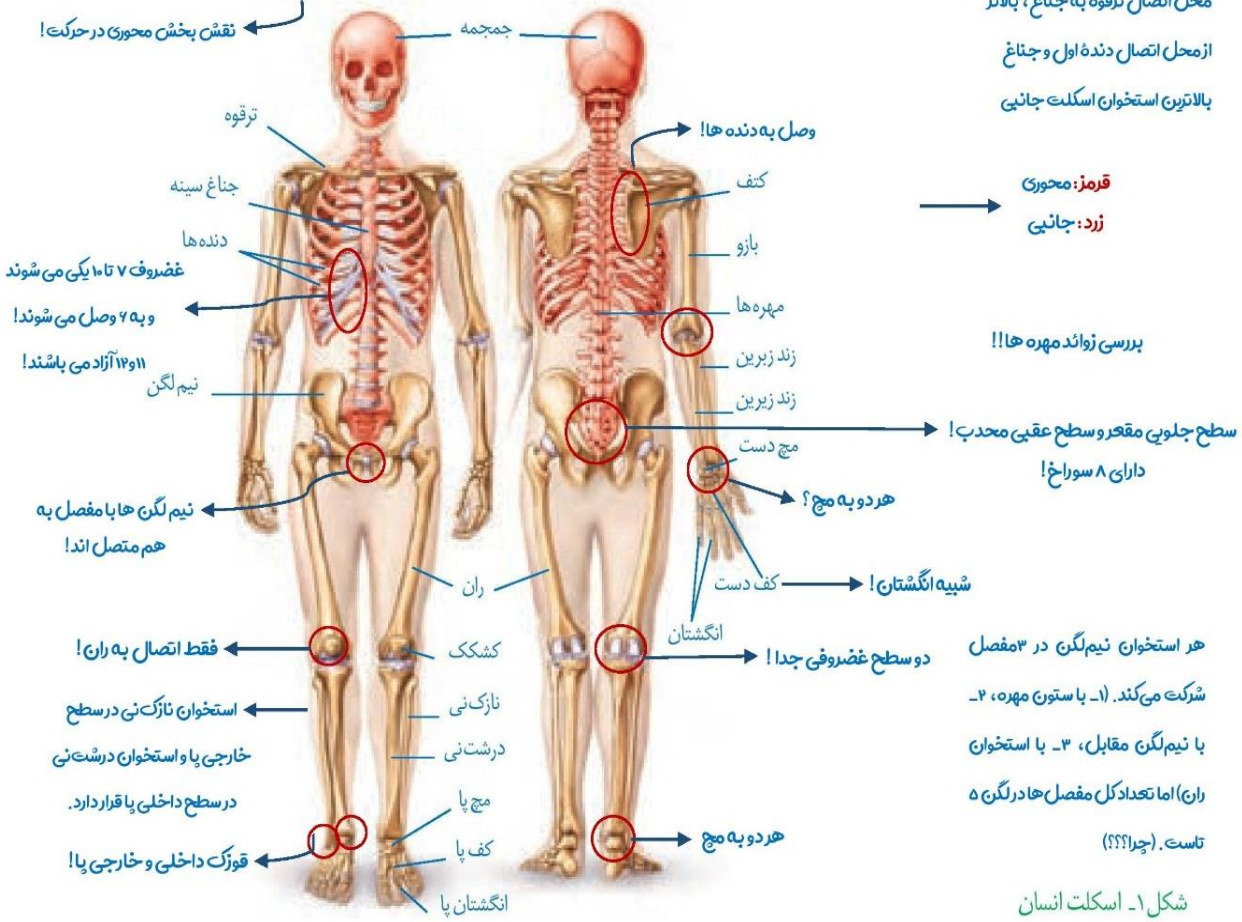
نه فقط!

حرکت گردن و ...!

و تثبیت مفصل‌ها!

نقش بخش محوری در حرکت!

ترقوه:
محل اتصال ترقوه به جناغ، بالاتر از محل اتصال دندهٔ اول و جناغ بالاترین استخوان اسکلت جانبی



قرمز: محوری
زرد: جانبی

بررسی زوائد مهره‌ها!!

هر استخوان نیم‌لگن در ۳ مفصل شرکت می‌کند. (۱ـ با ستون مهره، ۲ـ با نیم‌لگن مقابل، ۳ـ با استخوان ران) اما تعداد کل مفصل‌ها در لگن ۵ تاست. (چرا؟؟؟)

شکل ۱ـ اسکلت انسان

اعمال استخوان‌ها

استخوان‌ها علاوه بر حفاظت و پشتیبانی اندام‌ها، اعمال دیگری هم انجام می‌دهند؛ مثلاً استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن دقیق مؤثرند. همچنین استخوان‌ها به کمک ماهیچه‌ها موجب حرکت بدن می‌شوند. سایر اعمال استخوان‌ها در جدول یک خلاصه شده است.

محوری

ترکیبی ۲-۱۱

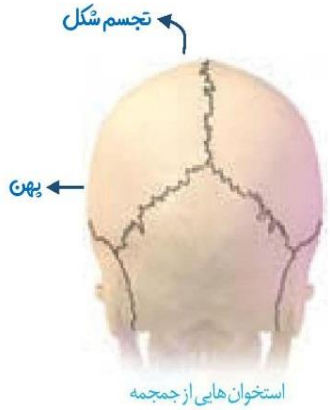
چکشی سندانی و رکابی + حلزونی و مجاری نیم دایره‌ای

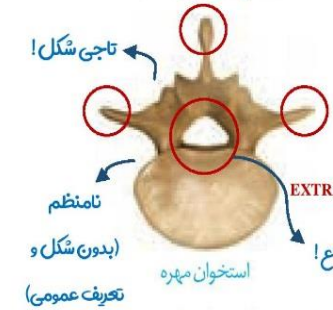
تعادل

www.Alpschool.ir

جدول ۱ـ وظایف اسکلت استخوانی در انسان

وظیفه	توضیح
پشتیبانی	استخوان‌ها شکل بدن را تعیین و نیز چارچوبی را ایجاد می‌کنند تا اندام‌ها روی آنها مستقر شوند.
حرکت	اتصال ماهیچه‌های اسکلتی به استخوان‌ها و انقباض آنها باعث انتقال نیروی ماهیچه به استخوان و حرکت آن می‌شود.
حفاظت اندام‌های درونی	اسکلت استخوانی، بخش‌های حساسی، مانند نخاع، قلب، مغز و شش‌ها را حفاظت می‌کند.
تولید یاخته‌های خونی	بسیاری از استخوان‌ها مغز قرمز دارند که یاخته‌های خونی را تولید می‌کند.
ذخیره مواد معدنی	استخوان‌ها محل ذخیرهٔ مواد معدنی، مانند فسفات و کلسیم‌اند.
کمک به شنیدن، تکلم و اعمال دیگر	استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن و استخوان‌های آرواره در تکلم و جویدن نقش دارند. (نقش دستگاه تنفسی؛ اولین گوارش مکانیکی؛ EXTRA: ارتباط با خمیازه!)





انواع استخوان

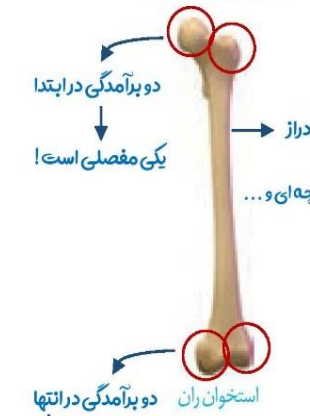
استخوان‌ها اشکال مختلفی دارند. استخوان ران و بازو از انواع استخوان‌های **درازند**، در حالی که استخوان‌های مچ از انواع استخوان‌های **کوتاه‌اند**. استخوان جمجمه از استخوان‌های **پهن** هستند. استخوان‌های ستون مهره از نوع استخوان‌های **نامنظم‌اند** (شکل ۲). استخوان‌های بدن اندازه‌های متفاوتی دارند، از استخوان‌های کوچک گوش میانی تا استخوان بزرگ لگن.

ساختار استخوان: هر استخوان از دو نوع بافت استخوانی **فشرده** و **اسفنجی** تشکیل شده است. میزان و محل قرارگیری هر نوع بافت استخوانی در استخوان‌های مختلف متفاوت است. مثلاً بافت استخوانی فشرده در طول استخوان ران، به صورت واحدهایی به نام **سامانهٔ هاورس** قرار گرفته است (شکل ۳). این سامانه‌ها به صورت استوانه‌هایی هم مرکز از تیغه‌های استخوانی‌اند که از یاخته‌های استخوانی، ماده زمینه‌ای و کلاژن در اطراف آنها تشکیل شده است. مادهٔ زمینه‌ای از پروتئین‌ها و مواد معدنی تشکیل شده است. اعصاب و رگ‌های درون مجرای مرکزی هر سامانه، ارتباط بافت زنده را با بیرون برقرار می‌کنند. سطح درونی تنهٔ این استخوان نیز بافت اسفنجی دارد. سطح خارجی این استخوان، توسط بافت پیوندی احاطه شده است و رگ‌ها و اعصاب از راه مجراهایی به بیرون ارتباط دارند.

(بافت پیوندی؛ نورون‌ها و پیوندی!؛ پیوندی خون و پوششی و ماهیچه‌ای و ...؛ روی پیوندی استخوان!)

انتهای برآمدهٔ استخوان ران از بافت اسفنجی پر شده است. بافت استخوانی اسفنجی، از میله‌ها و صفحه‌های استخوانی تشکیل شده است که بین آنها حفره‌هایی وجود دارد که توسط رگ‌ها و مغز استخوان پر شده‌اند. مغز استخوان در دو نوع زرد و قرمز وجود دارد. مغز زرد بیشتر از چربی تشکیل

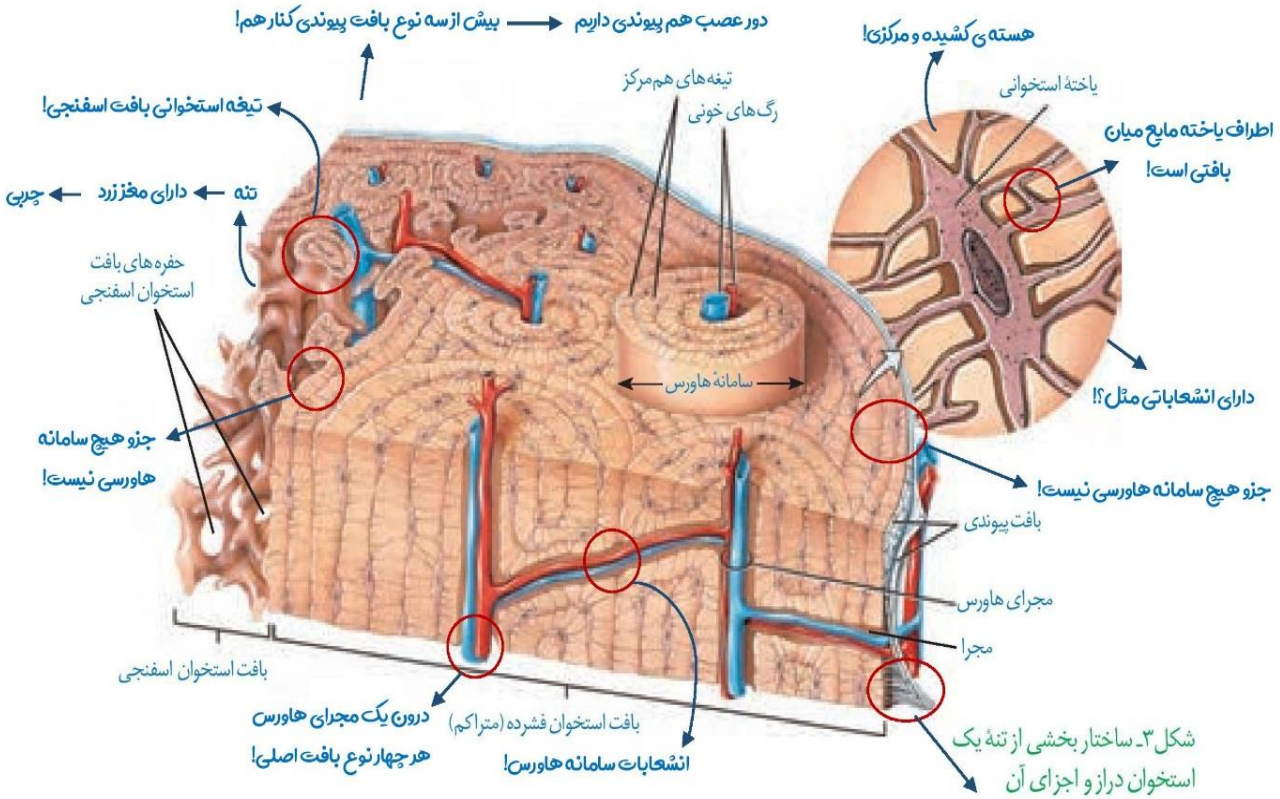
(ویژگی های بافت چربی؟!)



شکل ۲ـ انواع استخوان (از بالا به پایین): پهن، نامنظم، کوتاه، دراز (در تصاویر مقیاس رعایت نشده است.)

www.Alpschool.ir

شده است و مجرای مرکزی استخوان‌های دراز را پر می‌کند. مغز قرمز استخوان در بافت استخوانی اسفنجی دیده می‌شود. در کم‌خونی‌های شدید، مغز زرد می‌تواند به مغز قرمز تبدیل شود.



فعّالیت ۱

سال گذشته با ساختار بافت پیوندی و اجزای آن آشنا شدید. الف) با توجه به اطلاعات قبلی هر بافت پیوندی از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟ ب) مادّهٔ زمینه‌ای استخوان توسط چه بخشی ساخته می‌شود؟

تشکیل و تخریب استخوان

ترکیبی ۷-۱۱ ← رشد استخوان ← تستوسترون نه غیرفعال!

در دوران جنینی، استخوان‌ها از بافت‌های نرمی تشکیل و به‌تدریج با افزوده شدن نمک‌های کلسیم سخت می‌شوند. یاخته‌های استخوانی تا اواخر سنّ رشد، مادّهٔ زمینه‌ای ترشح می‌کنند و بنابراین، تودهٔ استخوانی و تراکم آن افزایش پیدا می‌کند. با افزایش سن، یاخته‌های استخوانی کم‌کار می‌شوند و تودهٔ استخوانی به تدریج کاهش پیدا می‌کند. در همهٔ این مراحل، تغییرات استخوانی در حال انجام است. استخوان‌ها در اثر فعالیت بدنی مانند ورزش، یا با افزایش وزن ضخیم، متراکم‌تر و محکم‌تر می‌شوند و استخوان‌هایی که کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، ظریف‌تر می‌شوند. مشابه این حالت، در فضانوردان دیده می‌شود که در محیط بی‌وزنی تراکم استخوانشان کاهش می‌یابد.

