

## فصل ۳ : دستگاه حرکتی

### استخوان‌ها و اسکلت

استخوان‌ها ساختارهایی هستند که در اسکلت انسان شرکت می‌کنند. اسکلت انسان به دو صورت مرکزی (محوری) و جانبی است.

**الف) اسکلت مرکزی یا محوری:** به صورت محور بدن قرار گرفته است و از بخش‌هایی مانند مغز و قلب حفاظت می‌کنند. بخش‌هایی از این اسکلت در جویدن، شنیدن، صحبت کردن و حرکات بدن نقش دارند.

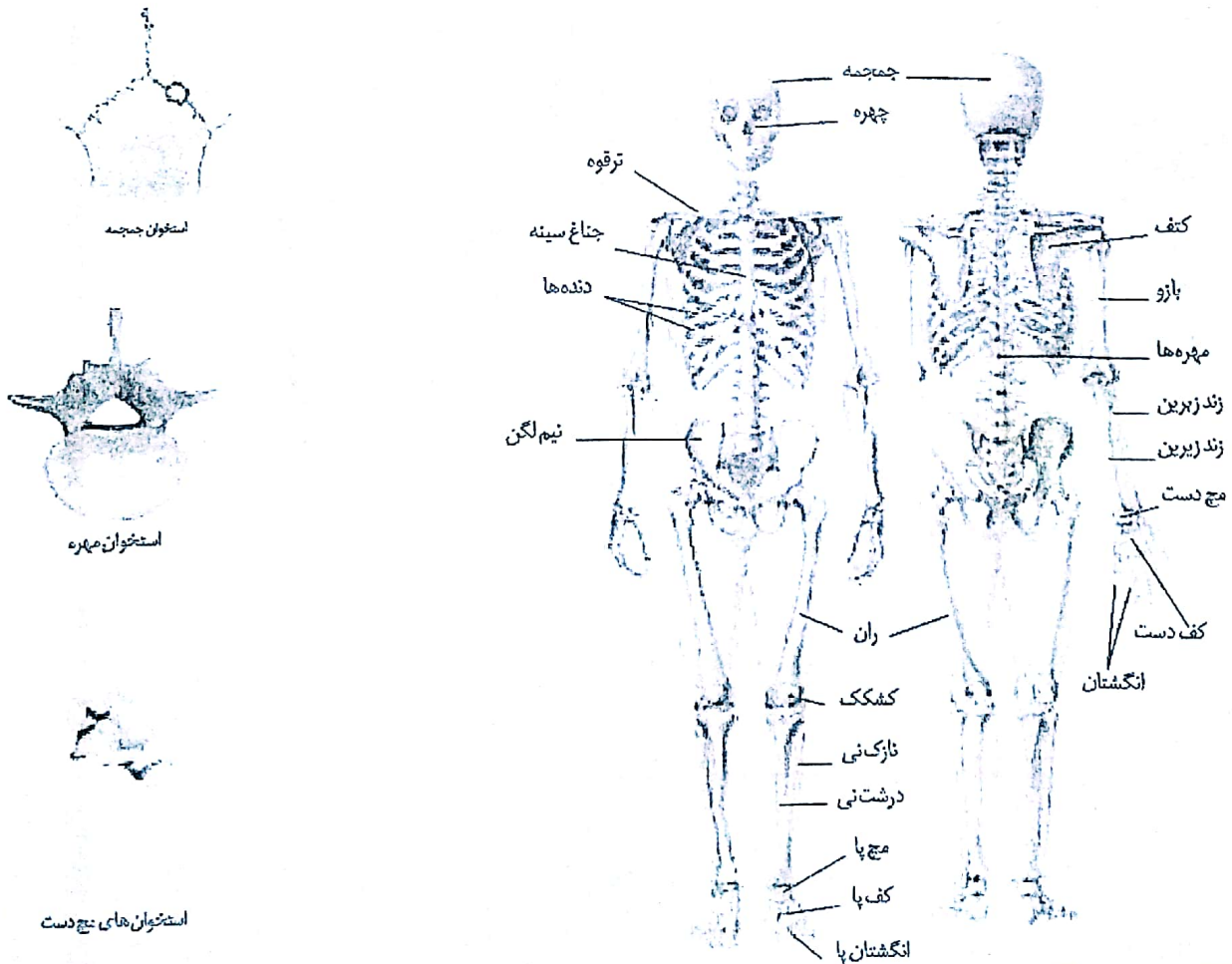
**ب) اسکلت جانبی:** شامل استخوان‌های دست و پا است این استخوان‌ها نسبت به اسکلت محوری، بیشتر در حرکت بدن نقش دارند.

### استخوان‌ها اشکال مختلفی دارند:

استخوان‌های بدن اشکال و اندازه‌های متفاوتی دارند، از استخوان‌های کوچک گوش میانی تا استخوان بزرگ لگن.

**الف) استخوان‌های دراز:** (ران و بازو). **ب) استخوان‌های کوتاه:** (استخوان‌های مچ).

**ج) استخوان‌های پهن:** (استخوان جمجمه، لگن جناق). **د) استخوان‌های نامنظم:** (استخوان‌های ستون مهره)



## اعمال استخوان‌ها

استخوان‌ها نه تنها از اندام‌های بدن حفاظت و پشتیبانی می‌کنند اعمال دیگری هم انجام می‌دهند که به نظر چندان به آن مربوط نیست و استخوان‌های متصل به ماهیچه‌ها موجب حرکت آن می‌شوند. استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن دقیق موثرند سایر اعمال استخوان‌ها در جدول زیر خلاصه شده است.

### وظایف اسکلت استخوانی در انسان :

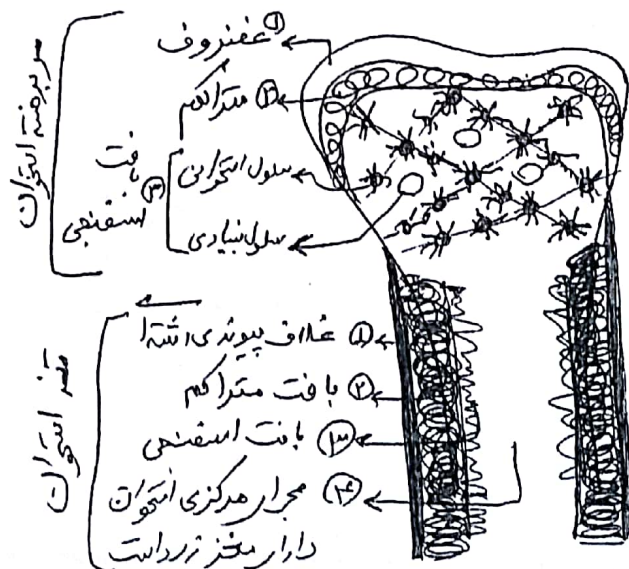
توضیح	وظیفه
استخوان‌ها شکل بدن را تعیین می‌کنند و نیز چارچوبی را ایجاد می‌کنند تا ساختارها بر روی آن مستقر شوند	پشتیبانی
اتصال ماهیچه‌های اسکلتی به استخوان‌ها و انقباض آن باعث انتقال نیروی ماهیچه به استخوان و حرکت آن می‌شود.	حرکت
اسکلت استخوانی، بخش‌های حساسی مانند نخاع، قلب، مغز، شش‌ها را احاطه می‌کند.	حفاظت اندام‌های درونی
بسیاری از استخوان‌ها دارای مغز قرمز هستند که این بافت سلول‌های خونی را تولید می‌کنند.	تولید یاخته‌های خونی
استخوان‌ها محل ذخیره مواد معدنی مانند فسفات و کلسیم هستند.	ذخیره مواد معدنی
استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن و استخوان‌های آرواره در تکلم و جویدن نقش دارند.	کمک به شنیدن، تکلم و اعمال دیگر

### ساختار استخوان‌های دراز از خارج به داخل :

الف) سربرجسته : ۱- غضروف ۲- بافت متراکم یا فشرده ۳- بافت اسفنجی که دارای سلول‌های استخوانی و سلول‌های بنیادی است.

ب) تنه‌ی استخوان : ۱- سطح خارجی تنه استخوان‌ها توسط بافت پیوندی رشته‌ای احاطه شده است و رگ‌ها و اعصاب از راه مجراهایی به بیرون ارتباط دارند. ۲- بافت متراکم ۳- سطح دورنی دارای بافت اسفنجی است.

۴- مجرای مرکزی استخوان که دارای مغز زرد است ریزه‌ریزه‌ها را در بر می‌گیرد



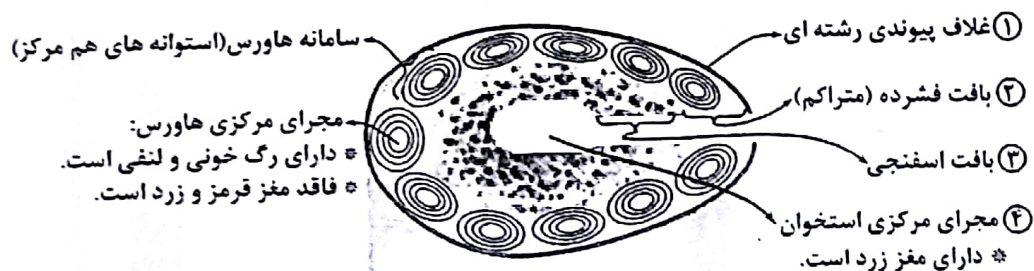
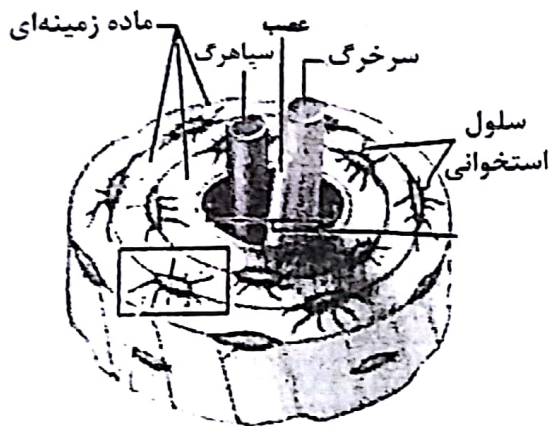
## ساختار استخوان:

هر استخوان از دو نوع بافت استخوانی فشرده (متراکم) و اسفنجی (حفره دار) تشکیل شده است که میزان و محل قرارگیری هر نوع بافت استخوانی در استخوان های مختلف متفاوت است. استخوان نوعی بافت پیوندی است، که دارای سلول های استخوانی و ماده ی زمینه ای است. ماده زمینه ای همان فضای بین سلول های استخوانی است. به ماده ی زمینه ای تیغه ی استخوانی هم گفته می شود. ماده زمینه ای از پروتئین هایی مانند کلاژن و مواد معدنی تشکیل شده است. و این کلاژن ها توسط خود سلول های استخوانی ساخته می شود. یاخته های استخوانی توسط رشته های سیتوپلاسمی به هم متصل هستند.

