



## فصل ۳

# دستگاه حرکتی

(۱) اندام بالا نوعی اندام مصنوعی است که به اعصاب دست انسان متصل بوده و پیام‌های حرکتی مغز را اجرا می‌کند!

(۲) دستگاه حرکتی در انسان شامل دو بخش اصلی است:

+ اسکلت که ثود شامل استخوان‌ها، غضروف‌ها و مفاصل و نیز رباط‌ها است و حرکت ماهیچه‌ها باعث به حرکت در آمدن آنها می‌شود.

+ ماهیچه‌ها که باعث به حرکت در آوردن اسکلت و در نتیجه حرکت اعضای بدن انسان می‌شوند.

استفاده 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 تا حدودی 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 آسیب دیده 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؟ از استخوان، غضروف، ماهیچه و ...

نحوه عملکرد این بخش‌ها چگونه است؟ ماهیچه با حرکت ثود استخوان‌ها را به حرکت در می‌آورد.

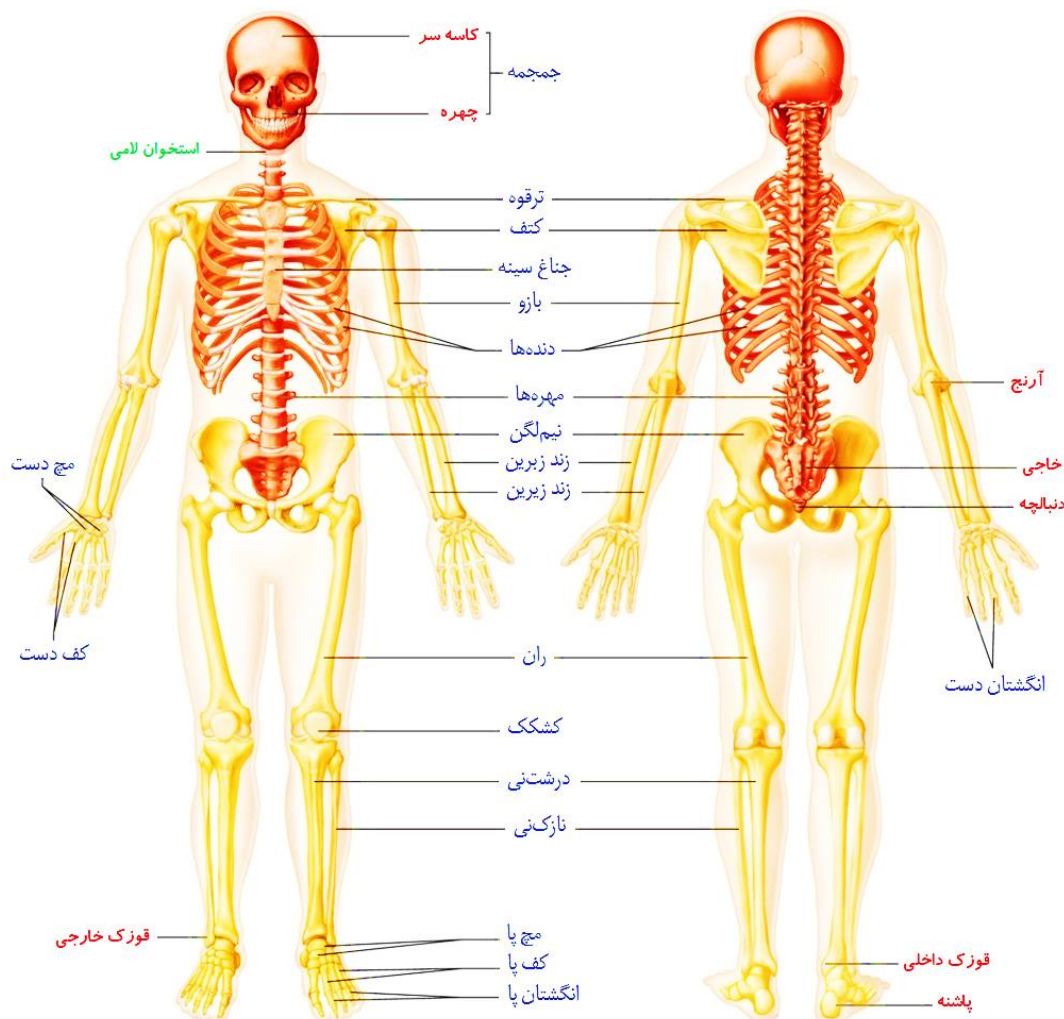
چه آسیب‌های احتمالی اندام‌های حرکتی را تهدید می‌کند؟ شکستگی استخوان، در رفتگی و آسیب به مفاصل، روماتیسم مفصلی، نقرس و ...