ترکیبی ۴-۱۱ ← نقش هورمون رشد؟!

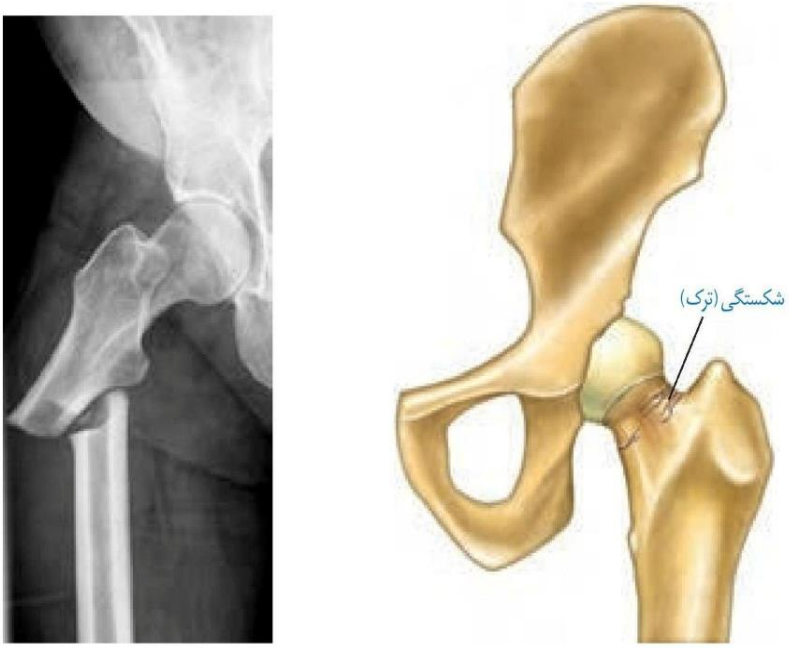
استخوان‌های بدن به طور پیوسته دچار شکستگی‌های میکروسکوپی می‌شوند که نتیجه حرکات معمول بدن‌اند. شکستگی‌های دیگر می‌توانند ناشی از ضربه یا برخورد باشند (شکل ۴).

افزایش هورمون پاراتیروئیدی ← کاهش تراکم و استحکام استخوان

افزایش هورمون کلسی تونین ← افزایش تراکم و استحکام استخوان

www.Alpschool.ir

در این حالت، یاخته‌های نزدیک به محل شکستگی، یاخته‌های جدید استخوانی می‌سازند و پس از چند هفته آسیب بهبود پیدا می‌کنند.



ب) الف)

شکل ۴ـ الف) شکستگی ناشی از صدمه در سر استخوان ران و ب) تصویر رادیوگرافی از استخوان شکستهٔ ران

تراکم نودهٔ استخوانی از عوامل مهم استحکام استخوان‌هاست و کاهش آن باعث **پوکی استخوان** می‌شود. در پوکی استخوان، تخریب استخوانی افزایش می‌یابد. در نتیجه استخوان‌ها ضعیف و شکننده می‌شوند (شکل ۵). کمبود ویتامین D و کلسیم غذا نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات با جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان‌ها، باعث بروز پوکی استخوان در مردان و زنان می‌شوند. اختلال در ترشح بعضی هورمون‌ها و مصرف نوشابه‌های گازدار نیز در کاهش تراکم استخوان نقش دارند.

ترکیبی ۲-۱۰
نحوه جذب؟!
سرطان!
مصرف بلندمدت ← آسیب کبدی!
؟!
مثل تستوسترون و کلسی تونین
کاهش شدید هورمون‌های جنسی ← افزایش شکنندگی بافت استخوانی

شکل ۵ـ مقایسهٔ استخوان طبیعی با استخوان دچار پوکی

www.Alpschool.ir

فعّالیت ۲

به طور کلی تراکم تودهٔ استخوانی در زنان و مردان با هم تفاوت دارد. جدول زیر تراکم استخوانی زنان و مردان را در سنین مختلف نشان می‌دهد.

میانگین تراکم استخوان		
سن	زن	مرد
۲۰	۰/۸۹۵	۰/۹۷۹
۳۰	۰/۸۸۶ (۰/۹۸)	۰/۹۳۶ (۱/۲۸)
۴۰	۰/۸۵۰	۰/۸۹۴
۵۰	۰/۷۹۷	۰/۸۵۱
۶۰	۰/۷۳۳	۰/۸۰۹
۷۰	۰/۶۶۷	۰/۷۶۶
۸۰	۰/۶۰۷	۰/۷۲۴

مرد بالاتر!

طرح پرسش از اعداد جدول در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

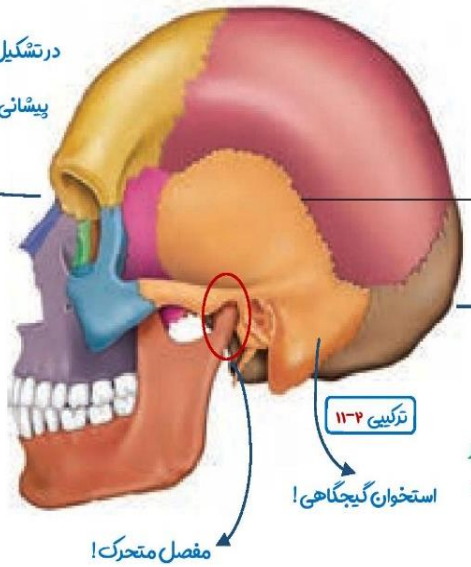
۱- منحنی تغییر تراکم تودهٔ استخوانی را در دو جنس رسم کنید.

۲- در کدام جنس تراکم استخوان بالاتر است؟

۳- بین سنین ۲۰ تا ۵۰ سالگی شدت تغییرات تراکم استخوان در مردان بیشتر است یا زنان؟ مردان

مفصل

مفصل محل اتصال استخوان‌ها با هم است. در بعضی مفصل‌ها، استخوان‌ها حرکت نمی‌کنند. نمونه آن مفصل ثابت در استخوان‌های جمجمه است. جمجمه از چندین استخوان تشکیل شده است که در محل مفصل‌های ثابت لبه‌های دندانه‌دار آنها در هم فرو رفته و محکم شده‌اند (شکل ۶).



در تشکیل کاسهٔ چشم، استخوان‌هایی مثل پیشانی، گونه و آروارهٔ بالا شرکت می‌کنند.

مفصل ثابت

در طرفین ۱۱ استخوان جمجمه مشخص است

بیشترین سطح تماس استخوان‌ها با یکدیگر در این نوع مفصل

ترکیبی ۲-۱۱

استخوان گیجگاهی!

مفصل متحرک!

شکل ۶- مفصل ثابت در استخوان‌های جمجمه

www.Alpschool.ir

در بیشتر مفصل‌ها، استخوان‌ها قابلیت حرکت دارند. سر استخوان‌ها در محل این مفصل‌ها توسط بافت غضروفی پوشیده شده‌است. نمونهٔ آن مفصل‌های زانو، انگشتان و لگن است. استخوان‌ها در محل این نمونه‌ها توسط یک کپسول از جنس بافت پیوندی رشته‌ای احاطه شده‌اند که پر از مایع مفصلی لغزنده است. مایع مفصلی و سطح صیقلی غضروف به استخوان‌ها امکان می‌دهد که سالیان زیادی در مجاور هم لیز بخورند و اصطکاک چندانی نداشته باشند (شکل ۷).

شکل ۷ـ بخش‌های تشکیل دهنده مفصل

علاوه بر کپسول مفصلی، رباط‌ها و زردپی‌ها هم به کنار یکدیگر ماندن استخوان‌ها کمک می‌کنند. رباط، بافت پیوندی رشته‌ای محکمی است که استخوان‌ها را به هم متصل می‌کند. بعضی انواع مفصل‌های متحرک را در شکل ۸ مشاهده می‌کنید. با توجه به شکل نحوهٔ حرکت هر نوع مفصل را مقایسه کنید.

بخش صیقلی غضروف‌ها در اثر کارکرد زیاد، ضربات، آسیب‌ها و بعضی بیماری‌ها تخریب می‌شود، ولی بدن دوباره آن را ترمیم می‌کند اگر سرعت تخریب بیش از ترمیم باشد، می‌تواند باعث بیماری‌های مفصلی شود.

این مقایسه مهم است نه تخریب به تنهایی!

ترکیبی ۵-۱۰ مثل نقرس!

شکل ۸ـ انواعی از مفصل‌های متحرک. الف) گوی-کاسه‌ای ب) لولایی پ) لغزنده

بیشتر بدانید

پارگی رباط صلیبی یکی از موارد شایع آسیب‌دیدگی در ورزشکاران است. این رباط که به دلیل شکل ظاهر آن به این نام خوانده می‌شود سبب نگه‌داشتن استخوان ران در مقابل استخوان درشت‌نی می‌شود. ممکن است فرد با پارگی رباط صلیبی سال‌ها بدون مشکل زندگی کند. تغییر ناگهانی وضعیت تنه روی زانو، ایستادن ناگهانی در حین دویدن، جهیدن و افتادن دوباره به زمین در وضعیت نامناسب و ضربات ناگهانی و شدید از جوانب زانو می‌توانند عامل ایجاد آسیب در این رباط باشد.

الف) شکل رباط صلیبی زانو و ب) نحوهٔ آسیب دیدن آن.

الف)

ب)

www.Alpschool.ir

فعّالیت ۳

با استفاده از مولاژهای موجود و نمونه‌های آمادهٔ میکروسکوپی آزمایشگاه مدرسه، انواع استخوان و بافت‌های استخوانی را مشاهده و با هم مقایسه کنید.

یادداشت نکات

بیشتر بدانید

روماتیسم مفصلی

روماتیسم مفصلی بیماری‌ای است که در آن پردهٔ سازندهٔ مایع مفصلی در زیر کپسول مفصلی، دچار التهاب می‌شود. با افزایش التهاب این پرده، ترشح مایع مفصلی هم افزایش می‌یابد که موجب تورم و التهاب در محل آسیب می‌شود. با پیشرفت بیماری، غضروف‌ها آسیب می‌بینند. التهاب مفصل معمولاً در اندام‌های دوطرف بدن به صورت متقارن بروز می‌کند. تداوم این بیماری ممکن است باعث ساییدگی استخوان در محل آسیب شود.

گرچه علت دقیق بروز این بیماری کاملاً شناخته شده نیست، ولی عوامل ارثی، جنسیت، محیط و بعضی بیماری‌های میکروبی در بروز این بیماری مؤثرند. این بیماری در زنان شایع‌تر از مردان است که احتمالاً به دلیل اثر هورمون‌های جنسی زنانه است. اثر مصرف دخانیات و آلودگی هوا نیز در بروز این بیماری، اثبات شده است. به دلیل دخالت عوامل متعدد در بروز این بیماری، هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد. استفاده از داروهای کاهندهٔ التهاب مانند مشتقات هورمون کورتیزول از پیشرفت بیماری می‌کاهد و علائم آن را تا حدّی کاهش می‌دهد. در موارد شدید بیماری، ممکن است مفصل آسیب‌دیده با مفصل مصنوعی جایگزین شود.

www.Alpschool.ir

گفتار ۱: استخوان‌ها و اسکلت

- استخوان‌ها بخشی از اسکلت انسان را تشکیل می‌دهند. اسکلت انسان شامل دو بخش محوری و جانبی است.

- **اسکلت**
  - **محوری**
    - محور بدن را تشکیل می‌دهد + شامل استخوان‌های جمجمه، ستون مهره، دنده‌ها و جناغ
    - حفاظت از قلب، مغز، شش‌ها، نخاع و کلیه‌ها + بخش‌هایی از آن در جویدن، شنیدن، صحبت‌کردن و حرکت بدن نیز نقش دارند.
  - **جانبی**
    - استخوان‌های دست و پا از اجزای اسکلت جانبی‌اند.
    - این استخوان‌ها نسبت به اسکلت محوری، نقش بیشتری در حرکت بدن دارند.

اعمال استخوان‌ها

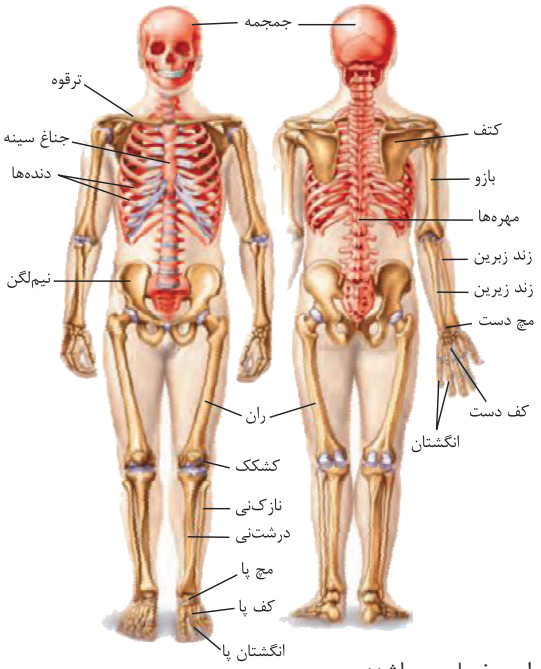
- استخوان‌ها علاوه‌بر حفاظت و پشتیبانی اندام‌ها، اعمال دیگری هم انجام می‌دهند؛ مثلن استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن دقیق مؤثرند. هم‌چنین استخوان‌ها به کمک ماهیچه‌ها موجب حرکت بدن می‌شوند. سایر اعمال استخوان‌ها در جدول زیر خلاصه شده است.

وظیفه	توضیح	توسط کدام استخوان
پشتیبانی	استخوان‌ها شکل بدن را تعیین و نیز چارچوبی را ایجاد می‌کنند تا اندام‌ها روی آن‌ها مستقر شوند.	همهٔ استخوان‌ها
حرکت	اتصال ماهیچه‌های اسکلتی به استخوان‌ها و انقباض آن‌ها باعث انتقال نیروی ماهیچه به استخوان و حرکت آن می‌شود.	بیشتر اسکلت جانبی و کمی هم اسکلت محوری
حفاظت اندام‌های درونی	اسکلت استخوانی، بخش‌های حساسی، مانند نخاع، قلب، مغز و شش‌ها را حفاظت می‌کند.	اسکلت محوری
تولید یاخته‌های خونی	**بسیاری** از استخوان‌ها مغز قرمز دارند که یاخته‌های خونی را تولید می‌کند.	بسیاری از استخوان‌ها
ذخیرهٔ مواد معدنی	استخوان‌ها محل ذخیرهٔ مواد معدنی، مانند فسفات و کلسیم‌اند.	همهٔ استخوان‌ها
کمک به شنیدن، تکلم و اعمال دیگر	استخوان‌های کوچک گوش میانی (چکشی، سندانی و رکابی) در شنیدن و استخوان‌های آرواره در تکلم و جویدن نقش دارند.	اسکلت محوری

- استخوان‌های جمجمه از مغز، بیشتر مهره‌ها از نخاع و استخوان‌های قفسهٔ سینه (جناغ و دنده‌ها) از شش و قلب حفاظت می‌کنند.