### الف) بافت فشرده (متراکم):

در طول استخوان های دراز و در بخش خارجی استخوان های پهن و کوتاه و بخش خارجی سر برجسته استخوان دراز بافت فشرده یافت می شود. در بافت فشرده تیغه های استخوانی به صورت منظم قرار گرفته اند. در بافت استخوانی فشرده، سلول های استخوانی به صورت واحدهایی به نام سامانه هاورس قرار گرفته اند. این سامانه ها به صورت استوانه هایی هم مرکز از یاخته های استخوانی تشکیل شده اند و ماده زمینه ای آن ها را احاطه می کند. درون مجرای مرکزی هر سامانه هاورس اعصاب و رگ های خونی و لنفی قرار گرفته اند، که ارتباط بافت زنده را با بیرون برقرار می کنند. دو مجرای هاورس مجاور از طریق رگ های خونی باهم ارتباط دارند.

نکته ۱: لطفاً مجرای مرکزی هاورس را با مجرای مرکزی استخوان های دراز اشتباه نگیرید (در برش عرضی تنه استخوان، هزاران مجرای مرکزی هاورس وجود دارد که از طریق رگ های خونی با یکدیگر اتصال دارند. ولی هر تنه استخوان دراز فقط یک مجرای مرکزی استخوان دارد. که در تماس مستقیم با بافت اسفنجی است)



**(ب) بافت اسفنجی:**

**نکته ۱:** در سطح درونی تنه‌ی استخوان‌های دراز و انتهای برآمده استخوان‌های دراز و سطح درونی استخوان‌های پهن و کوتاه، توسط بافت اسفنجی پر شده است.

**نکته ۲:** در بافت اسفنجی، سلول‌های استخوانی و تیغه‌های استخوانی به صورت نامنظم قرار گرفته‌اند. بافت اسفنجی فاقد سامانه هاورس است. در بافت اسفنجی بین تیغه‌های استخوانی حفره‌هایی وجود دارد که توسط رگ‌ها و مغز استخوان پر می‌شود.

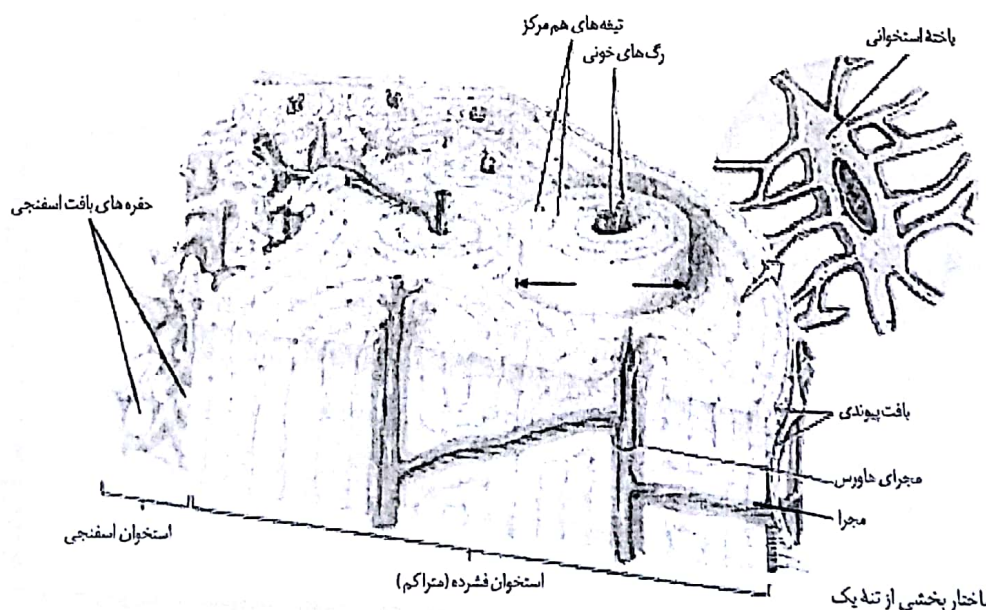
**نکته ۳:** مغز قرمز استخوان: بخش نرمی است فضای درون استخوان اسفنجی را پر می‌کند. مغز قرمز درون بافت اسفنجی استخوان‌های پهن (مجممه و لگن) و نامنظم (استخوان مهره) و انتهای برآمده برخی از استخوان‌های دراز (بازو و ران) یافت می‌شود. و دارای سلول‌های بنیادی است و محل تشکیل یاخته‌های خونی است. مغز قرمز دراز، زرد مغز قرمز را پر می‌کند. در کم خونی‌های شدید (مانند تالاسمی ماژور، کمبود آهن)، مغز زرد می‌تواند به مغز قرمز تبدیل شود. توجه کنید که استخوان‌های کوتاه و پهن و نامنظم فاقد مغز زرد هستند.

**نکته ۴:** مغز زرد استخوان: بیشتر مغز زرد نیز از چربی تشکیل شده است و درون مجرای مرکزی استخوان‌های دراز را پر می‌کند. در کم خونی‌های شدید (مانند تالاسمی ماژور، کمبود آهن)، مغز زرد می‌تواند به مغز قرمز تبدیل شود. توجه کنید که استخوان‌های کوتاه و پهن و نامنظم فاقد مغز زرد هستند.

**نکته ۵:** مجرای مرکزی استخوان در وسط تنه استخوان‌های دراز، قرار دارد. ولی استخوان‌های کوتاه (استخوان‌های میچ) و استخوان‌های پهن (استخوان جمجمه، لگن، جناق) و استخوان‌های نامنظم (استخوان‌های ستون مهره) و سر برجسته استخوان‌های دراز فاقد مجرای مرکزی استخوان هستند. بنابراین فاقد مغز زرد هستند.

**نکته ۶:** مجرای مرکزی هاورس دارای رگ‌های خونی و رگ لنفی و عصب است. و فاقد، مغز قرمز و زرد است. مغز زرد استخوان درون مجرای مرکزی تنه استخوان‌های دراز قرار دارد. و مغز قرمز فضای درون بافت اسفنجی استخوان‌های پهن و سر برجسته استخوان دراز را پر می‌کند.

**نکته ۷:** توجه کنید که سلول‌های خونی توسط سلول‌های استخوانی بافت اسفنجی ساخته نمی‌شوند بلکه توسط یاخته‌های بنیادی (زاینده) مغز قرمز استخوان ساخته می‌شود.



**نکته ۵: استخوان سخت ترین بافت پیوندی است.**

- ۱- استخوان دارای سلول های زنده و هسته دار است. سلول های استخوانی توسط رشته های سینتوپلاسمی منشعب به هم متصل هستند.
- ۲- فضای بین سلول های استخوانی توسط مادهی زمینه‌ای پر شده است که در مادهی زمینه‌ای، مواد کلسیم دار و رشته های پروتئینی کلژن وجود دارد. که این پروتئین ها توسط خود سلول های استخوانی ساخته می شوند به مادهی زمینه‌ای استخوان ها، تیغه های استخوانی می گویند؛ که در بافت متراکم به صورت استوانه های هم مرکز است ولی در بافت اسفنجی به صورت نامنظم قرار گرفته اند.
- ۳- سلول های استخوانی ریبوزوم دارند می توانند آمینواسید را به پلیمر (زنجیره های پلی پپتیدی) تبدیل کنند.
- ۴- سلول های استخوانی انرژی خود را از سوخت گلوکز به دست می آورند. درون میتوکندری (راکیزه) هرچقدر تولید دی اکسید کربن بیشتر باشد، تولید انرژی زیستی (ATP) هم بیش تر است. سلول های استخوانی و غضروفی برخلاف سلول های ماهیچه ای توانایی تولید اسید لاکتیک را ندارند.

**نکته ۶: هورمون هایی که در استخوان (نوعی بافت پیوندی) تأثیر می گذارند:**

- ۱- کلسیتونین؛ در تیروئید ساخته و ترشح می شود این هورمون از برداشت کلسیم از استخوان ها جلوگیری می کند، و میزان کلسیم استخوان را افزایش می دهد کاهش این هورمون منجر به پر استخوان
- ۲- پاراتیروئید؛ این هورمون کلسیم را از مادهی زمینه‌ای استخوان جدا و آزاد می کند. بنابراین استحکام استخوان را کاهش می دهد. پاراتیروئید کلسیم خون را افزایش می دهد از این هورمون منجر به پر استخوان
- ۳- هورمون رشد؛ در بخش پیشین غده زیر مغزی (هیپوفیز) ساخته می شود باعث رشد طولی استخوان های دراز می شود.
- ۴- اریتروپویتین؛ توسط گروه ویژه ای از یاخته های کلیه و کبد به خون ترشح می شود. اندام هدف آن یاخته های بنیادی (زاینده) مغز قرمز استخوان است. باعث افزایش ساخت گویچه های قرمز (اریتروسیت) می شود. در هنگام کمبود اکسیژن خون (کم خونی، بیماری های تنفسی و قلبی، ورزش های طولانی، قرار گرفتن در ارتفاعات) مقدار ترشح این هورمون افزایش می یابد، این هورمون مصرف آهن و ویتامین B<sub>۱۲</sub> و فولیک اسید را در مغز قرمز استخوان ها افزایش می دهد.
- ۵- هورمون تیروکسین (T<sub>۴</sub>) و T<sub>۳</sub>؛ که در تیروئید ساخته می شوند، میزان تجزیه ی گلوکز و انرژی در دسترس سلول ها را تنظیم می کنند. در دوران جنینی و کودکی کمبود این هورمون ها باعث کاهش رشد استخوان ها و اختلالات نمو دستگاه عصبی و عقب ماندگی ذهنی و جسمی می شود.
- ۶- کورتیزول؛ از قشر غده فوق کلیوی ترشح می شود. چون کلژن را تجزیه می کند بنابراین استحکام استخوان و رباط و زردپی را کاهش می دهد.
- ۷- هورمون های جنسی (مانند تستوسترون و استروژن) باعث افزایش رسوب کلسیم در بافت استخوانی می شود.