بررسی شکل ۱ ـ اسکلت انسان

- استخوان‌های جمجمه، ستون مهره، جناغ و دنده‌ها جزء اسکلت محوری و سایر استخوان‌ها جزء اسکلت جانبی هستند.



- کتف، بازو، ران و استخوان‌های ساعد به هیچ‌یک از استخوان‌های اسکلت محوری مفصل نمی‌دهند.
- استخوان بازو از بالا به کتف و از پایین با استخوان‌ها ساعد، مفصل متحرک تشکیل می‌دهد.
- همهٔ دنده‌ها از پشت به ستون مهره متصل هستند ولی بیشتر دنده‌ها از جلو به جناغ متصل می‌شوند. دنده‌های ۱۱ و ۱۲ در هر سمت بدن به جناغ متصل نیستند.
- جناغ دارای ۳ بخش غیرهم‌اندازه است.
- ترقوه در بالای دنده‌ها قرار دارد و از یک سمت با جناغ و از سمت دیگر با کتف مفصل دارد.
- در هر سمت بدن ۱۲ دنده وجود دارد که تقریبن از بالا به پایین اندازهٔ آن‌ها زیاد می‌شود.
- ۷ دندهٔ اول، با یک غضروف مستقل به جناغ متصل‌اند؛ ولی سایر دنده‌ها (به‌جز ۱۱ و ۱۲) با غضروف مشترک!
- کتف با بازو و ترقوه مفصل می‌شود.
- زند زیرین و زبرین در تشکیل مفصل آرنج و مچ نقش دارند و با یکدیگر نیز دارای مفصل می‌باشند.
- زند زیرین، در امتداد انگشت کوچک و سمت داخل ساعد قرار دارد.
- زند زبرین، در امتداد انگشت شست و سمت خارج ساعد قرار دارد.
- استخوان‌های کف دست با انگشتان و مچ مفصل هستند.
- در ستون مهره‌ها هر چقدر به سمت انتهای ستون مهره می‌رویم، مهره‌ها قطورتر می‌شوند.
- نیم‌لگن‌ها از پشت با استخوان خاجی (یکی از مهره‌های ستون مهره) مفصل می‌شوند و از جلو دارای مفصلی غضروف‌دار با یکدیگر و هم‌چنین هر نیم‌لگن با استخوان ران نیز مفصل می‌دهد.
- مفصل زانو بین استخوان‌های ران و درشت‌نی است. دقت کنید که استخوان‌های کشکک و نازک‌نی، مفصل تشکیل نمی‌دهند.
- استخوان‌های نازک و درشت‌نی در تشکیل مفصل مچ پا نقش دارند و با یکدیگر نیز مفصل‌اند.
- نازک‌نی‌ها نسبت به درشت‌نی‌ها در فاصلهٔ کم‌تری نسبت به هم قرار دارند.
- درشت‌نی در سمت داخل پا، قوزک داخلی پا را می‌سازد.
- کف پا دارای ۵ استخوان در امتداد انگشتان است.
- نازک‌نی در سمت خارج پا، قوزک خارجی پا را می‌سازد.

انواع استخوان

انواع استخوان براساس شکل			
کوتاه	دراز	پهن	نامنظم
استخوان‌های مچ دست	بازو، زند زیرین و زبرین، ران، ترقوه، درشت‌نی و نازک‌نی	کتف، جمجمه، جناغ، دنده‌ها	ستون مهره
			استخوان مهره

ساختار استخوان

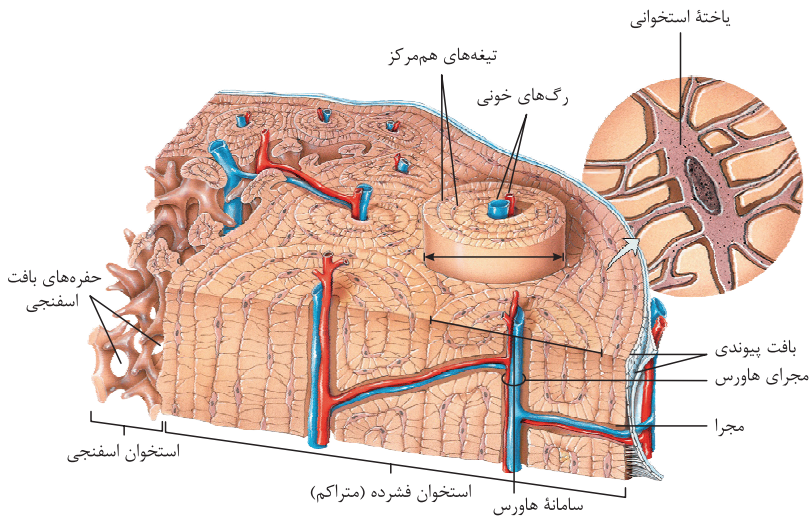
هر استخوان از دو نوع بافت استخوانی فشرده و اسفنجی تشکیل شده است. میزان و محل قرارگیری هر نوع بافت استخوانی در استخوان‌های مختلف متفاوت است. به جدول مقایسه‌ای این دو نوع بافت دقت کنید:

	بافت استخوانی فشرده	بافت استخوانی اسفنجی
در همهٔ انواع استخوان‌ها وجود دارد.	✓	✓
نسبت به بافت استخوانی دیگر، خارجی‌تر است.	✓	×
در تماس با بافت پیوندی احاطه‌کنندهٔ تنهٔ استخوان است.	✓	×
در تماس با غضروف سر استخوان است.	✓	×
از تیغه‌های استخوانی هم‌مرکز تشکیل شده است.	✓	×
از میله‌ها و صفحات استخوانی تشکیل شده است.	×	✓
یاختهٔ استخوانی خارج از سامانهٔ هاورس دارد.	✓ (بعضی از یاخته‌ها)	✓ (همهٔ یاخته‌ها)
یاخته‌هایی با توانایی تولید یاخته‌های خونی در آن دیده می‌شود.	×	✓
یاخته‌هایی با زوائد سیتوپلاسمی دارد.	✓	✓
در ساختار خود حفرات متعدد دارد.	×	✓
مجاری متعدد موازی دارد.	✓	×
در پوکی استخوان بیشتر آسیب می‌بیند.	×	✓

سطح **خارجی** تنهٔ استخوان دراز توسط بافت پیوندی پوشانده می‌شود.

بافت پیوندی خارجی، شامل دو لایهٔ یاخته‌ای است و لایهٔ داخلی آن به بافت استخوانی فشرده متصل شده است. یاخته‌های داخلی بافت پیوندی خارجی استخوان، پهن و نزدیک به هم هستند.

همهٔ سطوح خارجی استخوان دراز به جز سطوح مفصلی توسط بافت پیوندی پوشیده می‌شود. در استخوان‌های دراز، سطح استخوان در محل مفصل‌های متحرک، توسط غضروف پوشیده می‌شود.



رگ‌های خونی و اعصاب با عبور از پوشش پیوندی اطراف تنهٔ استخوان وارد بافت استخوانی فشرده و سپس اسفنجی می‌شوند.

همهٔ یاخته‌ها و تیغه‌های استخوانی در بافت فشرده در سامانهٔ هاورس استقرار ندارند و تعدادی خارج از سامانه‌های هاورس قرار دارند.

مغز استخوان در دو نوع زرد و قرمز وجود دارد. مغز زرد بیشتر از چربی تشکیل شده است و مجرای مرکزی استخوان‌های دراز را پر می‌کند. مغز قرمز استخوان در بافت استخوانی در بافت اسفنجی دیده می‌شود. در کم‌خونی‌های شدید، مغز زرد می‌تواند به مغز قرمز تبدیل شود.

تنهٔ یک استخوان دراز از **بیرون به درون**:

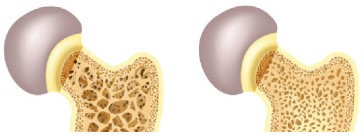
۲ لایه بافت پیوندی ← بافت استخوانی فشرده ← بافت استخوانی اسفنجی ← مجرای مرکزی استخوان (دارای مغز زرد)

مجراهای درون استخوان به صورت عمودی (درون سامانهٔ هاورس) و مورب قرار می‌گیرند که افقی‌ها ارتباط‌دهندهٔ عمودی‌ها با هم هستند.

تشکیل و تخریب استخوان

تشکیل و تخریب استخوان

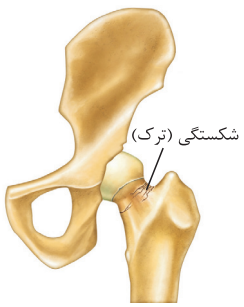
- در دوران **جنینی**، استخوان‌ها از بافت‌های نرمی تشکیل و به تدریج با افزوده‌شدن نمک‌های کلسیم سخت می‌شوند.
- با افزایش سن، یاخته‌های استخوانی کم‌کار می‌شوند و تودهٔ استخوانی به تدریج کاهش پیدا می‌کند.
- جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان‌ها، باعث بروز پوکی استخوان در مردان و زنان می‌شوند.


استخوان مبتلا به پوکی — استخوان طبیعی

- تراکم تودهٔ استخوانی از عوامل مهم استحکام استخوان‌هاست و کاهش آن باعث پوکی استخوان می‌شود.

در پوکی استخوان، تخریب استخوانی **افزایش** می‌یابد. در نتیجه استخوان‌ها ضعیف و شکننده می‌شوند.

- در استخوان طبیعی حفره‌های ریزی به تعداد زیاد دیده می‌شود؛ در حالی که در استخوان مبتلا به پوکی، تعداد حفرات کم‌تر و قطر آن‌ها بیشتر است.
- کمبود ویتامین D و کلسیم غذا، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات با جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان‌ها، باعث بروز پوکی استخوان در مردان و زنان می‌شوند. اختلال در ترشح بعضی هورمون‌ها (کلسی‌تونین و پاراتیروئیدی) و مصرف نوشابه‌های گازدار نیز در کاهش تراکم استخوان نقش دارند.



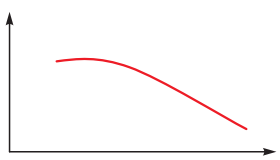
- استخوان‌های بدن به طور **پیوسته** دچار شکستگی‌های میکروسکوپی می‌شوند که نتیجهٔ حرکت معمول بدن‌اند. شکستگی‌های دیگر می‌توانند ناشی از ضربه یا برخورد باشند.
- در شکستگی‌های ناشی از ضربه یا برخورد، یاخته‌های نزدیک به محل شکستگی، یاخته‌های جدید استخوانی می‌سازند و پس ازچند هفته آسیب بهبود پیدا می‌کنند.
- در شکستگی‌های ناشی از ضربه در محل آسیب، التهاب رخ می‌دهد.

نکات فعالیت ۲

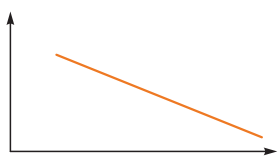
- به طور کلی تراکم تودهٔ استخوانی در زنان و مردان با هم تفاوت دارد.

میانگین تراکم استخوان		
سن	زن	مرد
۲۰	۰/۸۹۵	۰/۹۷۹
۳۰	۰/۸۸۶	۰/۹۳۶
۴۰	۰/۸۵۰	۰/۸۹۴
۵۰	۰/۷۹۷	۰/۸۵۱
۶۰	۰/۷۳۳	۰/۸۰۹
۷۰	۰/۶۶۷	۰/۷۶۶
۸۰	۰/۶۰۷	۰/۷۲۴

- نمودار مربوط به تراکم در زنان:



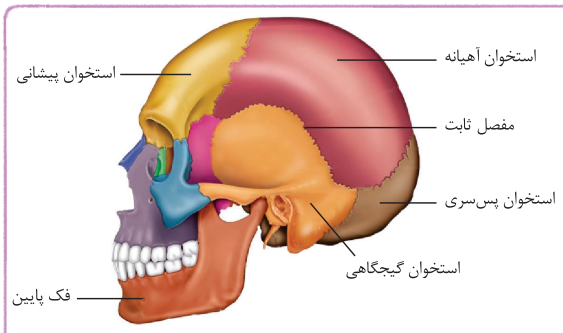
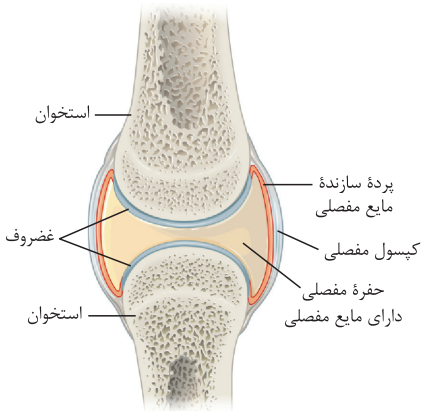
- نمودار مربوط به تراکم در مردان:



- مقدار حداکثر و حداقل، تراکم تودهٔ استخوانی در مردان بیشتر از زنان است.
- با افزایش سن، اختلاف تراکم تودهٔ استخوانی، در زنان و مردان افزایش می‌یابد.
- در مردان شدت تغییرات تراکم استخوان در سن ۲۰ تا ۵۰ سالگی بیشتر از زنان است، ولی از سن ۵۰ تا ۸۰ سالگی این تغییرات تراکمی در زنان بیشتر از مردان است.

مفصل

- مفصل محل اتصال استخوان‌ها با هم است و انواع آن را در جدول زیر می‌بینید:

مفصل ثابت	عدم حرکت استخوان‌ها مثال: مفصل ثابت بین استخوان‌های جمجمه • جمجمه از چندین استخوان تشکیل شده است که در محل مفصل‌های ثابت لبه‌های دندانه‌دار آن‌ها در هم فرورفته و محکم شده‌اند. • دقت کنید در جمجمه علاوه بر مفصل ثابت، مفصل متحرک نیز دیده می‌شود.	
مفصل متحرک	در **بیشتر** مفصل‌ها، استخوان‌ها قابلیت حرکت دارند. سر استخوان‌ها در محل مفصل‌های متحرک توسط بافت غضروفی پوشیده شده است. نمونهٔ مفاصل متحرک مفصل‌های زانو، انگشتان و لگن است. استخوان‌ها در محل **این نمونه‌ها** توسط یک کپسول از جنس بافت پیوندی رشته‌ای احاطه شده‌اند که پر از مایع مفصلی لغزنده است. مایع مفصلی و سطح صیقلی غضروف به استخوان‌ها امکان می‌دهد که سالیان زیادی در مجاور هم لیز بخورند و **اصطکاک چندانی نداشته باشند.** • دقت داشته باشید که در هر مفصل متحرک طبق متن کتاب درسی، کپسول مفصلی و مایع مفصلی وجود ندارد؛ چون گفته در محل این نمونه‌ها، این وضعیت وجود دارد. • ضخامت کپسول مفصلی از ضخامت پردهٔ سازندهٔ مایع مفصلی بیشتر است. • کپسول مفصلی با مایع مفصلی تماس ندارد. • سر استخوان‌ها در محل مفصل با مایع مفصلی به دلیل وجود غضروف مفصلی، تماس ندارند.	

- علاوه بر کپسول مفصلی، رباط‌ها و زردپی‌ها هم به کنار یکدیگر ماندن استخوان‌ها کمک می‌کنند. رباط، بافت پیوندی رشته‌ای محکمی است که استخوان‌ها را به هم متصل می‌کند.
- بخش صیقلی غضروف‌ها در اثر کارکرد زیاد، ضربات، آسیب‌ها و بعضی بیماری‌ها تخریب می‌شود، ولی بدن دوباره آن را ترمیم می‌کند. اگر سرعت تخریب بیش از ترمیم باشد، می‌تواند باعث بیماری‌های مفصلی شود.
- نقرس نوعی بیماری مفصلی است که به دلیل رسوب بلورهای اوریک‌اسید در مفصل ایجاد می‌شود. این بیماری همراه با التهاب مفصل است.
- بعضی انواع مفصل‌های متحرک را در پایین مشاهده می‌کنید:

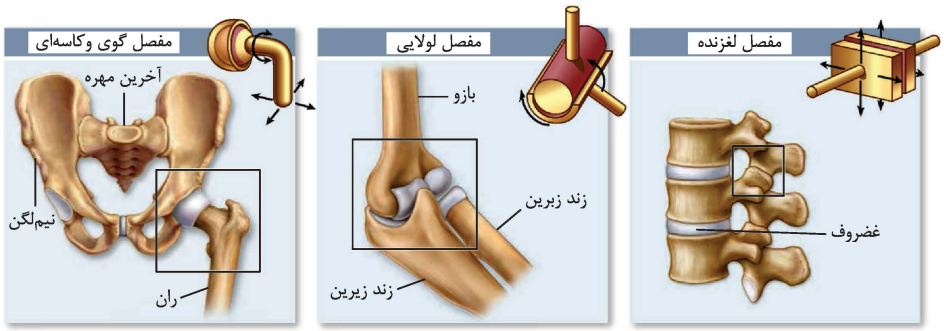
الف) جهت حرکت:

استخوان‌ها مفاصل گوی و کاسه و لغزنده در همهٔ جهات، ولی لولایی فقط در دو جهت بالا و پایین حرکت می‌کنند.

ب) دامنهٔ حرکت:

گوی و کاسه > لولایی > لغزنده.

- مفصل لغزنده بین استخوان‌های مهره، بین زوائد خارجی مهره‌ها است. اگر خیلی ریز شوید! می‌بینید که در مفصل لغزنده، سطح بالایی زائدهٔ خارجی یک مهره با سطح پایینی زائدهٔ خارجی یک مهرهٔ دیگر مفصل می‌دهد.

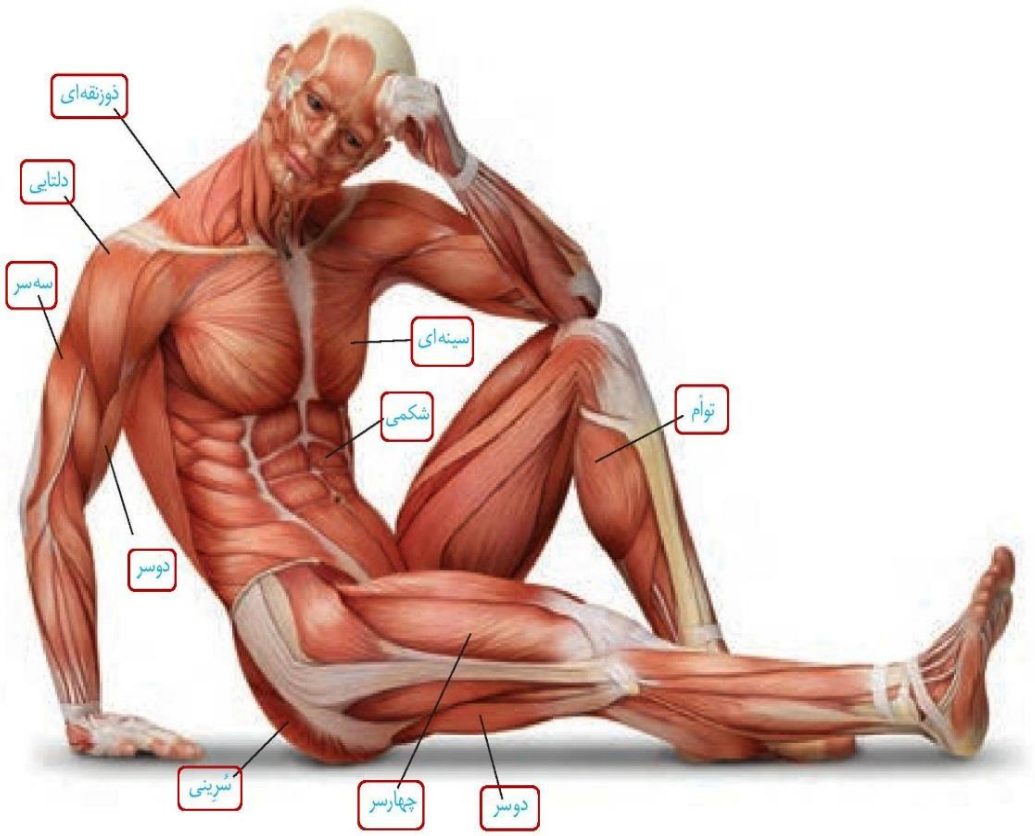

مفصل گوی وکاسه‌ای
آخرین مهره
نیم‌لگن
ران
مفصل لولایی
بازو
زند زبرین
زند زیرین
مفصل لغزنده
غضروف

گروه آموزشی آلپ

ترکیبی ۷-۱۱ رشد ماهیچه ها ← تستوسترون

گفتار ۲ ماهیچه و حرکت

بدن انسان بیش از ۶۰۰ ماهیچه اسکلتی دارد که با انقباض خود بسیاری از حرکات بدن را ایجاد می‌کنند. با این ماهیچه‌ها در سال‌های قبل آشنا شدید. شکل ۹ بعضی از این ماهیچه‌ها را در بدن انسان نشان می‌دهد.



شکل ۹ـ ماهیچه‌های اسکلتی بدن انسان

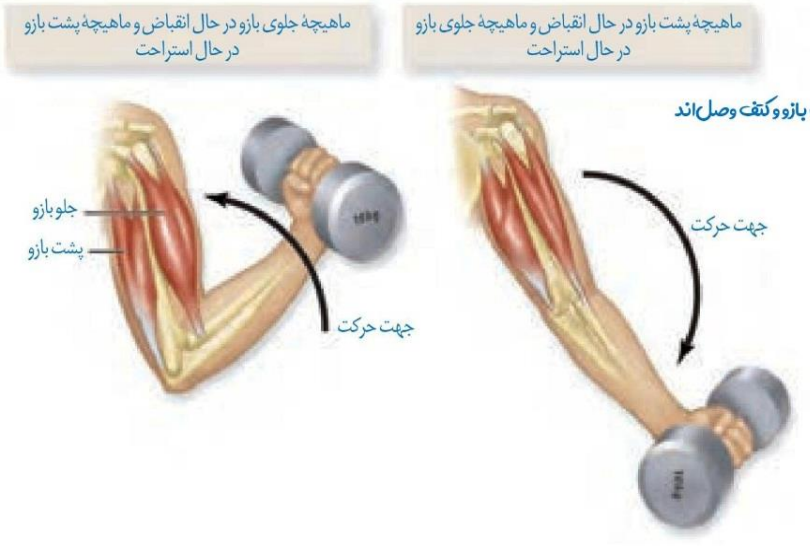
بسیاری از ماهیچه‌ها به صورت جفت باعث حرکات اندام‌ها می‌شوند؛ زیرا ماهیچه‌ها فقط قابلیت انقباض دارند. انقباض هر ماهیچه فقط می‌تواند استخوانی را در جهتی خاص بکشد، ولی آن ماهیچه نمی‌تواند استخوان را به حالت قبل برگرداند، این وظیفه بر عهدهٔ ماهیچهٔ متقابل آن است. برای مثال، ماهیچه روی بازو می تواند ساعد را به سمت جلو یا بالا بیاورد، ولی نمی‌تواند آن را به حالت قبل برگرداند و این حرکت توسط ماهیچه پشت بازو انجام می‌شود. بنابراین، هنگامی که یکی از جفت ماهیچه‌های متقابل در حالت انقباض است، ماهیچهٔ دیگر در حال استراحت است (شکل ۱۰). همهٔ ماهیچه‌های اسکلتی باعث حرکت استخوان نمی‌شوند. شما چه ماهیچه‌های اسکلتی را می‌شناسید که به استخوان متصل نیستند؟

مثل چشم و دیافراگم

www.Alpschool.ir

ماهیچه دوسر: دوسر بالا ← هردوسر به کتف وصل اند. / از پایین متصل به زند زبرین

ماهیچه سه سر: سه سر بالا به بغل بازو، پشت بازو و کتف وصل اند / از پایین متصل به زند زبرین



Agonist & Antagonist

EXTRA

شکل ۱۰ ـ عملکرد ماهیچه‌های متقابل

گرچه ماهیچه‌های اسکلتی تحت کنترل ارادی هستند، ولی بعضی از این ماهیچه‌ها به صورت غیر ارادی هم منقبض می‌شوند. انقباض ماهیچه‌ها در اثر انعکاس نمونه‌ای از این انقباض‌هاست که با آنها در گذشته آشنا شدید. ماهیچه‌ها همچنین با انقباض خود در حفظ شکل و حالت بدن و ایجاد حرارت مؤثرند (جدول ۲).

هیپوتالاموس ← تنظیم دمای بدن

ترکیبی ۱-۱۱

جدول ۲ـ اعمال ماهیچه‌های اسکلتی

وظیفه	توضیح
حرکات ارادی	ماهیچه‌ها با اتصال به استخوان‌ها باعث ایجاد حرکت ارادی می‌شوند.
کنترل دریچه‌های بدن	ماهیچه‌های اسکلتی نوعی کنترل ارادی برای دهان، مخرج و پلک‌ها ایجاد می‌کنند.
حفظ حالت بدن	ماهیچه‌ها با اتصال به استخوان‌ها و انقباض خود باعث اتصال استخوان‌ها به هم و نگهداری بدن به صورت قائم می‌شوند.
ارتباطات	ماهیچه‌های اسکلتی با کمک به سخن گفتن، نوشتن یا رسم شکل و ایجاد حالات مختلف چهره، در برقراری ارتباط ایفای نقش می‌کنند.
حفظ دمای بدن	فعالیت‌های سوخت و ساز در یاخته‌های ماهیچه‌ای باعث ایجاد گرمای زیادی می‌شود که می‌تواند در حفظ دمای مناسب بدن مؤثر باشد.

تجزیه ATP!

ساختار ماهیچهٔ اسکلتی

یک ماهیچهٔ اسکلتی مانند آنچه که در شکل ۱۱ دیده می‌شود از چندین دسته تار ماهیچه‌ای تشکیل شده است. هر دسته تار ماهیچه‌ای از تعدادی یاخته یا تار ماهیچه‌ای تشکیل شده است.

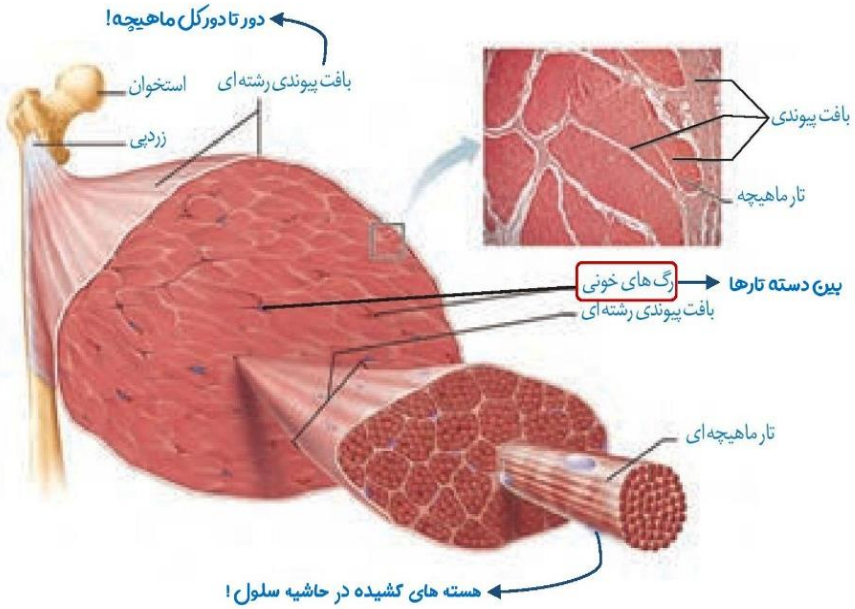
www.Alpschool.ir

این دسته تارها با غلافی از بافت پیوندی رشته‌ای محکم احاطه شده است. این غلاف‌های پیوندی در انتها به صورت طناب یا نواری محکم به نام **زردپی** در می‌آیند (شکل ۱۱). زردپی‌های دو انتهای ماهیچه، به استخوان‌های مختلف متصل می‌شوند. با انقباض ماهیچه، دو استخوان به طرف هم کشیده می‌شوند. نحوهٔ اتصال ماهیچه به استخوان طوری است که معمولاً با تغییر کوتاهی در طول ماهیچه، استخوان به اندازهٔ زیادی جابه‌جا می‌شود. مثلاً با کوتاه شدن حدود یک سانتی‌متر ماهیچهٔ جلوی بازو، ساعد دست به‌اندازهٔ زیادی حرکت می‌کند.

در مقطع عرضی ماهیچه، در بین دسته تارها، مقطع عرضی رگ‌های خونی نیز قابل مشاهده است.

هر ماهیچهٔ اسکلتی که به استخوان وصل است، دارای زردپی است ولی هر ماهیچه‌ای که زردپی دارد، لزوماً به استخوان متصل نیست.

دو زردپی ابتدا و انتهای ماهیچه ممکن نیست به یک استخوان متصل شده باشند.



شکل ۱۱ـ ساختار ماهیچهٔ اسکلتی

برخلاف نظر کنکور ۹۴!