## تشکیل و تخریب استخوان

**نکته ۱:** در دوران جنینی، استخوان ها از بافت های نرمی تشکیل و به تدریج با افزوده شدن نمک های کلسیم سخت می شوند. یاخته های استخوانی تا اواخر سن رشد، ماده زمینه‌ای ترشح می‌کنند و بنابراین، توده استخوانی و تراکم آن افزایش پیدا می کند. با افزایش سن، یاخته های استخوانی کم کار می‌شوند و توده استخوانی به تدریج کاهش پیدا می کند. در همه این مراحل، تغییرات استخوانی در حال انجام است.

**نکته ۲:** استخوان ها در اثر فعالیت بدنی مانند ورزش، یا با افزایش وزن ضخیم، متراکم تر و محکم تر می‌شوند و استخوان هایی که کمتر مورد استفاده قرار می گیرند ظریف تر می‌شوند. مشابه این حالت، در فضاوردان دیده می‌شود که در محیط بی وزنی تراکم استخوان‌شان کاهش می یابد. استخوان های بدن به طور پیوسته دچار شکستگی های میکروسکوپی می شوند که نتیجه حرکات معمول بدن‌اند. شکستگی های دیگر می توانند ناشی از ضربه یا برخورد باشند (شکل ۴) در این حالت یاخته‌های نزدیک محل شکستگی یاخته‌های جدید استخوانی می‌سازند و پس از چند هفته آسیب بهبود پیدا می‌کنند.

(نرم‌ساز)

**نکته ۳:** تراکم توده استخوانی از عوامل مهم استحکام استخوان‌هاست و کاهش آن باعث پوکی استخوان می‌شود. در پوکی استخوان، تخریب استخوانی افزایش می یابد. در نتیجه استخوان ها ضعیف و شکننده می‌شوند. تراکم توده‌ی استخوانی در مردان بیشتر از زنان است و هرچقدر سن بیشتر شود در هر دو جنس تراکم توده‌ی استخوانی کاهش می‌یابد. در بین سنین ۲۰ تا ۵۰ سالگی شدت تغییرات تراکم استخوان در مردان بیشتر از زنان است. ولی در بین سنین ۵۰ تا ۸۰ سالگی شدت کاهش تراکم استخوان در زنان بیشتر از مردان است. (به علت از کار افتادن تخمدان‌ها و کاهش هورمون جنسی)

### نکته ۴: علل پوکی استخوان:

- ۱- کمبود ویتامین D (ویتامین D محلول در چربی است و از طریق رگ لنفی جذب می‌شود و صفرا جذب چربی‌ها را افزایش می‌دهد، بنابراین کمبود صفرا و بسته شدن رگ لنفی باعث کاهش جذب ویتامین D می‌شود).
- ۲- کمبود کلسیم غذا (کمبود ویتامین D باعث کاهش جذب کلسیم از روده می‌شود).
- ۳- مصرف نوشیدنی های الکلی، و دخانیات با جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان ها، باعث بروز پوکی استخوان در مردان و زنان می‌شوند. و مصرف نوشابه های گازدار نیز در کاهش تراکم استخوان نقش دارند.
- ۴- اختلال در ترشح بعضی هورمون‌ها مثلاً کاهش ترشح کلسی‌تونین و یا افزایش ترشح پاراتیروئید باعث پوکی استخوان می‌شود.



## مفصل‌ها

نکته ۱: مفصل‌ها محل اتصال دو استخوان با هم است. در بعضی مفصل‌ها ثابت‌اند و استخوان‌ها حرکت نمی‌کنند. استخوان‌های مجموعه (به جز آرواره پایین) مفصل ثابت دارند و حرکت نمی‌کنند. استخوان مجموعه از چندین استخوان تشکیل شده است که لبه‌های دنداندار آن‌ها در هم فرو رفته و محکم شده‌اند.

نکته ۲: در بیشتر مفصل‌ها متحرک‌اند و استخوان‌ها قابلیت حرکت دارند. سر استخوان‌ها در محل این مفصل‌ها توسط بافت غضروفی پوشیده شده است. نمونه آن مفصل‌های زانو، انگشتان و لگن است. استخوان‌ها در محل این نوع از مفصل‌ها توسط یک کپسول از جنس بافت پیوندی رشته‌ای احاطه شده‌اند که پر از مایع مفصلی لغزنده است. مایع مفصلی توسط پرده‌ی سازنده‌ی مایع مفصلی ساخته می‌شود. مایع مفصلی و سطح صیقلی غضروف به استخوان‌ها امکان می‌دهد که سالیان زیادی در مجاور هم لیز بخورند و اصطکاک چندانی نداشته باشند.

نکته ۳: 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 بیماری آرتروز مفصلی شود.

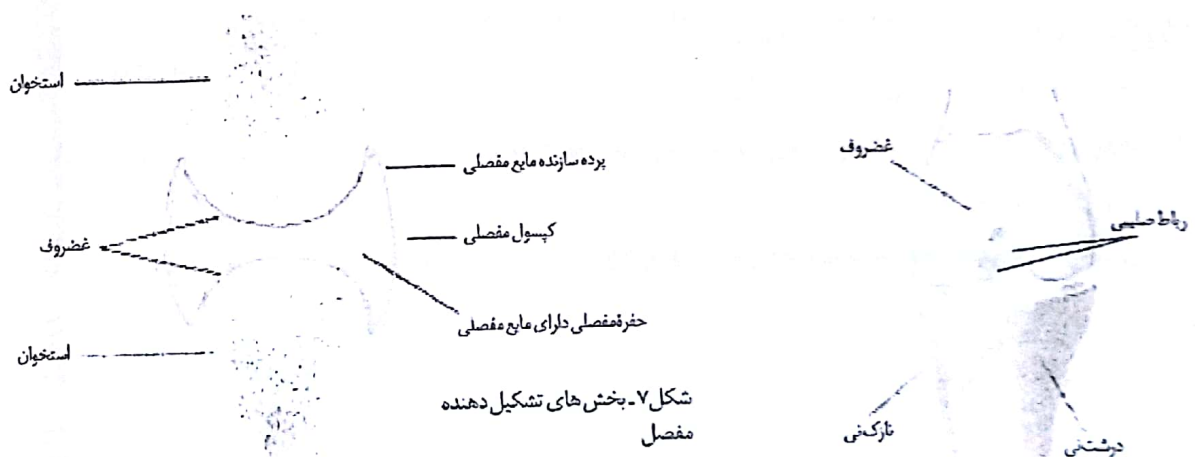
نکته ۴: علاوه بر کپسول مفصلی، رباط‌ها و زردپی‌ها هم به کنار یکدیگر ماندن استخوان‌ها و به استحکام مفصل‌ها کمک می‌کنند.

نکته ۵: رباط، بافت پیوندی رشته‌ای محکمی با کلاژن فراوان است که استخوان‌ها را به هم متصل می‌کند.

نکته ۶: زردپی، بافت پیوندی رشته‌ای محکمی با کلاژن فراوان است که ماهیچه را به استخوان متصل می‌کند.

نکته ۷: در محل مفصل زانو از خارج به داخل موارد زیر را می‌بینیم: ۱- زردپی ۲- رباط خارجی ۳- کپسول مفصلی ۴- پرده سازنده مایع مفصلی ۵- حفره‌ی مفصلی که دارای مایع مفصلی است ۶- رباط داخلی.

نکته ۷: توجه کنید که مایع مفصلی توسط کپسول مفصلی ساخته نمی‌شود بلکه توسط پرده‌های که در زیر کپسول مفصلی قرار دارد ساخته می‌شود.



## انواع مفصل:

الف) محل اتصال سر استخوان ران به استخوان لگن  
 ۱- گوی و کاسه: (ب) سر استخوان بازو با کتف (مفصل شانه)

۲- لغزنده: مانند مفصل بین مهره‌ها

الف) مفصل زانو: ران با درشت نی مفصل لولایی دارد  
 ۳- لولایی: (ب) مفصل آرنج: بازو با زندزیرین و زندزیرین

۴- ثابت: مفصل بین استخوان‌های جمجمه از نوع ثابت هستند. (به جز آرواره پایین)

نکته ۱: رباط صلیبی در داخل مفصل زانو بین استخوان ران و درشت نی است. توجه کنید در زانو بین استخوان ران و استخوان نازک نی مفصل و کپسول مفصلی وجود ندارد. ولی توسط رباط به هم متصل اند.

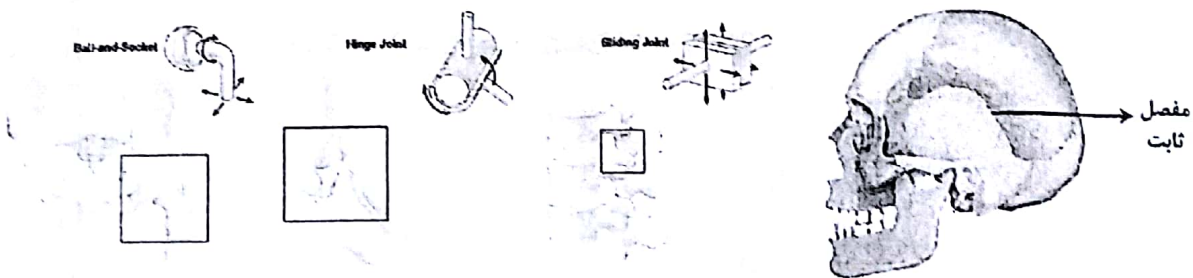
نکته ۲: ساعد دارای دو استخوان زند زیرین و زند زبرین است که هر دو در بالا با استخوان بازو مفصل لولایی دارند و در پایین با مچ دست مفصل لغزنده دارند.

نکته ۳: استخوان بازو در بالا با استخوان کتف مفصل گوی و کاسه دارد و در پایین با دو استخوان زند زیرین و زند زبرین مفصل لولایی دارد.