یاخته (تار) ماهیچهٔ اسکلتی: در شکل ۱۲، یاخته‌های ماهیچه‌ای مانند استوانه‌ای با چندین هسته دیده می‌شوند. در واقع هر یاخته از به هم پیوستن چند یاخته در دورهٔ جنینی ایجاد می‌شود و به همین علت چند هسته دارد. درون هر یاخته، تعداد زیادی رشته به نام **تارچه ماهیچه‌ای** وجود دارد که موازی هم در طول یاخته قرار گرفته‌اند (شکل ۱۲).

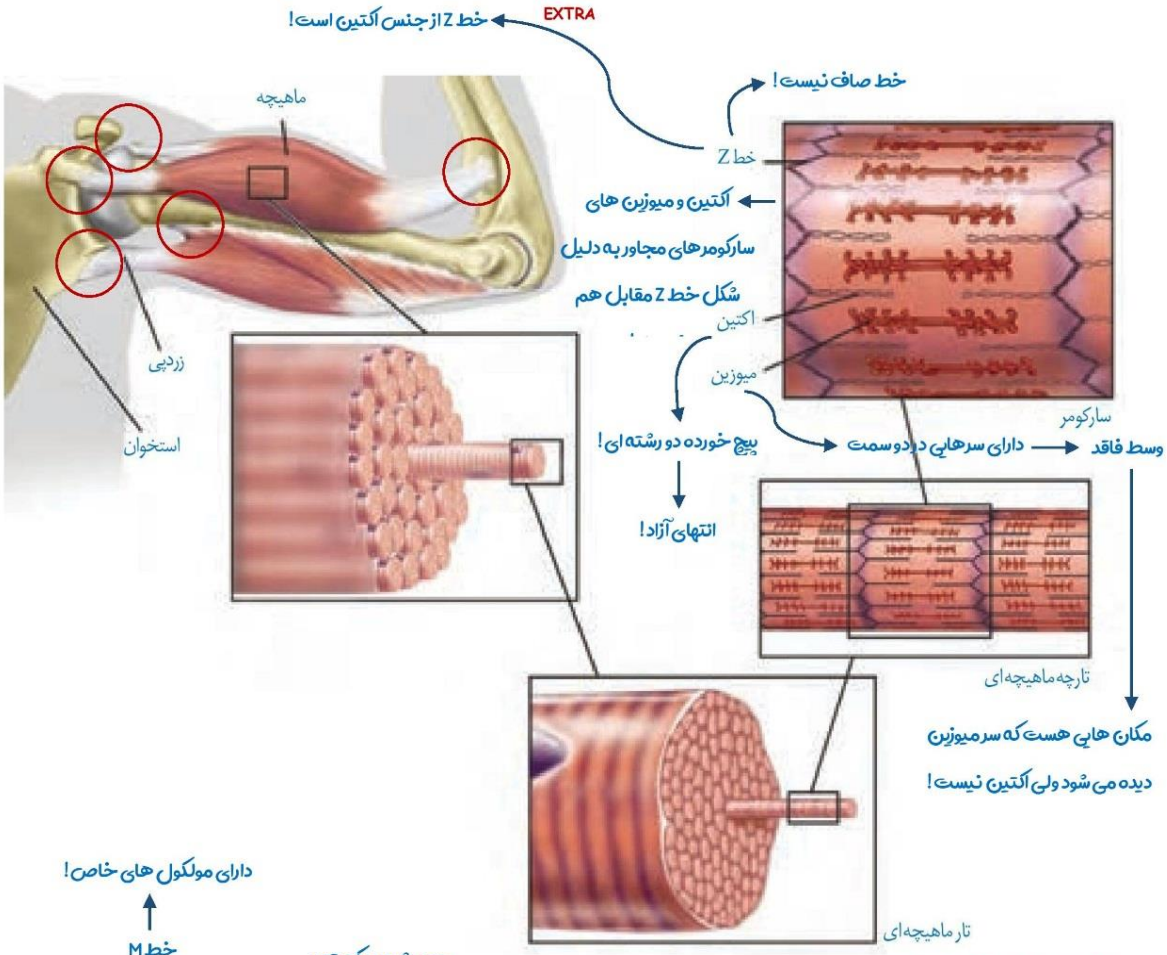
نه عدم وجود سیتوکینز!

تارچه‌ها از واحدهای تکراری به نام **سارکومر** تشکیل شده‌اند که به تار ماهیچه‌ای ظاهر مخطط (خط خط) می‌دهند. دو انتهای هر سارکومر خطی به نام **خط Z** دیده می‌شود. آیا با توجه به شکل ۱۲ می‌توانید علت این نام‌گذاری را حدس بزنید؟ ظاهر مخطط این یاخته‌ها به دلیل وجود دو نوع رشتهٔ پروتئینی اکتین و میوزین است که با آرایش خاصی در کنار هم قرار گرفته‌اند. رشته‌های اکتین نازک و از یک‌طرف به خط Z متصل‌اند. این رشته‌ها به درون سارکومر کشیده شده‌اند. رشته‌های میوزین، ضخیم و بین رشته‌های اکتین جاگرفته‌اند. این رشته‌ها سرهایی برای اتصال به اکتین دارند. آیا می‌توانید با توجه به شکل ۱۳ و نحوهٔ قرارگیری رشته‌های اکتین و میوزین در شکل ۱۲، علت تیره و روشن دیده شدن این تارهای ماهیچه‌ای را بیان کنید؟

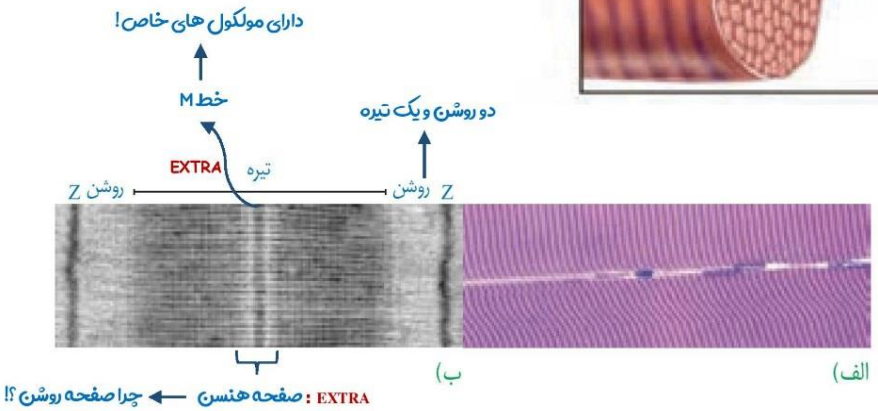
ماهیچه‌ی قلبی هم سارکومر دارد!

سارکومرها پشت سرهم (نه موازی) قرار می‌گیرند.

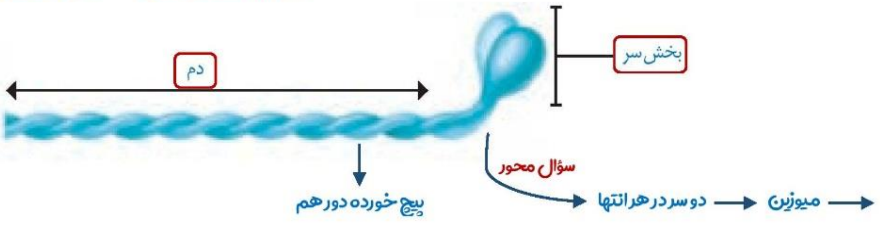
www.Alpschool.ir



شکل ۱۲ـ اجزای یک تار و تارچه ماهیچه‌ای



شکل ۱۳ـ تصویر میکروسکوپی از الف) ساختار ماهیچه مخطط و ب) سارکومر



شکل ۱۴ـ بخش های مختلف مولکول میوزین

مکانیسم انقباض ماهیچه

با رسیدن پیام از مراکز عصبی، تحریک از طریق همایهٔ ویژه‌ای از یاختهٔ عصبی به یاختهٔ ماهیچه‌ای می‌رسد و ناقل عصبی از پایانهٔ یاختهٔ عصبی آزاد می‌شود. با اتصال این ناقلین به گیرنده‌های خود در

www.Alpschool.ir

ترکیبی ۱۱-۱

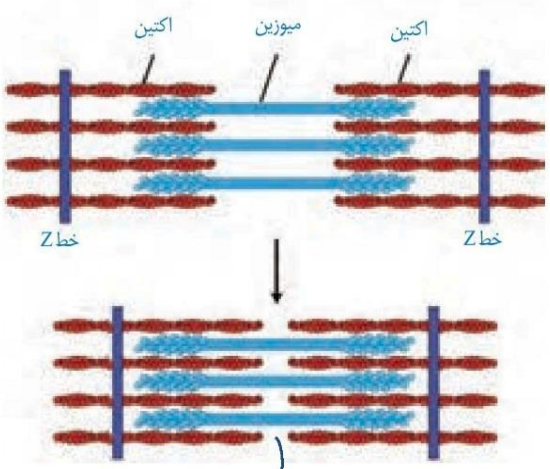
پتانسیل عمل ← افزایش اختلاف پتانسیل بین دو سمت غشا!

سطح یاخته ماهیچه‌ای، یک موج تحریکی در طول غشای یاخته ایجاد می‌شود. با تحریک یاختهٔ ماهیچه‌ای، یون‌های کلسیم از شبکه آندوپلاسمی آن آزاد می‌شود. در نتیجه این عمل، سرهای پروتئین‌های میوزین به رشته‌های اکتین متصل می‌شوند.

ترکیبی ۱۲-۱

تغییر شکل پروتئین ها ← تغییر عملکرد ← سر میوزین و قسمتی از اکتین دارای شکل مکمل می باشند!

با اتصال پروتئین‌های میوزین به اکتین و تغییر شکل آن، خطوط Z سارکومر به هم نزدیک می‌شوند. نزدیک شدن خطوط Z باعث کوتاه شدن طول سارکومرها و در کل، کاهش طول ماهیچه می‌شود (شکل ۱۵). طول میوزین، طول اکتین و طول نوار تیره تغییر نمی‌کند.



طی انقباض، بخش روشن وسط سارکومر کوچک‌تر می‌شود. (در هنگام انقباض حداکثری، صفحه روشن از بین می‌رود.)

شکل ۱۵ـ طرح ساده ای از انقباض سارکومرها

ممکن است اکتین ها به هم نرسند!

لغزیدن میوزین و اکتین در مجاورت هم به انرژی نیاز دارد. برای این کار، باید پل‌های اتصال میوزین و اکتین دائماً تشکیل و با حرکتی مانند پارو زدن، خطوط Z به سمت هم کشیده شوند؛ سپس سرهای متصل جدا و به بخش جلوتر وصل شوند. این لیز خوردن، اتصال و جدا شدن سرهای میوزین صدها مرتبه در ثانیه تکرار و در نتیجه ماهیچه اسکلتی منقبض می‌شود (شکل ۱۶).

هنوز غلظت کلسیم در آندوپلاسمی بیشتر از سیتوپلاسم می باشد!

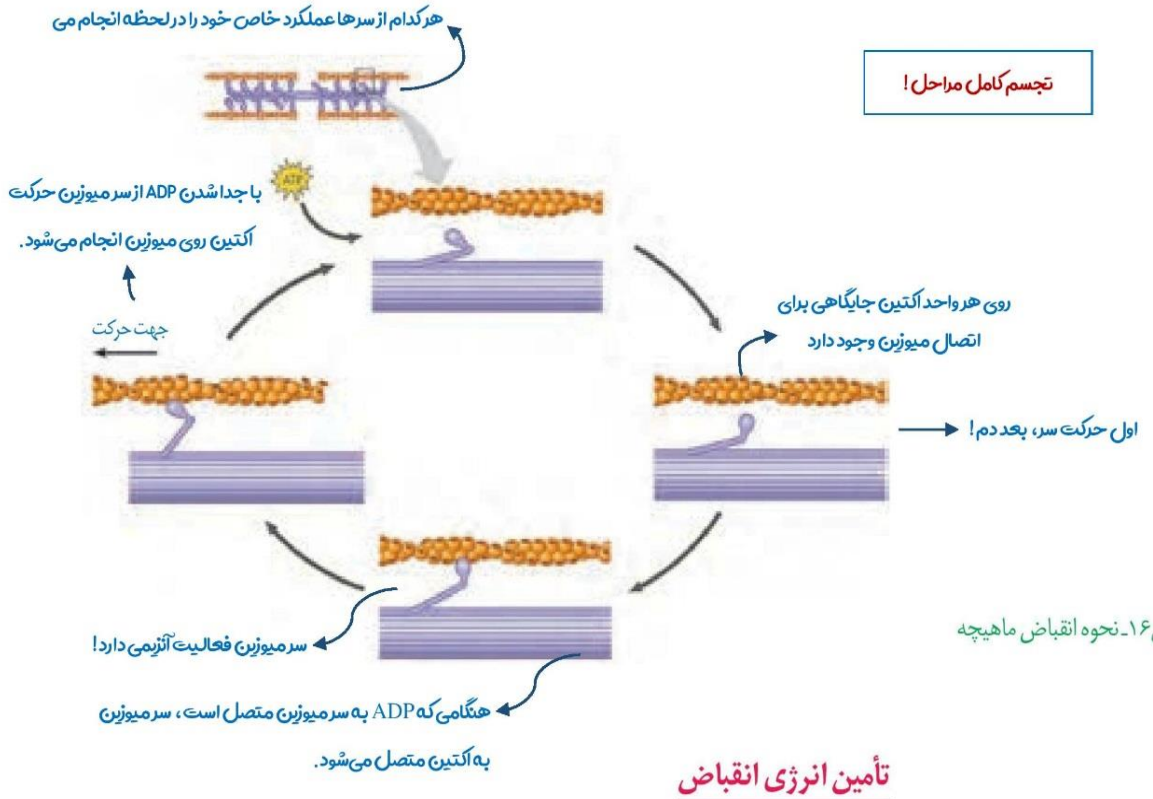
توقف انقباض: با توقف پیام عصبی انقباض، یون‌های کلسیم به سرعت با انتقال فعال به شبکهٔ آندوپلاسمی بازگردانده و در نتیجه اکتین و میوزین از هم جدا می‌شوند. در این حال، سارکومر تا زمان رسیدن پیام عصبی بعدی در حالت استراحت می‌ماند.

به دنبال ورود کلسیم به شبکهٔ آندوپلاسمی:
- طول سارکومر .....
- طول بخش روشن .....
- طول اکتین، میوزین و نوار تیره .....

بیشتر بدانید

بعضی عوامل بیماری‌زا می‌توانند در انقباض ماهیچه اختلال ایجاد کنند؛ مثلاً نوعی باکتری سمّی خطرناک به نام بوتولینوم تولید می‌کند. این سم مانع از آزاد شدن استیل‌کولین از یاخته‌های عصبی حرکتی می‌شود، در نتیجه ماهیچه هیچ پیامی برای تحریک دریافت نمی‌کند. این سم که به بوتاکس نیز معروف است در مقادیر بسیار کم برای کاهش چین و چروک‌های ظاهری چهره استفاده می‌شود. تزریق مقادیر بسیار کم بوتاکس در اطراف چشم و پیشانی به طور موقت باعث فلج ماهیچه‌های چهره می‌شود و تا مدتی چروک‌های صورت را رفع می‌کند، ولی از طرفی باعث بی‌حالت شدن چهره می‌شود که به چهرهٔ یخی یا بی‌روح معروف است.

www.Alpschool.ir



شکل ۱۶ـ نحوه انقباض ماهیچه

تأمین انرژی انقباض

نه همه! ← بیشتر انرژی لازم برای انقباض ماهیچه‌ها از سوختن گلوکز به‌دست می‌آید. در ماهیچه‌ها گلیکوژن به صورت ذخیره وجود دارد و در صورت لزوم به گلوکز تجزیه می‌شود. در صورت وجود اکسیژن، تجزیه گلوکز می‌تواند تا چند دقیقه انرژی لازم برای ساخت ATP را فراهم کند. برای انقباض طولانی‌تر، ماهیچه‌ها از اسیدهای چرب استفاده می‌کنند.

مادهٔ دیگر کرآتین فسفات است که طبق واکنش زیر می‌تواند با دادن فسفات خود، مولکول ATP را به سرعت بازتولید کند.

ترکیبی ۵-۱۰

$$C + ATP \rightarrow (\text{کرآتین}) CP + ADP \quad (\text{کرآتین فسفات})$$

ماهیچه‌ها برای تجزیهٔ کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند. در فعالیت‌های شدید که اکسیژن کافی به ماهیچه‌ها نمی‌رسد، تجزیهٔ گلوکز به صورت بی‌هوازی انجام می‌شود. در اثر این واکنش‌ها لاکتیک اسید تولید می‌شود که در ماهیچه انباشته می‌شود. انباشته شدن لاکتیک اسید پس از تمرینات ورزشی طولانی، باعث گرفتگی و درد ماهیچه‌ای می‌شود. لاکتیک اسید اضافی به تدریج تجزیه می‌شود و اثرات درد و گرفتگی ماهیچه‌ای کاهش می‌یابد.

ترکیبی ۵-۱۳ ←

ترکیبی ۴-۱۱ ←

احتمال آسیب به بافت کبدی! ← تحریک گیرنده های درد ماهیچه ای!

انواع یاخته‌های بافت ماهیچه‌ای

یاخته‌های ماهیچه‌ای را می‌توان به دو نوع یاخته‌های تند و کند تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی براساس سرعت انقباض است. بسیاری از ماهیچه‌های بدن هر دو نوع یاخته را دارند. تار ماهیچه‌ای نوع کند، برای حرکات استقامتی مانند شنا کردن ویژه شده‌اند. این تارها مقدار زیادی رنگ دانه قرمز به

www.Alpschool.ir

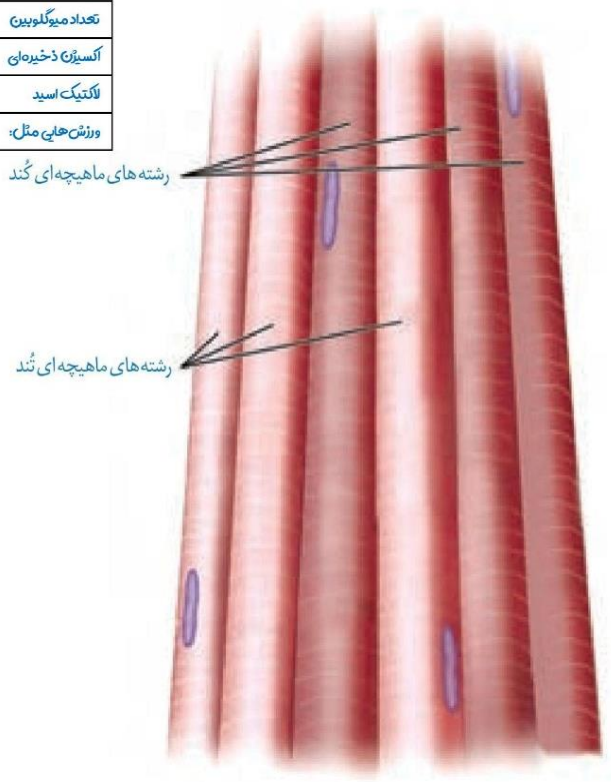
ساختار سوم ← شبیه یک چهارم هموگلوبین! ☺ ← یک زنجیره پلی پپتیدی و یک گروه هم با یون Fe^{2+}

نام **میوگلوبین** (شبیه هموگلوبین) دارند که می‌توانند مقداری اکسیژن را ذخیره کنند. این تارها بیشتر نه همه! انرژی خود را به روش هوازی به‌دست می‌آورند (شکل ۱۷).

تارهای ماهیچه‌ای تند (یا سفید) سریع منقبض می‌شوند. این تارها مسئول انجام انقباضات سریع مثل دوی سرعت و بلندکردن وزنه‌اند. این تارها تعداد میتوکندری کمتری دارند و انرژی خود را بیشتر از راه تنفس بی‌هوازی به‌دست می‌آورند. مقدار میوگلوبین این تارها هم کمتر است. این تارها سریع نه فاقد! انرژی خود را از دست می‌دهند و خسته می‌شوند. افراد کم تحرک، دارای تارماهیچه‌ای تند بیشتری هستند که با ورزش، تارهای نوع تند به نوع کند تبدیل می‌شوند (شکل ۱۷).

همه‌ی تارهای ماهیچه‌ای کند و تند دارای میتوکندری، هسته و میوگلوبین هستند.

	تارهای ماهیچه‌ای تند	تارهای ماهیچه‌ای کند
رنگ		
میتوکندری		
نوع تنفس		
تعداد میوگلوبین		
اکسیژن ذخیره‌ای		
لاکتیک اسید		
ورزش‌هایی مثل:		



شکل ۱۷ـ تارهای ماهیچه‌ای تند و کند

فعّالیت ۴

الف) به نظر شما چه تفاوت‌هایی بین دوندگان دوی صدمتر و ماراتن از نظر تعداد و درصد تارهای ماهیچه‌ای تند و کند وجود دارد؟ تند بیشتر ← کند بیشتر

ب) کدام گروه هنگام فعالیت ورزشی حرفه‌ای خود به اکسیژن نیاز بیشتری دارند؟ ماراتن

پ) مقدار میوگلوبین ماهیچه‌های مؤثر در ورزش حرفه‌ای این ورزشکاران چه تفاوتی دارد؟ دوی صدمتر ← کمتر / ماراتن ← بیشتر

www.Alpschool.ir

حرکت در جانوران

جانوران حداقل در بخشی از زندگی خود می‌توانند از جایی به جای دیگری حرکت کنند. شیوه‌های حرکتی در جانوران بسیار متنوع است. شناکردن، پروازکردن، دویدن و خزیدن، نمونه‌هایی از این حرکات‌اند. با این وجود، اساس حرکت در جانوران مشابه است؛ برای حرکت در یک سو، جانور باید نیرویی در خلاف آن وارد کند. برای انجام حرکت، جانوران نیازمند ساختارهای اسکلتی و ماهیچه‌ای هستند.

ساختار اسکلت در جانوران متفاوت است، ولی می‌توان انواع اسکلت در جانوران را به سه گروه آب‌ایستایی[1]، بیرونی و درونی طبقه بندی کرد. اسکلت آب‌ایستایی در اثر تجمع مایع درون بدن به آن شکل می‌دهد. عروس دریایی اسکلت آب‌ایستایی دارد. ضمناً در این جانوران، با فشار جریان آب به بیرون، جانور به سمت مخالف حرکت می‌کند. این حالت مانند حرکت بادکنک هنگام خالی شدن هوای آن است و باعث رانده شدن بادکنک در خلاف جهت خروج هوا می‌شود.

فشار از درون به بیرون!

ترکیبی ۴-۱۰

دارای کیسه گوارشی!

حشرات و سخت‌پوستان نمونه‌هایی از جانوران دارای اسکلت بیرونی هستند. در این جانوران، اسکلت علاوه بر کمک به حرکت، وظیفهٔ حفاظتی هم دارد. با افزایش اندازهٔ جانور، اسکلت خارجی آن هم باید بزرگ‌تر و ضخیم‌تر شود. بزرگ بودن اسکلت خارجی، باعث سنگین‌تر شدن آن می‌شود که در حرکات جانور محدودیت ایجاد می‌کند. به همین علت، اندازهٔ این جانوران از حدّ خاصی بیشتر نمی‌شود.

مهره‌داران اسکلت درونی دارند. در انواعی از ماهی‌ها مانند کوسه‌ماهی، جنس این اسکلت از نوع غضروفی است، ولی در سایر مهره‌داران استخوانی است که غضروف نیز دارد. ساختار استخوان در این جانوران بسیار شبیه ساختار استخوان انسان است.

فعّالیت ۵

با استفاده از منابع علمی تحقیق کنید هریک از انواع اسکلت درونی یا بیرونی چه مزایا و محدودیت‌هایی دارند. نتایج تحقیق خود را به صورت گزارش در کلاس ارائه کنید.

اسکلت بیرونی
- حشرات ← ملخ، جیرجیرک، زنبور، کفشدوزک، شته و ....
- سخت‌پوستان ← خرچنگ و میگو
- حلزون‌ها

لاک (در لاک‌پشت) جزو اسکلت بیرونی محسوب نمی‌شود.

۱- Hydrostatic

www.Alpschool.ir

ماهیچه و حرکت

- بدن انسان بیش از ۶۰۰ ماهیچه اسکلتی دارد که با انقباض خود **بسیاری** از حرکات بدن را ایجاد می‌کنند.
- دقت کنید بعضی از حرکات بدن مانند بعضی حرکات لولهٔ گوارش توسط ماهیچه‌های صاف انجام می‌شود و حتی می‌توان گفت بعضی از حرکات به دلیل استراحت ماهیچهٔ اسکلتی است؛ مثلن حرکت استخوان‌های جناغ و دنده در زمان بازدم عادی به دلیل استراحت ماهیچهٔ دیافراگم و بین‌دنده‌ای خارجی است!
- در بدن ۳ نوع بافت ماهیچه‌ای وجود دارد که در جدول زیر به آن اشاره کرده‌ایم:

<table>
<tr><th colspan="3">انواع بافت ماهیچه‌ای</th></tr>
<tr><th>ماهیچهٔ اسکلتی (مخطط)</th><th>ماهیچهٔ قلبی</th><th>ماهیچهٔ صاف</th></tr>
<tr><td colspan="2">ظاهری استوانه‌ای (رشته‌ای، غیردوکی) دارند.</td><td>ظاهری دوکی‌شکل (غیررشته‌ای) دارند.</td></tr>
<tr><td>بدون انشعاب (غیرمنشعب) هستند.</td><td>منشعب هستند.</td><td>بدون انشعاب (غیرمنشعب) هستند.</td></tr>
<tr><td>—</td><td>ترکیبی از ویژگی‌های ماهیچهٔ اسکلتی و صاف را دارد.</td><td>—</td></tr>
<tr><td>چند هسته‌ای هستند؛ بنابراین در مردان در این یاخته‌ها بیش از یک فام‌تن Y وجود دارد.</td><td>بیشتر یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی یک هسته و برخی از آن‌ها دو هسته‌ای‌اند.</td><td>همهٔ یاخته‌های ماهیچهٔ صاف، یک هسته دارند.</td></tr>
<tr><td colspan="3">شکل هسته (اندامک تعیین‌کنندهٔ شکل و اندازهٔ یاخته، اندامک کنترل‌کنندهٔ فعالیت‌های یاخته) کشیده و غیرکروی است.</td></tr>
<tr><td>هسته‌های آن‌ها کناری است؛ یعنی در مرکز یاخته قرار نداشته و در نزدیکی غشا است.</td><td>هسته(ها) درمرکز یاخته هستند.</td><td>هسته در مرکز یاخته است.</td></tr>
<tr><td colspan="3">رشته‌های پروتئینی اکتین (رشته‌های نازک) و میوزینی (رشته‌های ضخیم) دارند؛ بنابراین دارای پروتئین‌های انقباضی (رشته‌ای هستند) با قطر متفاوت هستند.
در همهٔ ماهیچه‌ها، رشته‌های پروتئینی میوزین مابین رشته‌های اکتین قرار دارند.</td></tr>
<tr><td colspan="2">نحوهٔ قرارگیری رشته‌های اکتین و میوزین به صورتی است که نوارهای تیره و روشن تشکیل می‌شود؛ بنابراین این ماهیچه‌ها دارای خطوط تیره و روشن (مخطط) هستند.</td><td>نحوهٔ قرارگیری رشته‌های اکتین و میوزین منجر به تشکیل نوارهای تیره و روشن نمی‌شود.</td></tr>
<tr><td colspan="2">خطوط در آن‌ها مشاهده می‌شود؛ در نتیجه در این یاخته‌ها سارکومر (واحدهای انقباضی منظم و متعدد) قابل مشاهده است. رشته‌های اکتین به خطوط Z متصل هستند؛ بنابراین در پی انقباض خطوط Z به هم نزدیک می‌شوند و سارکومر کوتاه می‌شود.</td><td>خطوط Z و سارکومر ندارند.</td></tr>
<tr><td colspan="3">همهٔ ماهیچه‌های بدن برای انقباض نیازمند یون کلسیم و ATP هستند. اختلال در میزان ترشح هورمون‌های پاراتیروئیدی و کلسی‌تونین سبب اختلال در میزان کلسیم بدن شده و در نتیجه در انقباض ماهیچه‌های اختلال ایجاد می‌شود.</td></tr>
</table>