نکته ۴: استخوان ران در بالا با استخوان لگن مفصل گوی و کاسه دارد و در پایین با استخوان درشت نی مفصل لولایی دارد. و استخوان کشکک در زانو روی سر برجسته‌ای استخوان ران قرار دارد.

نکته ۵: استخوان نازک نی در قسمت خارجی ساق پا قرار دارد و در جلوی عضله ی توأم قرار دارد که در بالا با استخوان درشت نی و در پایین با مچ پا مفصل می شود.

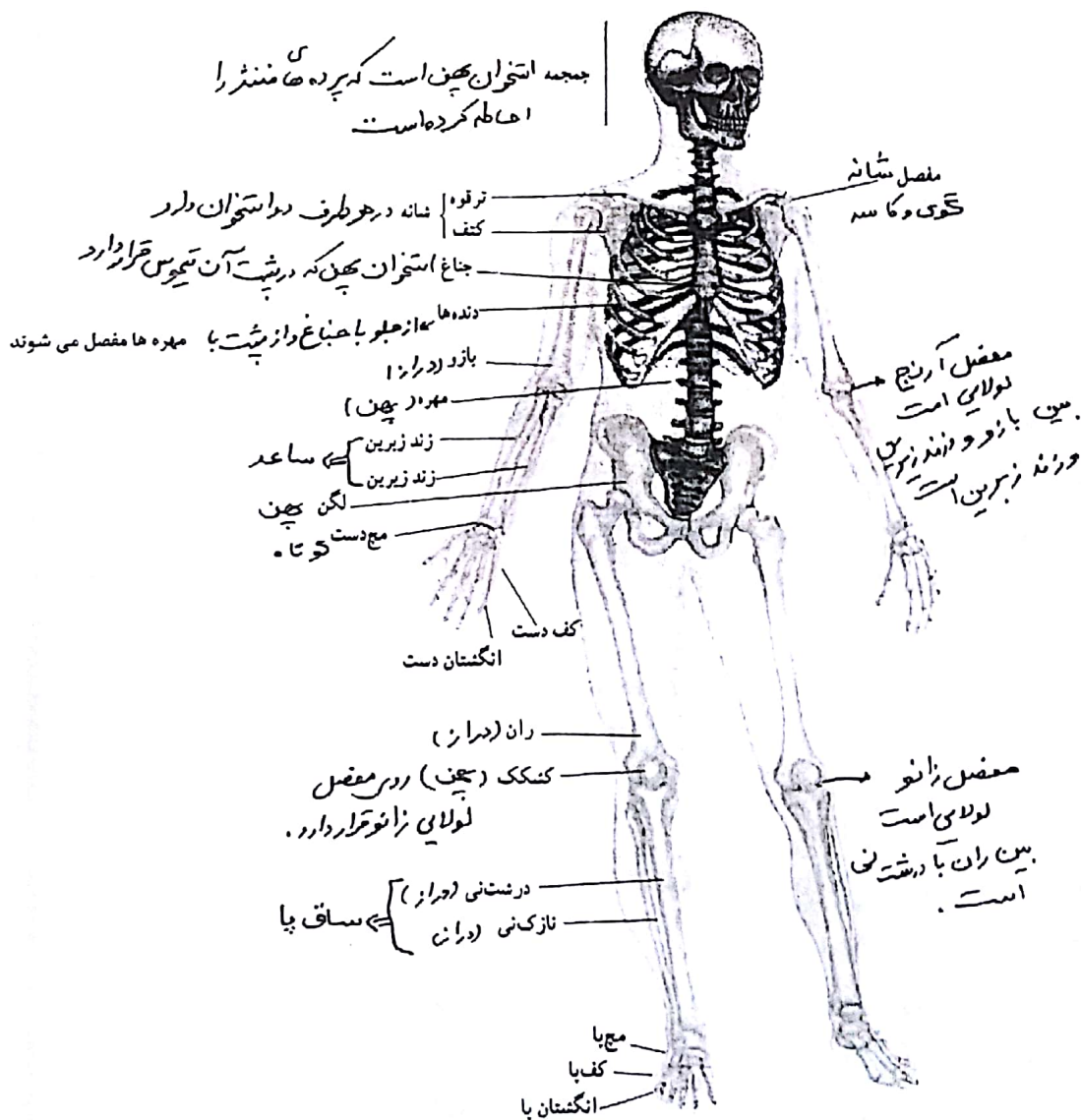
نکته ۶: استخوان درشت نی در قسمت داخلی ساق پا قرار دارد که در بالا با استخوان ران و نازک نی مفصل دارد و در پایین با مچ پا مفصل می شود.





## روماتیسم مفصلی

روماتیسم مفصلی بیماری است که در آن پرده سازنده مایع مفصلی در زیر کیسول مفصلی، دچار التهاب می شود. با افزایش التهاب این پرده، ترشح مایع مفصلی هم افزایش می یابد که موجب تورم و التهاب در محل آسیب می شود. با پیشرفت بیماری، غضروف ها آسیب می بینند. التهاب مفصل معمولاً در اندام های دوطرف بدن به صورت متقارن بروز می کند. 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 بیماری های میکروبی در بروز این بیماری مؤثرند. این بیماری در زنان شایع تر از مردان است که احتمالاً به دلیل اثر هورمون های 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 کاهنده التهاب مانند مشتقات هورمون کورتیزول از پیشرفت بیماری می کاهد و علائم آن را تا حدی کاهش می دهد. در موارد شدید بیماری، ممکن است مفصل آسیب دیده با مفصل مصنوعی جایگزین شود.



شکل ۱۱-۸ استخوان بندی بدن انسان

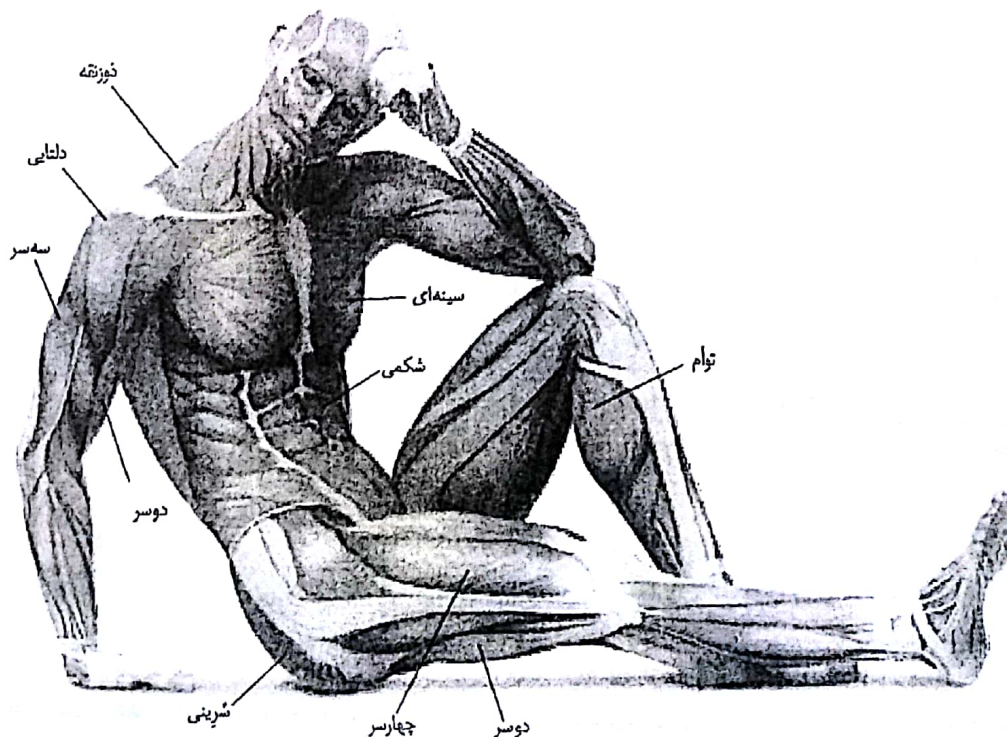
## ماهیچه و حرکت

**نکته ۱:** بدن انسان بیش از ۶۰۰ ماهیچه اسکلتی دارد که بسیاری از حرکات در نتیجه انقباضات آنهاست. بیشتر وزن بدن بافت ماهیچه‌ای است.

**نکته ۲:** ماهیچه‌ی توأم در پشت نازک نی و درشت نی قرار دارد. دوزنقه‌ی ای (در بالا و پشت گردن) و عضله‌ی دلتای (روی شانه، در فاصله‌ی بین دوزنقه‌ی ای و سه سر پشت بازو)، قرار دارد. عضله‌ی ای در بالای عضله‌ی دو سر ران قرار دارد. عضله چهار سر در جلوی ران و عضله دو سر در پشت ران قرار دارد. عضله دو سر بازو در جلوی و عضله سه سر در پشت بازو قرار دارد.

**نکته ۳:** 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 عهده ماهیچه متقابل آن است. برای مثال، ماهیچه دو سر روی بازو می‌تواند ساعد را به سمت جلو یا بالا بیاورد، ولی نمی‌تواند آن را به حالت قبل برگرداند و این حرکت توسط ماهیچه سه سر پشت بازو انجام می‌شود. بنابراین، هنگامی که یکی از جفت ماهیچه‌های متقابل در حالت انقباض است، ماهیچه دیگر در حال استراحت است.

**نکته ۴:** برخی از ماهیچه‌ها به صورت جفت نیستند و به صورت منفرد هستند.



## اعمال ماهیچه‌های اسکلتی

**نکته ۱:** برخی ماهیچه‌های اسکلتی به استخوان متصل نیستند (اسفنجگر یا بنداره خارجی میزراه)، برخی ماهیچه‌های اسکلتی باعث حرکت استخوان نمی‌شوند. بنابراین نمی‌توان گفت که همه ماهیچه‌های اسکلتی باعث حرکت استخوان می‌شوند.