انواع بافت ماهیچه‌ای		
ماهیچهٔ اسکلتی (مخطط)	ماهیچهٔ قلبی	ماهیچهٔ صاف
دارای گیرنده‌های حس وضعیت هستند؛ در نتیجه اطلاعات دریافتی را به مرکز تنظیم وضعیت بدن و تعادل (مخچه) ارسال می‌کنند.	از طریق صفحات بینابینی (درهم‌رفته) با یکدیگر ارتباط دارند؛ بنابراین پیام انقباض و استراحت به سرعت بین یاخته‌های ماهیچهٔ قلب منتشر می‌شود و قلب در حالت انقباض و استراحت مانند یک تودهٔ یاخته‌ای واحد عمل می‌کند.	—
هم به طور ارادی (آگاهانه) و هم به طور غیرارادی (ناآگاهانه) منقبض می‌شوند.	فقط به صورت غیرارادی (ناآگاهانه) منقبض می‌شوند.	
همواره تحت کنترل سیستم عصبی پیکری (نه خودمختار!) قرار دارند.	همانند کنترل اعمال غده‌های بدن تحت کنترل اعصاب خودمختار (نه پیکری!) قرار دارند.	
همواره برای انقباض الزامن به تحریک از سوی نورون‌های حرکتی دستگاه عصبی نیاز دارند؛ بنابراین همواره در اثر تحریک نورون‌ها و در پی اتصال ناقل عصبی به گیرنده‌های غشای خود منقبض می‌شوند.	می‌توانند بدون تحریک دستگاه عصبی خودمختار یعنی مستقل از نورون و بدون دخالت ناقل عصبی و یا تحت تأثیر هورمون‌ها و برخی مواد شیمیایی تحریک شده و منقبض شوند، مثال: تحریک ماهیچهٔ قلبی توسط بافت گرهی قلب و هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین، انقباض ماهیچهٔ صاف دیوارهٔ رحم و مجاری خارج‌کنندهٔ شیر توسط هورمون اکسی‌توسین و اثر کربن دی‌اکسید خون بر میزان انقباض ماهیچه‌های صاف در سرخرگ‌های کوچک	
معمولن از طریق زردپی به استخوان‌ها متصل‌اند؛ یعنی زردپی تشکیل می‌دهند و نیروی انقباض آن‌ها از طریق زردپی به استخوان‌ها منتقل شده و سبب حرکت استخوان می‌شوند. تذکر مهم: گروهی از ماهیچه‌های اسکلتی (حلق، ابتدای مری، بندارهٔ خارجی مخرج و خارجی میزراه) به استخوان متصل نیستند.	به استخوان‌ها متصل نیستند؛ در نتیجه نیروی انقباضی آن‌ها به استخوان وارد نمی‌شود. غلاف پیوندی اطراف آن‌ها زردپی تشکیل نمی‌دهد.	
بسیاری از ماهیچه‌های اسکلتی به صورت جفت سبب حرکت اندام می‌شوند (مثلن دوسر بازو و سه‌سر بازو). بسیاری از حرکات بدن توسط ماهیچه‌های اسکلتی انجام می‌شود.	برخی از حرکات بدن انسان، مانند حرکات لولهٔ گوارش (کرمی و قطعه‌قطعه)، حرکت خون در رگ‌ها و ... به دنبال انقباض ماهیچه‌های صاف و قلبی رخ می‌دهد.	
در حلق و ابتدای مری در ایجاد حرکات کرمی نقش دارند.	هیچ‌گاه نمی‌توانند در ایجاد حرکات کرمی نقش داشته باشند.	در بخش عمدهٔ لولهٔ گوارش و در میزنای‌ها سبب ایجاد حرکات کرمی می‌شود.
حرکت خون در سیاهرگ‌ها (به ویژه سیاهرگ‌های نواحی پایین‌تر از قلب) به مقدار زیادی به انقباض ماهیچه‌های اسکلتی وابسته است (مثلن تلمبهٔ ماهیچه‌ای در ساق پا که با انقباض به حرکت خون کمک می‌کند).	انقباض ماهیچهٔ قلب سبب حرکت خون در رگ‌ها می‌شود.	در دیوارهٔ سرخرگ‌ها فشار زیاد وارد شده از پمپاژ قلب، توسط ماهیچهٔ صاف دیوارهٔ تحمل و هدایت می‌شود در نتیجه باعث پیوستگی حرکت خون در رگ‌ها می‌شود.
گروهی از بندارهای گوارشی (بندارهٔ خارجی مخرج) و غیرگوارشی (خارجی میزراه) از نوع ماهیچهٔ اسکلتی هستند.	در ساختار هیچ‌یک از بندارهای گوارشی و غیرگوارشی شرکت ندارند.	در ساختار گروهی از بندارهای گوارشی و غیرگوارشی (همهٔ بندارهای مویرگی و داخلی میزراه) شرکت دارد.
بدن انسان بیش از ۶۰۰ ماهیچه اسکلتی دارد در نتیجه در مقایسهٔ با سایر انواع ماهیچه‌ها، نقش مؤثرتری بر میزان نمایهٔ تودهٔ بدنی دارد.	در مقایسه با سایر انواع ماهیچه‌ها، نقش کم‌تری بر نمایهٔ تودهٔ بدنی دارد.	—
همهٔ ماهیچه‌های بدن انسان:		

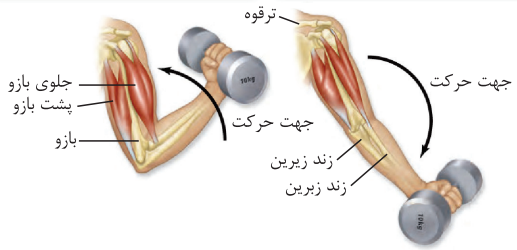
انواع بافت ماهیچه‌ای		
ماهیچهٔ اسکلتی (مخطط)	ماهیچهٔ قلبی	ماهیچهٔ صاف
● مولکول‌های گلوکز می‌توانند با واکنش سنتز آبدهی به یکدیگر متصل شده و پلی‌ساکارید گلیکوژن را ایجاد کنند. در واقع هم می‌توانند از گلوکز، گلیکوژن بسازند و هم گلیکوژن را در وقت نیاز به گلوکز تجزیه کنند، پس هم آنزیم ساخت گلیکوژن را دارند و هم آنزیم تجزیهٔ آن را! گلوکز به کمک انسولین وارد این یاخته‌ها شده و به شکل گلیکوژن در آن‌ها ذخیره می‌شود. ● توانایی انقباض به صورت غیرارادی را دارند. ● دارای بخش تعیین‌کنندهٔ شکل و اندازهٔ یاخته (هسته) هستند. ● می‌توانند به روش‌های اکسایشی و در سطح پیش‌ماده (در فرایندهای قندکافت + چرخهٔ کربس + استفاده از کراتین‌فسفات) مولکول تولید کنند (فصل ۵ دوازدهم) ● در آن‌ها همانندسازی دنای حلقوی (درون راکیزهٔ = نوعی اندامک دوغشایی) و هم‌چنین رونویسی از ژن‌های موجود در دنای خطی و حلقوی انجام می‌گیرد (فصل ۱ و ۲ دوازدهم). ● برای هورمون‌های رشد، انسولین و تیروئیدی دارای گیرنده هستند (فصل ۴ یازدهم). ● برای انقباض نیازمند یون‌های کلسیم هستند.		

● بسیاری از ماهیچه‌ها به صورت جفت باعث حرکات اندام‌ها می‌شوند؛ زیرا ماهیچه‌ها فقط قابلیت انقباض دارند.

● انقباض هر ماهیچه فقط می‌تواند استخوانی را در جهتی خاص بکشد، ولی آن ماهیچه نمی‌تواند استخوان را به حالت قبل برگرداند. این وظیفه بر عهدهٔ ماهیچهٔ متقابل آن است؛ برای مثال، ماهیچه روی بازو می‌تواند ساعد را به سمت جلو یا بالا بیاورد، ولی نمی‌تواند آن را به حالت قبل برگرداند و این حرکت توسط ماهیچه پشت بازو انجام می‌شود. بنابراین، هنگامی که یکی ازجفت ماهیچه‌های متقابل در حالت انقباض است، ماهیچهٔ دیگر در حال استراحت است.

ماهیچهٔ پشت بازو در حال انقباض و ماهیچهٔ جلوی بازو در حال استراحت

ماهیچهٔ جلوی بازو در حال انقباض و ماهیچهٔ پشت بازو در حال استراحت



● در زمان انقباض ماهیچهٔ جلو بازو: مفصل آرنج بسته می‌شود + طول ماهیچهٔ جلو بازو کم و حجم آن افزایش می‌یابد.

● در زمان انقباض ماهیچهٔ پشت بازو: مفصل آرنج باز می‌شود + طول ماهیچهٔ پشت بازو کم ولی حجم آن زیاد می‌شود.

● همهٔ ماهیچه‌های اسکلتی باعث حرکت استخوان نمی‌شوند. مثلن بندارهٔ خارجی مخرج و میزراه!

● گرچه ماهیچه‌های اسکلتی تحت کنترل ارادی، هستند، ولی **بعضی** از این ماهیچه‌ها به صورت غیرارادی هم منقبض می‌شوند. انقباض ماهیچه‌ها در اثر انعکاس نمونه‌ای از این انقباض‌هاست.

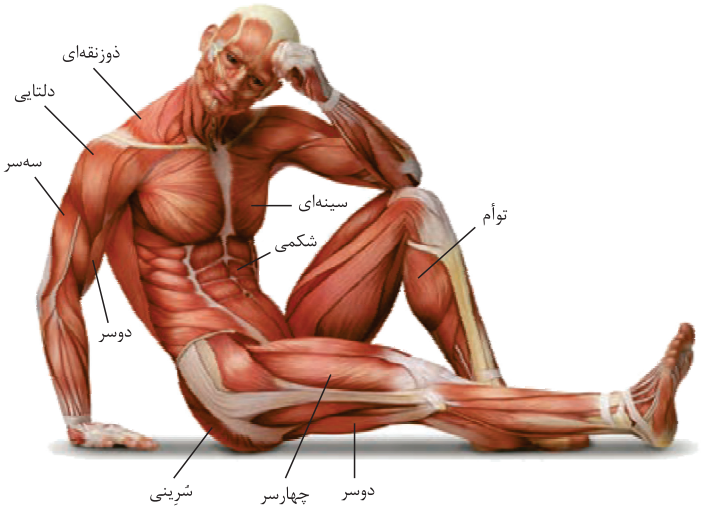
اعمال ماهیچه‌های اسکلتی

وظیفه	توضیح
حرکات ارادی	ماهیچه‌ها با اتصال به استخوان‌ها باعث ایجاد حرکت ارادی می‌شوند.
کنترل دریچه‌های بدن	ماهیچه‌های اسکلتی نوعی کنترل ارادی برای دهان، مخرج و پلک‌ها ایجاد می‌کنند.
حفظ حالت بدن	ماهیچه‌ها با اتصال به استخوان‌ها و انقباض خود باعث اتصال استخوان‌ها به هم و نگه‌داری بدن به صورت قائم می‌شوند.
ارتباطات	ماهیچه‌های اسکلتی با کمک به سخن‌گفتن، نوشتن یا رسم شکل و ایجاد حالات مختلف چهره، در برقراری ارتباط ایفای نقش می‌کنند.
حفظ دمای بدن	فعالیت‌های سوخت‌وساز در یاخته‌های ماهیچه‌ای باعث ایجاد گرمای زیادی می‌شود که می‌تواند در حفظ دمای مناسب بدن مؤثر باشد.

بررسی شکل ۹ ـ ماهیچه‌های اسکلتی بدن انسان

● ماهیچهٔ سینه‌ای، به استخوان‌های جناغ، ترقوه و دنده‌ها اتصال دارد.

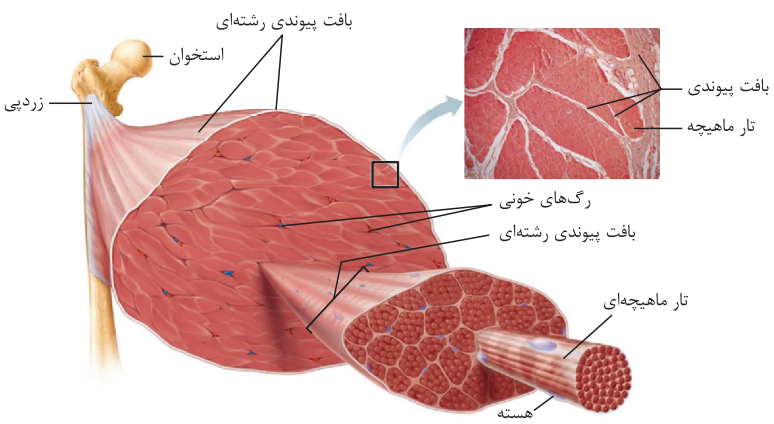
● ماهیچهٔ شکمی، به استخوان‌های جناغ و بعضی از دنده‌ها متصل است. این ماهیچه در بازدم عمیق با انقباض خود باعث خارج‌شدن حجم ذخیرهٔ بازدمی از دستگاه تنفس می‌شود.



- ماهیچهٔ دوسر بازو از طریق زردپی‌هایی با استخوان‌های کتف و زند زبرین اتصال دارد.
- ماهیچهٔ ذوزنقه‌ای با استخوان ترقوه در ارتباط است.
- ماهیچهٔ دلتایی، با استخوان بازو و ترقوه در تماس است.
- ماهیچهٔ چهارسر ران با استخوان لگن، درشت‌نی و کشکک همراه است.
- استخوان سه‌سر بازو از طریق زردپی‌هایی با استخوان‌های کتف، بازو و زند زیرین اتصال دارد.
- استخوان سُرینی، با استخوان لگن و ران ارتباط دارد.
- استخوان توأم به پاشنه متصل است.
- ماهیچهٔ دو سر ران، به استخوان لگن و نازک‌نی متصل است.
- ماهیچهٔ ذوزنقه‌ای، با استخوان کتف و ستون مهره و جناغ ارتباط دارد.
- ماهیچهٔ دلتایی به استخوان کتف متصل است.
- ماهیچهٔ سینه‌ای با ماهیچه‌های شکمی مجاورت دارد.
- ماهیچهٔ دلتایی، با ماهیچهٔ دوسر بازو مجاورت دارد.
- مشاهدهٔ ماهیچه‌ها از نمای جلو و عقب:

سطح شکمی	سطح پشتی
سینه‌ای	سه سر بازو
شکمی	سرینی
دوسر بازو	توأم
چهارسر ران	دوسر ران
دو ماهیچهٔ دلتایی و ذوزنقه‌ای در هر دو نمای شکمی و پشتی دیده می‌شوند.	

ساختار ماهیچهٔ اسکلتی



- یک ماهیچهٔ اسکلتی از **چندین دسته تار** ماهیچه‌ای تشکیل شده است.
- هر دسته تار ماهیچه‌ای از تعدادی یاخته یا تار ماهیچه‌ای تشکیل شده است.
- این دسته تارها با غلافی از بافت پیوندی **رشته‌ای** محکم احاطه شده است. این غلاف‌های پیوندی در انتها، به صورت طناب یا نواری محکم به نام زردپی در می‌آیند.
- زردپی‌های دو انتهای ماهیچه، به استخوان‌های مختلف متصل می‌شوند. با انقباض ماهیچه، دو استخوان به طرف هم کشیده می‌شوند. نحوهٔ اتصال ماهیچه به استخوان طوری است که معمولن با **تغییر کوتاهی در طول ماهیچه، استخوان به اندازهٔ زیادی** جابه‌جا می‌شود. مثلن با کوتاه‌شدن حدود یک سانتی‌متر ماهیچهٔ جلوی بازو، ساعد دست به اندازهٔ زیادی حرکت می‌کند.
- در بین و درون دسته تارهای ماهیچه‌ای، رگ‌های خونی، لنفی و اعصاب مشاهده می‌شوند.

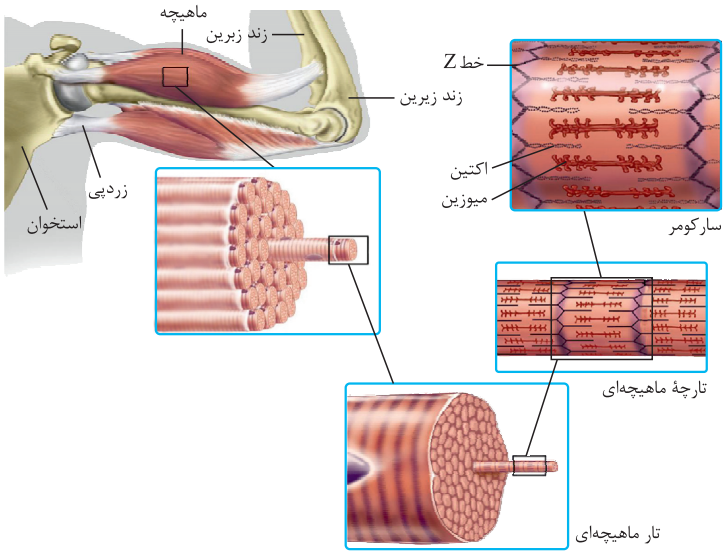
- در ۳ سطح، در هر ماهیچهٔ اسکلتی، بافت پیوندی وجود دارد.

سطح	توضیح
اول	در اطراف هر کدام از تارها یا یاخته‌های ماهیچه‌های اسکلتی
دوم	در اطراف دستهٔ تارهای ماهیچهٔ اسکلتی
سوم	در اطراف کل ماهیچهٔ اسکلتی قرار دارد که در نهایت در دو سمت ماهیچه، زردپی را ایجاد می‌کند.

یاخته (تار) ماهیچهٔ اسکلتی

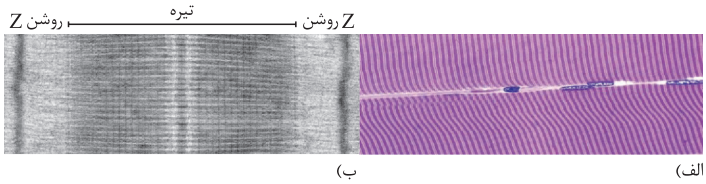
یاختهٔ ماهیچهٔ اسکلتی

- هر یاخته از به هم پیوستن چند یاخته در دورهٔ جنینی ایجاد می‌شود به همین علت چند هسته دارد.
- درون هر یاخته، تعداد زیادی رشته به نام تارچهٔ ماهیچه‌ای وجود دارد.
- تارچه‌ها از واحدهای تکراری به نام سارکومر تشکیل شده‌اند.
- در ساختار سارکومر رشته‌های اکتین و میوزین وجود دارند.



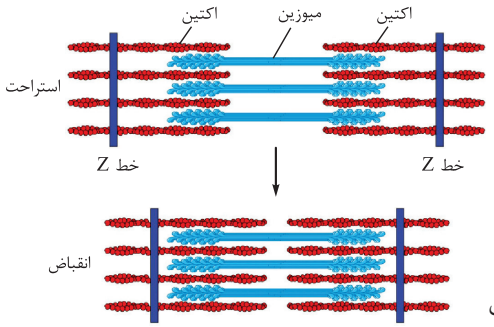
- درون هر یاخته، تعداد زیادی رشته به نام تارچه ماهیچه‌ای وجود دارد که **موازی** هم در طول یاخته قرار گرفته‌اند.
- تارچه‌ها از واحدهای تکراری به نام سارکومر تشکیل شده‌اند که به تار ماهیچه‌ای ظاهر مخطط می‌دهند. دو انتهای هر سارکومر خطی به نام خط Z دیده می‌شود.
- ظاهر مخطط این یاخته‌ها به دلیل وجود دو نوع رشتهٔ پروتئینی اکتین و میوزین است که با آرایش خاصی در کنار هم قرار گرفته‌اند.
- رشته‌های اکتین نازک و از یک طرف به خط Z متصل‌اند. این رشته‌ها به درون سارکومر کشیده شده‌اند. رشته‌های میوزین، ضخیم و بین رشته‌های اکتین جا گرفته‌اند. این رشته‌ها سرهایی برای اتصال به اکتین دارند.
- به جدول مقایسه‌ای رشته‌های اکتین و میوزین خیلی دقت کنید:

		رشتهٔ اکتین	رشتهٔ میوزین
از واحدهای کروی‌شکل ساخته شده است.		✓	×
فراوانی در سارکومر		بیشتر	کم‌تر
تغییر طول در زمان انقباض		ندارد	
در ساختار خود دارای دم و سر است.		×	✓
خاصیت آنزیمی دارد. (تجزیهٔ ATP)		×	✓
اتصال به خط Z		فقط از یک انتها	اتصال ندارد
موقعیت در سارکومر	خط Z	×	×
	نوار روشن مجاور خط Z	✓	×
	نوار تیره	✓ (بخش کمی)	✓ (به طور کامل)
	بخش روشن مرکز سارکومر	×	✓ (دم میوزین)
	خط تیرهٔ مرکز سارکومر	×	✓ (دم میوزین)



● بخش‌های مختلف یک سارکومر:
الف) بخش‌های تیره: خطوط Z + نوار تیره (شامل تمام طول میوزین و بخش کمی از طول اکتین) + خط وسط نوار تیره.
ب) بخش‌های روشن: نوار روشن (شامل بخش زیادی از طول اکتین) + صفحهٔ روشن وسط نوار تیره (فقط میوزین دارد.)

مکانیسم انقباض ماهیچه

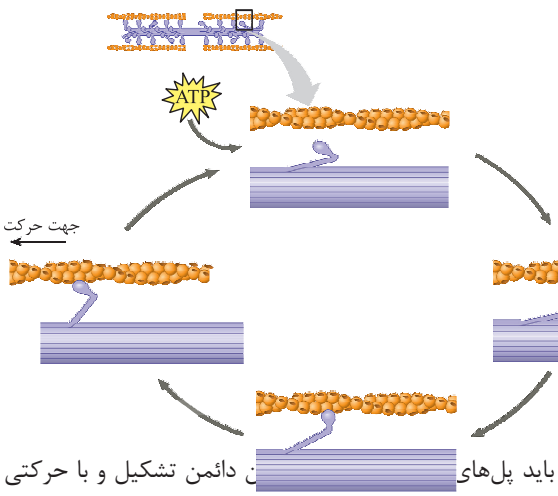


● با رسیدن پیام از مراکز عصبی، تحریک از طریق همایهٔ ویژه‌ای از یاختهٔ عصبی به یاختهٔ ماهیچه‌ای می‌رسد و ناقل عصبی از پایانهٔ یاختهٔ عصبی با اگزوسیتوز به فضای سیناپسی وارد می‌شود.

● با اتصال این ناقلین به گیرنده‌های خود در سطح یاخته ماهیچه‌ای، یک موج **تحریکی** با بازشدن کانال دریچه‌دار سدیمی در طول غشای یاخته ایجاد می‌شود.

● با تحریک یاختهٔ ماهیچه‌ای، یون‌های **کلسیم** از شبکه آندوپلاسمی آن به روش انتشار تسهیل‌شده، خارج می‌شوند و **در نتیجهٔ این عمل**، سرهای پروتئین‌های میوزین به رشته‌های اکتین متصل می‌شوند.

● با اتصال پروتئین‌های میوزین به اکتین و تغییر شکل آن‌ها (یعنی میوزین‌ها)، خطوط Z سارکومر به هم نزدیک می‌شوند. نزدیک‌شدن خطوط Z باعث کوتاه‌شدن طول سارکومرها و در کل کاهش طول ماهیچه می‌شود.



● وضعیت بخش‌های مختلف سارکومر در زمان انقباض:
الف) نوار روشن: کاهش طول می‌دهد. ب) نوار تیره: اندازه‌ای ثابت دارد. ج) طول اکتین و میوزین: ثابت است. د) فاصلهٔ دو اکتین مقابل هم: کاهش می‌یابد. ه) میزان هم‌پوشانی اکتین و میوزین: افزایش می‌یابد.

● **لغزیدن** میوزین و اکتین در مجاورت هم به **انرژی** نیاز دارد. برای این کار، باید پل‌های ن دائمن تشکیل و با حرکتی مانند پاروزدن، خطوط Z به سمت هم کشیده شوند؛ سپس سرهای متصل جدا و به بخش **جلوتر** وصل شوند. این لیزخوردن، اتصال و جداشدن سرهای میوزین صدها مرتبه در ثانیه تکرار و در نتیجه ماهیچهٔ اسکلتی منقبض می‌شود.

● زاویه‌بازی سر میوزین با دُمش!
۱) افزایش زاویه ← به دنبال اتصال ATP به سر میوزین و جداشدن میوزین از اکتین
۲) کاهش زاویه ← بعد از اتصال سر میوزین به اکتین و در زمان انجام حرکت پارویی!

● **توقف انقباض**: با توقف پیام عصبی انقباض، یون‌های کلسیم به سرعت با **انتقال فعال** به شبکهٔ آندوپلاسمی بازگردانده و در نتیجه اکتین و میوزین از هم جدا می‌شوند. در این حال، سارکومر تا زمان رسیدن پیام عصبی بعدی در حالت استراحت می‌ماند.

تأمین انرژی انقباض

تأمین انرژی انقباض
- **بیشتر** انرژی لازم برای انقباض ماهیچه‌ها از سوختن **گلوکز** به دست می‌آید.
- برای انقباض **طولانی‌تر**، ماهیچه‌ها از **اسیدهای چرب** استفاده می‌کنند.
- ماهیچه علاوه بر گلوکز و اسیدهای چرب از کراتین‌فسفات نیز می‌تواند ATP تولید کند.
- در نبود **اکسیژن کافی**، تجزیهٔ گلوکز به صورت **بی‌هوازی** صورت می‌گیرد.
  - کاهش تولید ATP
  - تولید لاکتیک‌اسید

● در ماهیچه‌ها گلیکوژن به صورت ذخیره وجود دارد و در صورت لزوم به گلوکز تجزیه می‌شود. در صورت وجود اکسیژن، تجزیهٔ گلوکز می‌تواند

تا چند دقیقه انرژی لازم برای ساخت ATP را فراهم کند.

- کراتین فسفات طبق واکنش زیر می‌تواند با دادن فسفات خود، مولکول ATP را **به سرعت بازتولید** کند:

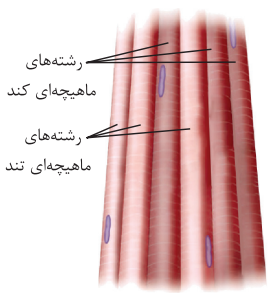
$$CP + ADP \rightarrow C + ATP$$ (کراتین فسفات) (کراتین)

- انباشته‌شدن لاکتیک‌اسید پس از تمرینات ورزشی طولانی، باعث گرفتگی و درد ماهیچه‌ای می‌شود. لاکتیک‌اسید اضافی به تدریج تجزیه می‌شود و اثرات درد و گرفتگی ماهیچه‌ای کاهش می‌یابد.

انواع یاخته‌های ماهیچه‌ای

- یاخته‌های ماهیچه‌ای را می‌توان به دو نوع یاخته‌های تند و کند تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی براساس سرعت انقباض است. **بسیاری** از ماهیچه‌های بدن هر دو نوع یاخته را دارند.

ویژگی	تارماهیچه‌ای تند	تارماهیچه‌ای کند
رنگ	سفید	قرمز
میوگلوبین	کم	زیاد
شبکه مویرگی	کم	زیاد
سرعت انقباض (سرعت تجزیهٔ ATP توسط میوزین)	زیاد	کم
توانایی ذخیرهٔ اکسیژن	کم	زیاد
تعداد در افراد مختلف	در افراد کم‌تحرک بیشتر است.	در افراد ورزشکار بیشتر است.
مقدار میتوکندری	کم	زیاد
تأمین انرژی	بیشتر بی‌هوازی	بیشتر هوازی
مقدار انرژی آزادشده از مواد غذایی	کم	زیاد
توانایی تولید لاکتیک‌اسید	دارد (زیاد)	دارد (کم)
نوع حرکات	سرعتی مثل دوی سرعت	استقامتی مثل شنا
سرعت آزادشدن یون‌های کلسیم از شبکهٔ آندوپلاسمی	زیاد	کم
میزان فعالیت انیدرازکربنیک در مویرگ‌ها	کم	زیاد
میزان استقامت	زود خسته می‌شوند.	دیر خسته می‌شوند.



تارهای ماهیچه‌ای تند و کند

حرکت در جانوران

- جانوران حداقل در بخشی از زندگی خود می‌توانند از جایی به جای دیگر حرکت کنند.
- شیوه‌های حرکتی در جانوران بسیار متنوع است. شناکردن، پروازکردن، دویدن و خزیدن، نمونه‌هایی از این حرکات‌اند.
- اساس حرکت در جانوران مشابه است؛ برای حرکت در یک سو، جانور باید نیرویی در خلاف آن وارد کند.
- برای انجام حرکت، جانوران نیازمند ساختارهای اسکلتی و ماهیچه‌ای هستند.
- ساختار اسکلت در جانوران متفاوت است، ولی می‌توان انواع اسکلت در جانوران را به سه گروه آب‌ایستایی، بیرونی و درونی طبقه‌بندی کرد.
- اسکلت آب‌ایستایی در اثر تجمع مایع درون بدن به آن شکل می‌دهد مانند عروس دریایی! در این جانوران، با فشار جریان آب به بیرون، جانور به سمت مخالف حرکت می‌کند. این حالت مانند حرکت بادکنک هنگام خالی‌شدن هوای آن است و باعث رانده‌شدن بادکنک در خلاف جهت خروج هوا می‌شود.
- حشرات و سخت‌پوستان اسکلت بیرونی دارند. در این جانوران، اسکلت علاوه بر کمک به حرکت، وظیفهٔ حفاظتی هم دارد. با افزایش اندازهٔ جانور، اسکلت خارجی آن هم باید بزرگ‌تر و ضخیم‌تر شود. بزرگ‌بودن اسکلت خارجی، باعث سنگین‌ترشدن آن می‌شود که در حرکات جانور محدودیت ایجاد می‌کند. به همین علت، اندازهٔ این جانوران از حد خاصی بیشتر نمی‌شود.
- همهٔ مهره‌داران اسکلت درونی دارند. در انواع از ماهی‌ها مانند کوسه‌ماهی، جنس این اسکلت از نوع غضروفی است، ولی در سایر مهره‌داران استخوانی است که غضروف نیز دارد. ساختار استخوان در این جانوران بسیار شبیه ساختار استخوان انسان است.