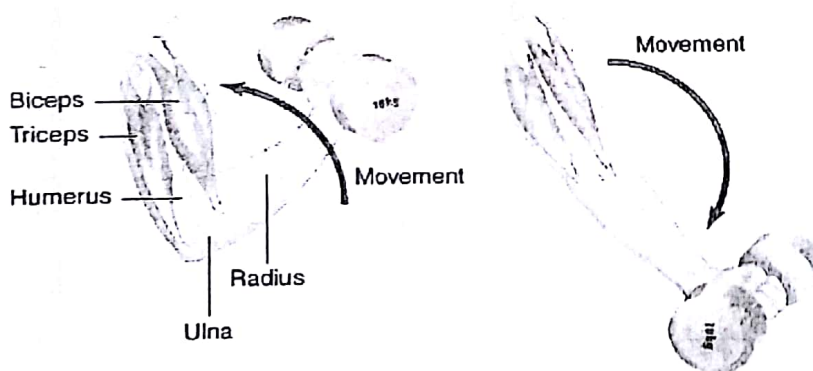
**نکته ۲:** همگی ماهیچه‌های اسکلتی تحت کنترل دستگاه عصبی پیگیری هستند بنابراین ارادی هستند ولی بعضی از این ماهیچه‌ها به صورت غیر ارادی هم منقبض می‌شوند. انعکاس عقب کشیدن دست نمونه‌ای از این انقباضات هستند. بنابراین اگر ماهیچه‌ای به صورت غیر ارادی منقبض شود نمی‌توان گفت که این ماهیچه الزاماً صاف و تحت کنترل دستگاه عصبی خودمختار است.

**نکته ۳:** ماهیچه‌ها همچنین با انقباض خود در حفظ شکل و حالت بدن و ایجاد حرارت موثر هستند.

**نکته ۴:** ماهیچه‌ی دوسر در جلوی بازو، در مجموع سه تا زردپی دارد. دو عدد آن در بالا به استخوان کتف و بازو و یکی در پایین به استخوان زند زیرین متصل است. و ماهیچه سه سر در عقب بازو، جمعاً چهار عدد زردپی دارند که سه عدد آن‌ها در بالا به استخوان کتف و بازو متصل‌اند. و یک عدد به زند زیرین متصل است.

a. Biceps contracts;  
triceps relaxes.

b. Triceps contracts;  
biceps relaxes.



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

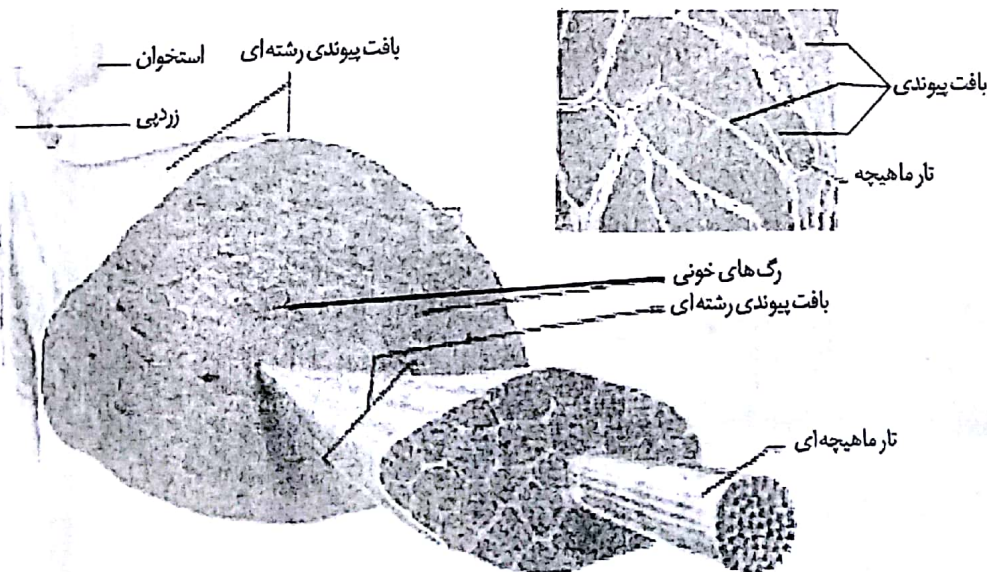
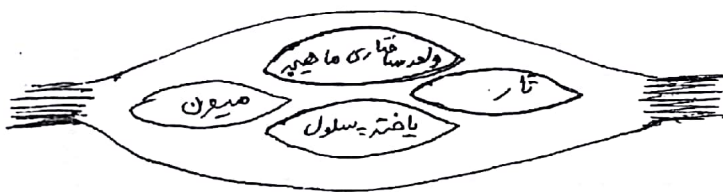
## ساختار ماهیچه اسکلتی

**نکته ۱:** یک ماهیچه اسکلتی از چندین دسته تار ماهیچه‌ای تشکیل شده است، و در بین این دسته تارها رگ‌های خونی و لنفی و عصب دیده می‌شود. مجموعه‌ی دسته تارها توسط غلاف پیوندی رشته‌ای احاطه شده‌اند.

**نکته ۲:** هر دسته تار ماهیچه‌ای از چندین یاخته یا تار ماهیچه‌ای ماهیچه 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. نحوه اتصال ماهیچه به استخوان طوری است که معمولاً با تغییر کوتاهی در طول ماهیچه، استخوان به اندازه زیادی جابه‌جا می‌شود. مثلاً با کوتاه شدن حدود یک سانتی متر ماهیچه جلوی بازو، ساعد دست به اندازه زیادی حرکت می‌کند.

**نکته ۳:** در ساختار ماهیچه‌های اسکلتی بیش از یک نوع بافت یافت می‌شود.

**نکته ۴:** زردپی: نیروی انقباض ماهیچه را به استخوان منتقل می‌کند. بافت پیوندی رشته‌ای (پیوندی متراکم) است. میزان رشته‌های کلاژن آن از بافت پیوندی سست بیشتر است تعداد یاخته‌های آن کم‌تر و ماده زمینه‌ای آن اندک است. مقاومت این بافت در مقابل کشش از بافت پیوندی سست بیشتر است ولی انعطاف‌پذیری آن کم‌تر است. رشته‌های کلاژن و الاستیک توسط ریبوزوم‌های روی شبکه‌ی آندوپلاسمی زبر سلول‌های بافت پیوندی ساخته می‌شوند.



## یاخته یا تار ماهیچه‌ای اسکلتی:

**نکته ۱:** به هر سلول ماهیچه‌ای یک واحد ساختاری ماهیچه یا یک تار ماهیچه‌ای یا یک میون یا یک رشته‌ی ماهیچه‌ای می‌گویند. تارها در سیمانی از بافت پیوندی سست قرار دارند یعنی در اطراف یاخته‌های ماهیچه‌ای یعنی اطراف هر تار ماهیچه‌ای، بافت پیوندی سست وجود دارد. سلول‌های این بافت رشته‌های کلاژن و الاستیک (کش سان یا ارتجاعی) می‌سازند.

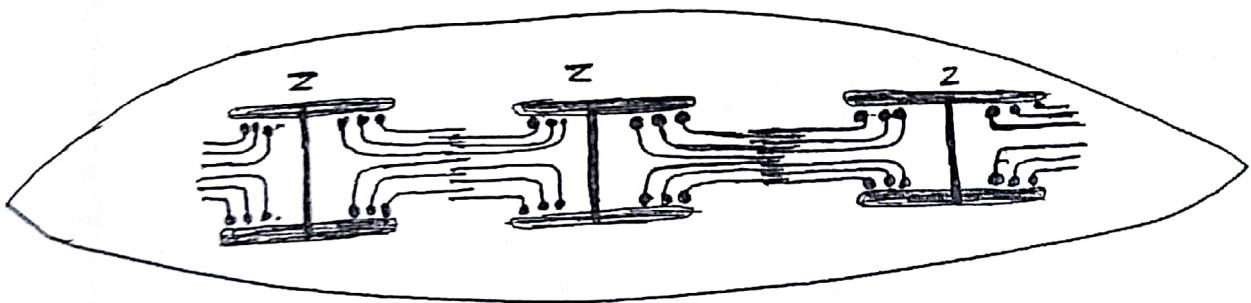
**نکته ۲:** هر یاخته‌ی ماهیچه اسکلتی از به هم پیوستن چند یاخته در دوره جنینی ایجاد می‌شود. در دوره‌ی جنینی چندین سلول ماهیچه‌ای به هم متصل می‌شوند و سپس غشاء سیتوپلاسمی بین آن‌ها از بین می‌رود و چند یاخته‌ی ماهیچه‌ای با هم به یک یاخته تبدیل می‌شوند، و به همین علت دارای چند هسته است. بنابراین تعداد کروموزوم‌های آن‌ها نسبت به سایر سلول‌های بدن بیشتر است. هر سلول ماهیچه‌ای اسکلتی چه در زن‌ها و چه در مرد‌ها بیش از یک کروموزوم  $X$  دارد. بنابراین می‌توان گفت در حالت طبیعی، در مرد‌ها برخی سلول‌ها بیش از یک کروموزوم  $X$  دارند.

**نکته ۳:** هر یاخته‌ی ماهیچه‌ای اسکلتی، استوانه‌ای شکل است که درون آن چندین عدد هسته و تعداد زیادی میتوکندری (راکیزه برای تولید انرژی) دیده می‌شود. درون هر یاخته، تعداد زیادی رشته به نام تارچه ماهیچه‌ای وجود دارد که موازی هم در طول یاخته قرار گرفته‌اند.

**نکته ۴:** تارچه (میوفیبریل)؛ درون هر تار چندین تارچه وجود دارد. هر تارچه ماهیچه‌ای از واحدهای تکراری به نام سارکومر (واحد انقباضی ماهیچه) تشکیل شده‌اند. هر تارچه دارای چندین سارکومر است.

**نکته ۵:** سارکومر (واحد انقباضی ماهیچه)؛ هر سارکومر بخشی از یک تارچه است که بین دو خط  $Z$  قرار دارد. در دو انتهای هر سارکومر خطی به نام خط  $Z$  دیده می‌شود. سارکومرها به تار ماهیچه‌ای ظاهر مخطط (خط می‌دهند. ظاهر مخطط یاخته‌های ماهیچه اسکلتی و قلبی به دلیل وجود دو نوع رشته‌ی پروتئینی اکتین و میوزین است که در ساختار سارکومرها وجود دارند.

**نکته ۶:** رشته‌های اکتین؛ رشته‌های اکتین نازکند و هر رشته‌ی اکتین از یک طرف (نه دو طرف) به یک خط  $Z$  متصل است. و از طرف دیگر به درون سارکومر کشیده شده‌اند.



## نکته ۷: رشته‌های میوزین:

این رشته‌ها ضخیم هستند و بین رشته‌های اکتین جا گرفته‌اند. هر رشته‌ی میوزین از چندین مولکول میوزین ساخته شده است. هر مولکول میوزین دارای دو عدد رشته است که این رشته‌ها سرهایی برای اتصال به اکتین دارند، و دم میوزین به وسط سارکومر کشیده شده است. توجه کنید که سر میوزین به خط Z وصل نیست. سر میوزین با عمل آنزیمی باعث تجزیه‌ی ATP می‌شود.

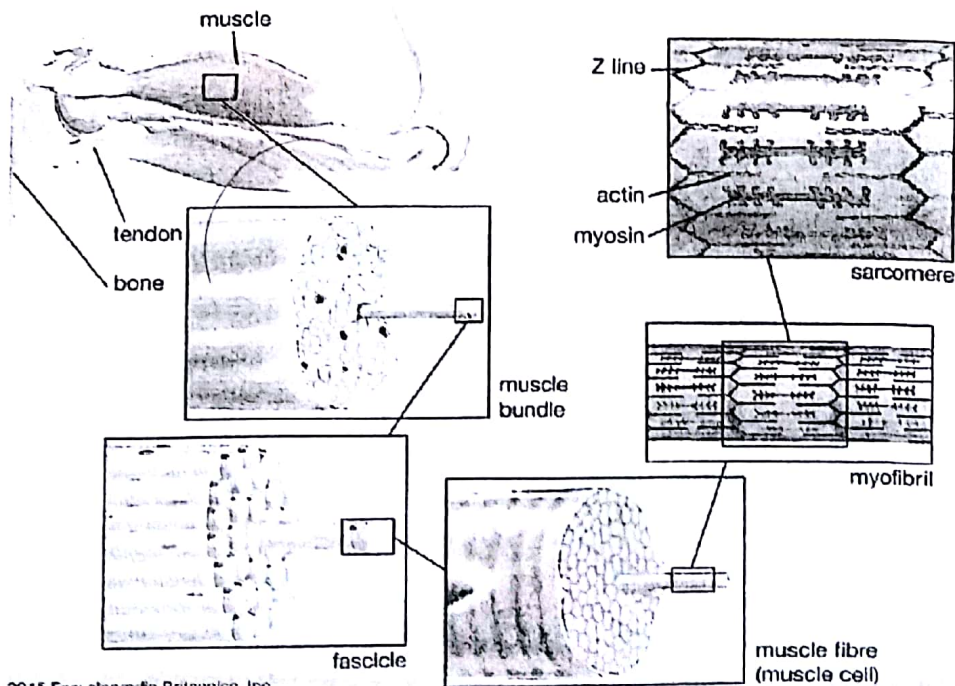


نکته ۸: نوار روشن: در دو انتهای هر سارکومر دیده می‌شود. فقط از رشته‌های نازک اکتین ساخته شده است. وسط آن خط Z قرار دارد.

نکته ۹: نوار تیره: در وسط هر سارکومر دیده می‌شود. در حال استراحت ماهیچه دو سر نوار تیره هم رشته‌های اکتین و هم میوزین وجود دارد. ولی وسط نوار تیره، بخشی یافت می‌شود که فقط رشته‌های میوزین دارد به این بخش صفحه‌ی روشن (صفحه همنسن) می‌گویند.

## نکته ۱۰: شبکه سارکوپلاسمی:

همان شبکه آندوپلاسمی صاف سلولهای ماهیچه ای است که درون تار (نه دور تار) قرار دارند و مقدار زیادی کلسیم ذخیره ای دارند. این شبکه در سلول‌های ماهیچه ای گسترش زیادی یافته و اطراف هر تارچه (میوفیبریل) را احاطه کرده است. وقتی پیام عصبی به سلول ماهیچه ای می‌رسد، یون کلسیم از شبکه‌ی آندوپلاسمی صاف از طریق کانال‌های پروتئینی با انتشار تسهیل در جهت شیب غلظت، بدون صرف انرژی خارج می‌شود و کلسیم در سیتوسل در تماس مستقیم با سارکومرها قرار می‌گیرد و روند انقباض شروع می‌شود. در پایان انقباض کلسیم به وسیله‌ی پروتئین‌های ناقل (یا حامل) با انتقال فعال برخلاف شیب غلظت با صرف انرژی از سیتوسل وارد شبکه آندو پلاسمی صاف می‌شود.



2015 Encyclopædia Britannica, Inc.

**نکته ۱۱:** هر سارکومر یک واحد انقباضی محسوب می‌شود و توسط شبکه ی سارکوبلاسمی احاطه شده است. ولی تار (میون) یک واحد ساختاری ماهیچه است. توسط سارکولم احاطه شده است. هر تارچه از چندین واحد انقباضی (سارکومر) ساخته شده است. ولی توجه کنید که هر تار یک واحد ساختاری ماهیچه است.

**نکته ۱۲:** توجه کنید که:

۱- هر تارچه (میو فیبریل) درون تار (میون) قرار دارد و توسط شبکه سارکوبلاسمی احاطه شده است.

۲- هر تار (میون) درون سیمانی از بافت پیوندی است که توسط سارکولم احاطه شده است.

۳- یک دسته تار توسط غلاف پیوندی رشته ای احاطه شده است.

**نکته ۱۳:** پروتئین میوگلوبین در سیتوپلاسم سلول‌های ماهیچه‌ای قرار دارد که مسئول ذخیره ی اکسیژن است. اگر بگویند در درون مویرگ‌های ماهیچه قرار دارد غلط است.

## مکانیسم انقباض ماهیچه

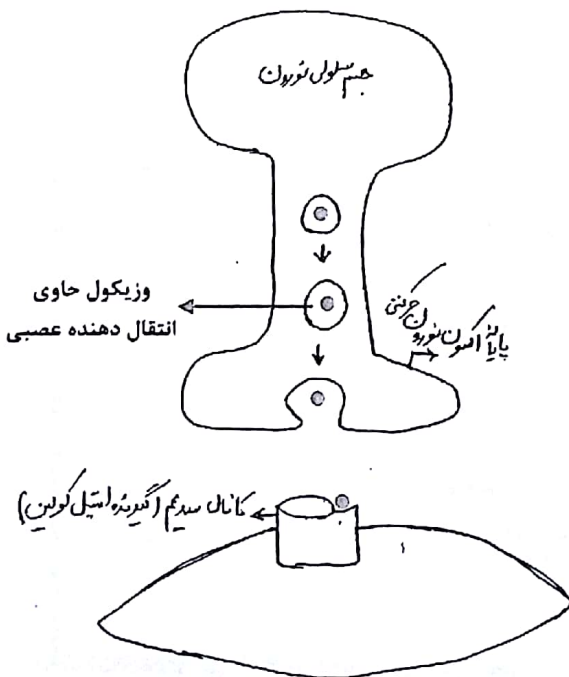
۱- با رسیدن پیام از مراکز عصبی، تحریک از طریق سیناپس (همایه) ویژه‌ای از یاخته‌ی عصبی به یاخته ماهیچه‌ای می‌رسد. توجه کنید که آکسون با تار ماهیچه‌ای سیناپس برقرار می‌کند. اگر بگویند با تارچه غلط است.

۲- ناقل عصبی در جسم سلولی یاخته‌های عصبی ساخته و درون کیسه‌های کوچکی به نام وزیکول‌های سیناپسی ذخیره می‌شود. این کیسه‌ها در طول آکسون هدایت می‌شوند تا به پایانه آن برسند. وقتی پیام عصبی به پایانه‌ی آکسون می‌رسد، این کیسه‌ها با برون‌رانی (اگزوسیتوز)، ناقل را در فضای سیناپسی آزاد می‌کنند

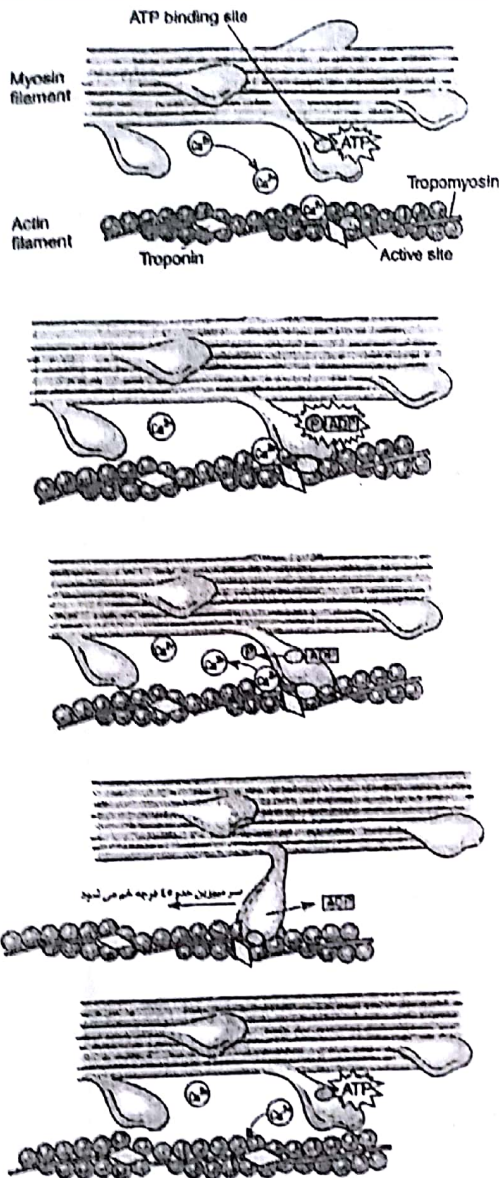
۳- وزیکول‌های سیناپسی که دارای ناقل عصبی (مثل استیل کولین) هستند به غشای نورون سازنده‌ی خود آمیخته می‌شوند و انتقال دهنده‌ی عصبی با مصرف انرژی و با اگزوسیتوز (برون‌رانی) به فضای سیناپسی آزاد می‌شوند. (توجه کنید که وزیکول وارد فضای سیناپسی نمی‌شود). انتقال دهنده‌ی عصبی از طریق فضای سیناپسی (نه از طریق خون) به گیرنده‌های خود که در غشای تار (نه تارچه) قرار دارند متصل می‌شوند. توجه کنید که گیرنده‌های استیل کولین در سارکولم قرار دارند (نه در غشای شبکه‌ی سارکوپلاسمی)

۴- با اتصال استیل کولین به گیرنده‌های خود که همان کانال‌های دریچه دار سدیمی هستند، باعث می‌شود این کانال‌ها باز شوند و با ورود ناگهانی سدیم به داخل سلول‌های ماهیچه، در سطح یاخته ماهیچه‌ای یک موج الکتریکی در طول غشای یاخته ماهیچه ایجاد می‌شود.

۵- با تحریک یاخته ماهیچه‌ای، کلسیم از درون شبکه آندوپلاسمی با انتشار تسهیل شده از طریق پروتئین‌های کانالی آزاد می‌شود و کلسیم در سیتوسل در مجاورت سارکومرها قرار دارد.







۶- یون های کلسیم به نوعی از پروتئین ها (به نام تروپونین که به رشته های نازک اکتین چسبیده اند) متصل می شود. با اتصال تروپونین به کلسیم، تروپونین تغییر شکل فضایی می دهد و محل هایی در رشته های اکتین، آزاد می شوند.

۷- ATP ای که از قبل به میوزین متصل شده بود، با فعالیت آنزیمی سر میوزین تجزیه می شود و به ADP و فسفات تبدیل می شود. اکنون سر میوزین همراه با ADP و فسفات، به جایگاه فعال و آشکار شده اکتین متصل می شود و یک پل عرضی در بین اکتین و میوزین برقرار می شود.

۸- با رها شدن فسفات معدنی تغییر شکلی فضایی در سر میوزین ایجاد می گردد و سر میوزین خم می شود.

۹- سر میوزین با حرکت خمشی حدود ۴۵ درجه خم شده و با ضربه ای قوی رشته ای اکتین را به مرکز سارکومر نزدیک می کند. در حین این ضربه ADP از سر میوزین رها می شود.

۱۰- یک ATP جدید به سر میوزین متصل می شود، این ATP جدید باعث جدا شدن سر میوزین از اکتین می شود. و در صورت وجود مقدار مناسب کلسیم، این چرخه تکرار می شود.

نکته ۱: لغزیدن میوزین و اکتین در مجاورت هم به انرژی (ATP) نیاز دارد. برای این کار باید پل های اتصال میوزین و اکتین دائماً تشکیل شده و سپس با حرکتی مانند پارو زدن به یک سمت کشیده شود. سپس سرهای متصل شده جدا شده و به بخش جلوتر متصل شود. این لیز خوردن و اتصال و جدا شدن سرهای میوزین صدها مرتبه در ثانیه تکرار می شود و یک ماهیچه اسکلتی منقبض می شود.

بیشتر بدانید: نوعی باکتری سمی خطرناک به نام بوتولینوم تولید می کند. این سم مانع از آزاد شدن استیل کولین از نورون های حرکتی می شود. این سم که به بوتاکس نیز معروف است در تصاویر بسیار کم برای کاهش بین و چروک های فلهاری چهره استفاده می شود. باعث فلج موقتی ماهیچه های چهره می شود و تا مدتی چروک های صورت را رفع می کند ولی از طرفی باعث می شود چهره فاقد حالت شده و به چهره یخی یا بی روحی معروف است.

**نکته ۲:** هنگام انقباض ماهیچه مثلا در شروع دم که دیافراگم منقبض و به حالت مسطح در می‌آید و ماهیچه‌های بین دنده‌های خارجی منقبض می‌شوند.

- ۱- کلسیم درون شبکه آندوپلاسمی کاهش و در سیتوسل اطراف تارچه‌ها (نه اطراف تارها) زیاد می‌شود.
- ۲- دو خط Z به هم نزدیک می‌شوند و طول سارکومر کوتاه می‌شود
- ۳- طول صفحه‌های روشن (صفحه هسن) و نوارهای روشن کوتاه می‌شوند
- ۴- فاصله‌ی خط Z تا رشته میوزین کم می‌شود.
- ۵- توجه کنید که طول نوار تیره و طول رشته‌های اکتین (رشته‌های نازک) و میوزین (رشته‌های ضخیم) تغییر نمی‌کند.

**نکته ۳:** توقف انقباض مثلا هنگام بازدم که ماهیچه‌های بین دنده‌های خارجی و دیافراگم به حالت استراحت در می‌آید و دیافراگم به حالت گنبدی در می‌آید:

- ۱- کلسیم به سرعت به کمک پروتئین‌های ناقل با انتقال فعال با صرف انرژی و در جهت خلاف شیب غلظت به شبکه آندوپلاسمی بازگردانده می‌شوند. و کلسیم سیتوپلاسم کاهش و کلسیم درون شبکه آندوپلاسمی افزایش می‌یابد.
- ۲- سرهای میوزین از اکتین جدا می‌شوند. در این حال سارکومر تا زمان رسیدن پیام عصبی بعدی در حالت استراحت می‌ماند.

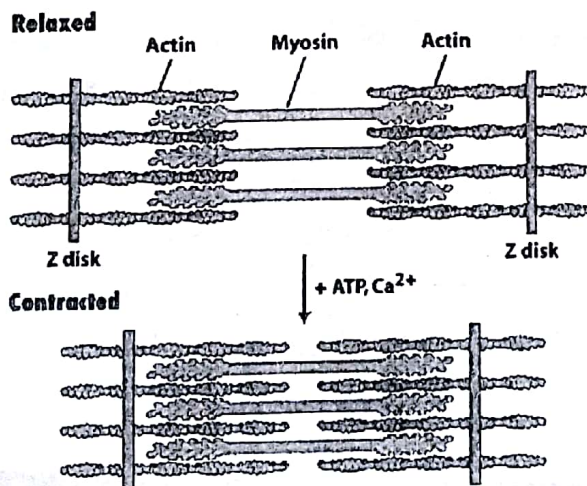
۳- دو خط Z از هم دور می‌شوند و طول سارکومر بلند می‌شود

۴- طول صفحه‌های روشن (صفحه هسن) و نوارهای روشن بلند می‌شوند

۵- فاصله‌ی خط Z تا رشته میوزین زیاد می‌شود. توجه کنید که طول نوار تیره و طول رشته‌های اکتین (رشته‌های نازک) و میوزین (رشته‌های ضخیم) تغییر نمی‌کند.

**نکته ۴:** توجه کنید که پایانه‌های یک آکسون با تار یا میون یا واحد ساختاری ماهیچه سیناپس برقرار می‌کنند. توجه کنید که آکسون با تارچه‌ها یا میوفیبریل یا واحد انقباضی ماهیچه سیناپس برقرار نمی‌کند. گیرنده استیل کولین و گیرنده انسولین در غشاء احاطه کننده تار قرار دارد. (نه غشاء احاطه کننده هر تارچه)

**نکته ۵:** توجه کنید که در تونوس (انقباض خفیف ماهیچه‌ها) تارها (واحد‌های ساختاری ماهیچه یا میون‌ها) می‌توانند به نوبت منقبض می‌شوند. توجه کنید که تارچه‌ها (میوفیبریل‌ها، یا واحد‌های انقباضی) یک میون نمی‌توانند نوبتی منقبض شوند.



## انواع بافتهای ماهیچه ای:

### الف) عضله ی صاف:

یاخته های ماهیچه صاف، دوکی شکل اند و غیر ارادی منقبض می شوند - این ماهیچه ها خط دار نیستند و نوار تیره و روشن ندارند، خط Z ندارند تحت کنترل سیستم عصبی خومختار (سمپاتیک و پاراسمپاتیک) هستند و تحت کنترل سیستم عصبی پیکری (ارادی) نیستند

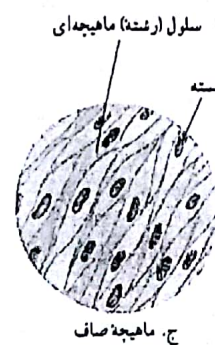
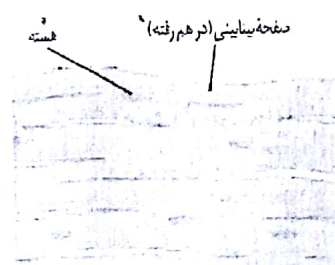
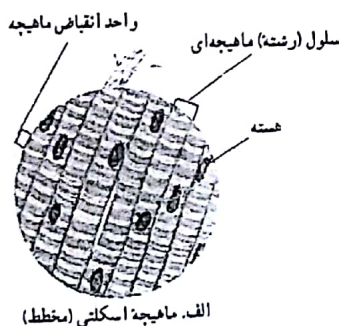
مثال: ماهیچه ی لوله گوارش - پیلور (دریچه ی بین معده و دوازدهه) - کاردیا (درانتهای مری) - عنبیه ی چشم برای تنظیم قطر مردمک - ماهیچه ی مژکی چشم برای تنظیم تطابق چشم - معده - مری - روده ها - کولون - مثانه - رحم - لوله های فالوپ - دیواره ی رگ ها مثل آنورت. میزنا ی - اسفنکتر داخلی راست روده و مثانه

### ب) عضله قلبی (میوکاردا):

سلول ها این بافت همانند ماهیچه اسکلتی خط دار (مخطط) هستند. در آن واحدهای انقباضی به طور منظم کنار هم قرار گرفته اند. و نوار تیره و روشن دارند، از طرف دیگر همانند یاخته های ماهیچه صاف به طور غیر ارادی منقبض شده و یاخته های منفرد آن نسبتاً کوچک هستند و عموماً یک یا دو هسته دارند. تحت کنترل اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک هستند. اعصاب پیکری وارد آنها نمی شوند یکی از ویژگی های یاخته های ماهیچه قلبی ارتباط آن ها از طریق صفحات بینابینی (در هم رفته) است. نوع ارتباط یاخته ای در این صفحات باعث می شود پیام انقباض و استراحت مانند یک توده یاخته ای واحد عمل کند. ، یاخته ماهیچه قلبی برخلاف سلول های ماهیچه اسکلتی منشعب هستند. گره پیشاهنگ و بافت گره ای قلب از جنس بافت ماهیچه قلبی است و دریچه های قلب ساختار ماهیچه ای ندارند.

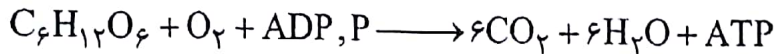
### ج) ماهیچه ی اسکلتی:

توسط زرد پی به استخوان وصل می شوند سلولهای رشته ای چند هسته ای اند منشعب نیستند با اعصاب پیکری منقبض می شوند. مخطط هستند یعنی نوار تیره و روشن دارند - تعداد سلول ها بعد از تولد افزایش نمی یابد فقط حجم آن ها زیاد می شود. ارادی و تحت کنترل قشر خاکستری مخ هستند. فاقد انشعاب هستند. مثل: دلتایی - دوزنقه ای - سرینی - توام - دوسر بازو - خیاطه - دیافراگم. اسفنکترها خارجی مثانه و راست روده



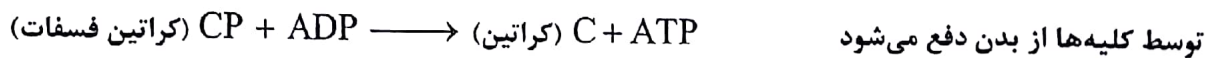
## تامین انرژی انقباض

الف- بیشتر انرژی لازم برای انقباض ماهیچه‌ها از سوختن گلوکز به دست می‌آید. در ماهیچه‌های گلیکوژن (پلی‌مری انشعابی از گلوکز) به صورت ذخیره وجود دارد که در صورت لزوم به گلوکز تجزیه می‌شود. در صورت وجود اکسیژن تجزیه‌ی گلوکز می‌تواند تا چند دقیقه انرژی لازم برای ساخت ATP را فراهم کند.



ب- برای مدت طولانی‌تر انقباض ماهیچه‌ها از اسیدهای چرب استفاده می‌کنند.

ج- ماده دیگر کراتین فسفات است که طبق واکنش زیر می‌تواند به سرعت با دادن فسفات خود، مولکول ATP را به سرعت باز تولید کند. در جریان این تبدیل کراتینین پدید می‌آید که ماده دفعی نیتروژن دار است و



نکته ۱ : ماهیچه‌ها برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارد. در فعالیت‌های شدید که اکسیژن کافی به ماهیچه‌ها نمی‌رسد، تجزیه گلوکز به صورت بی‌هوازی انجام می‌شود. در تنفس بی‌هوازی، ابتدا گلوکز در مرحله‌ای به نام گلیکولیز به پیرووات تبدیل می‌شود. و سپس پیرووات به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود. در تنفس بی‌هوازی، اکسیژن مصرف نمی‌شود و دی‌اکسید کربن هم تولید نمی‌شود. در تنفس بی‌هوازی لاکتیک اسید تولید شده در ماهیچه انباشته می‌شود. انباشته شدن لاکتیک اسید پس از تمرینات ورزشی طولانی، باعث گرفتگی و درد ماهیچه‌های می‌شود. لاکتیک اسید اضافی به تدریج تجزیه می‌شود و اثرات درد و گرفتگی ماهیچه‌ای کاهش می‌یابد.

نکته ۲ : سلول‌های ماهیچه‌ای همانند سلول‌های کبدی برای انسولین گیرنده دارند. با اتصال انسولین به گیرنده خود، گلوکز بیشتری وارد سلول‌های ماهیچه‌ای می‌شود. و گلوکز اضافه با استفاده از واکنش سنتز آبدهی به گلیکوژن (نوعی پلی‌مر انشعابی) تبدیل می‌کنند.

نکته ۳: میوگلوبین در سیتوپلاسم ماهیچه وجود دارد که مسنول ذخیره اکسیژن است. دقت کنید که در مویرگ‌های ماهیچه‌ها میوگلوبین وجود ندارد.

نکته ۴ : در هنگام افزایش فعالیت ماهیچه‌ها اکسیژن خون کاهش می‌یابد. در خارج از مغز، گیرنده‌هایی وجود دارند که به کاهش اکسیژن حساس‌اند. این گیرنده‌ها بیشتر در سرخرگ آئورت و سرخرگ‌های ناحیه‌ی گردن که خون‌رسانی به سر و مغز را بر عهده دارند، واقع‌اند. چنانچه اکسیژن خون کاهش یابد، این گیرنده‌ها به بصل-النخاع پیام عصبی ارسال می‌کنند.

## انواع سلول‌های بافت ماهیچه‌ای

سلول‌های ماهیچه‌ای را می‌توان به دو نوع یافته‌های سریع و کند تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی بر اساس سرعت تغییر و تبدیل ATP توسط میوزین است. بسیاری از ماهیچه‌های بدن هر دو نوع یاخته را دارند.

### الف) تار ماهیچه‌ای نوع کند (قرمز):

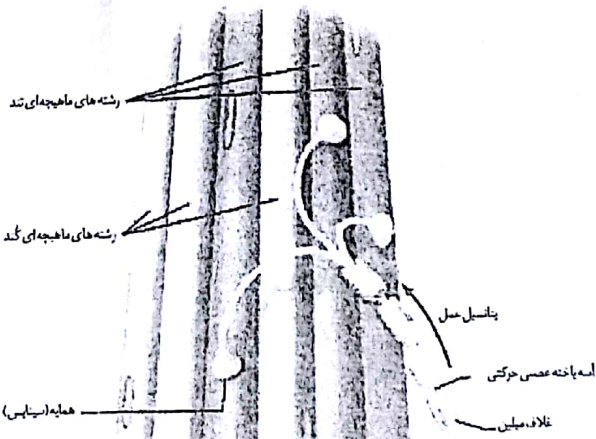
برای حرکات استقامتی مانند دوندگان ماراتن و شنا کردن ویژه شده‌اند این تارها مقداری زیادی رنگ‌دانه قرمز به نام میوگلوبین (شبه هموگلوبین) دارند که می‌توانند مقداری اکسیژن را ذخیره کنند. این تارها بیشتر انرژی خود را به روش هوازی به دست می‌آورند. مصرف اکسیژن در این ماهیچه‌ها بیشتر است. این تارها تعداد میتوکندری زیادی دارند، برای همین تولید  $CO_2$  در این تارها زیاد است. بنابراین فعالیت آنزیم کربنیک انیدراز را در خون را افزایش می‌دهند. ولی تولید اسیدلاکتیک در این تارها کم‌تر است.

### ب) تارهای ماهیچه‌ای تند (پا سفید):

سریع منقبض می‌شوند. این تارها مسئول انجام انقباضات سریع مثل دوی سرعت (دوی صد متر) و بلند کردن وزنه‌اند. این تارها تعداد میتوکندری کمتری دارند و انرژی خود را بیشتر از راه تنفس بی‌هوازی به دست می‌آورند برای همین تولید اسیدلاکتیک در این تارها بیشتر است. در تنفس بی‌هوازی  $CO_2$  تولید نمی‌شود. برای همین فعالیت آنزیم کربنیک انیدراز در خون را افزایش نمی‌دهند. در این تارها مقدار میوگلوبین کمتر است. این تارها سریع انرژی خود را از دست می‌دهند و خسته می‌شوند. افراد کم‌تحرك، تار ماهیچه‌ای تند بیشتری هستند که با ورزش، تارهای نوع تند به نوع کند تبدیل می‌شوند. تعداد همایه (سیناپس) نوروها با این تارها در مقایسه با رشته‌های ماهیچه‌ای کند بیشتر است.

**نکته ۱:** در هنگام ورزش‌های استقامتی مانند شنا کردن، تنفس سلولی بیشتر به صورت هوازی است. برای همین مقدار تولید  $CO_2$  در تارهای ماهیچه‌ای افزایش می‌یابد. در نتیجه‌ی افزایش مقدار  $CO_2$  در خون، فعالیت کربنیک انیدراز در گلبول‌های قرمز خون افزایش می‌یابد در نتیجه تولید کربنیک اسید (یون بی‌کربنات و هیدروژن) در خون افزایش می‌یابد. افزایش کربن دی‌اکسید خون با اثر بر مرکز تنفسی در بصل‌النخاع، آهنگ تنفس را افزایش می‌دهد.

**نکته ۲:** در هنگام انقباضات سریع مثل دوی سرعت و بلند کردن وزنه، تنفس بی‌هوازی افزایش می‌یابد. در تنفس بی‌هوازی مقدار تولید  $CO_2$  در سلول‌ها کاهش می‌یابد. در نتیجه‌ی کاهش مقدار  $CO_2$  خون، فعالیت کربنیک انیدراز کاهش می‌یابد در نتیجه تولید کربنیک اسید (یون بی‌کربنات و هیدروژن) در خون کاهش می‌یابد.



## 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. شنا کردن، پرواز کردن، 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.

### انواع اسکلت در جانوران:

ساختار اسکلت در جانوران متفاوت است، ولی می‌توان انواع اسکلت در جانوران را به سه گروه آب‌ایستایی، بیرونی و درونی طبقه‌بندی کرد.

#### الف) اسکلت آب‌ایستایی؛

در اثر تجمع مایع درون بدن به آن شکل می‌دهد. عروس دریایی اسکلت آب‌ایستایی دارد. 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.

#### ب) اسکلت خارجی (بیرونی)؛

حشرات و حلزون‌ها نمونه‌هایی از جانوران دارای اسکلت بیرونی هستند. در این جانوران، اسکلت علاوه بر کمک به حرکت، وظیفه حفاظتی هم دارد. با افزایش اندازه 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، اندازه این جانوران از حد خاصی بیشتر نمی‌شود.

**نکته ۱:** به طور کلی اسکلت بیرونی نقش حفاظتی بیشتری دارد ولی این نوع اسکلت با افزایش اندازه جانور، حجم وزن بیشتری پیدا می‌کند که باعث سنگین شدن جاندار می‌شود. این مسئله موجب محدودیت در افزایش اندازه جانور می‌شود.

#### ج) اسکلت درونی (داخلی)؛

همه‌ی مهره‌داران اسکلت درونی دارند. در انواعی از ماهی‌ها مانند کوسه ماهی، جنس این اسکلت از نوع غضروفی است، ولی در بیشتر مهره‌داران استخوانی است که غضروف هم دارند. ساختار استخوان در این جانوران بسیار شبیه ساختار استخوان انسان است.

**نکته ۲:** هر جانوری که طناب عصبی پشتی دارد، قطعاً مهره‌دار است و اسکلت داخلی دارد و گردش خون آن بسته است.