به چه روش‌هایی می‌توان این اجزا را از آسیب حفظ کرد؟ تغذیه مناسب برای جلوگیری از پوکی استخوان و آسیب رسیدن به استخوان‌ها و مفاصل و ...

استخوان‌ها (۲۶ عدد) بخشی از اسکلت انسان را تشکیل می‌دهند. بخش‌های دیگر اسکلت را غضروف‌ها و مفاصل و نیز رباط‌ها 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، ناع و قلب** حفاظت می‌کند؛ گرچه بخش‌هایی از آن هم در **جویدن، شنیدن، صحبت کردن و حتی حرکات بدن** نیز نقش دارند.

+ **بخش جانبی**: 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.



شکل ۱- اسکلت انسان. بخش محوری و جانبی به ترتیب با رنگ قرمز و زرد نشان داده شده‌اند.

نکاتی در مورد اسکلت

(۱) اسکلت انسان از سه جزء تشکیل شده است: (۱) استخوان‌ها (۲) غضروف‌ها و مفاصل (۳) رباط‌ها

(۲) اسکلت انسان شامل دو بخش محوری و جانبی است.

+ بخش محوری: که در شکل با رنگ قرمز نمایش داده شده‌اند.

x وظایف: بخش محوری دارای متعدد و به صورت زیر است.

- محور بدن را تشکیل می‌دهد.

- از ساختارهایی مانند مغز، ناع و قلب حفاظت می‌کند.

- بخش‌هایی از آن هم در جویدن، شنیدن، صحبت کردن و حتی حرکات بدن نیز نقش دارند.

x شامل: بخش محوری از جمجمه، ستون مهره‌ها، جناغ سینه و دنده‌ها تشکیل شده است.

– مجموعه: شامل کاسه سر، کف جمجمه و استخوان‌های چهره شامل استخوان‌های گونه و فک‌های بالا و پایین است.

✱ کاسه سر: از استخوان‌های پیشانی، آهیانه، گیجگاهی و پس سری تشکیل شده است.

✱ استخوان پرویزنی که آکسون گیرنده‌های بویایی از سوراخ‌های آن می‌گذرند جزء استخوان‌های کاسه سر به حساب می‌آید.

✱ استخوان در برگرنده غده هیپوفیز نیز یکی از استخوان‌های کف جمجمه است.

✱ کاسه چشم بخشی از استخوان‌های پیشانی، فک بالا و گونه محسوب می‌شود.

✱ فک بالایی که ثابت و فک پائینی که متحرک است هم از استخوان‌های چهره محسوب می‌شوند.

– ستون مهره‌ها: دارای ۳۳ مهره است. ۷ مهره گردنی، ۱۲ مهره پشته‌ای، ۵ مهره کمری، ۵ مهره خاجی و ۴ مهره دنبالچه‌ای

✱ در بزرگسالان مهره‌های خاجی و دنبالچه‌ای به هم جوش خورده هستند.

– جناغ سینه: که در جلوی قفسه سینه واقع شده است.

✱ دو ترقوه و ده جفت دنده به طور مستقیم یا غیر مستقیم با جناغ سینه متصل دارند.

✱ جناغ خود از سه تکه استخوان تشکیل شده است.

✱ استخوان‌های جناغ به همراه دنده‌ها قفسه سینه را به وجود می‌آورند.

– دنده‌ها: همگی از عقب به ستون مهره‌ها متصل هستند.

✱ تعداد آنها ۱۲ جفت است.

✱ دنده‌های حقیقی: ۷ جفت که هر کدام از آنها با یک غضروف مستقل به جناغ متصل می‌شوند.

✱ دنده‌های کاذب: ۱۰ جفت که همگی با یک جفت غضروف به غضروف‌های آفرین دنده‌های حقیقی متصل می‌شوند.

✱ دنده‌های آزاد: ۲ جفت که فاقد غضروف بوده و از جلو به استخوان جناغ متصل نمی‌شوند.

+ بخش جانبی: که در شکل با رنگ زرد نمایش داده شده‌اند.

x وظیفه: بخش جانبی دارای یک وظیفه و به صورت زیر است.

– نسبت به اسکلت مصوری، نقش بیشتری در حرکت بدن دارند.

x شامل: بخش جانبی شامل استخوان‌های مرتبط با اندام‌های بالایی و پائینی یعنی دست و پا است.

– استخوان‌های مرتبط با اندام‌های بالایی یا دست عبارتند از:

✱ استخوان‌های کتف، ترقوه، بازو، زند زیرین و زند زیرین، استخوان‌های مچ دست، کف دست و انگشتان دست

✱ استخوان‌های ترقوه از یک طرف با کتف‌ها و از طرف دیگر با جناغ متصل دارند.

✱ سر بالایی زند زیرین آرنج نامیده می‌شود.

✱ زند زیرین در پائین در مقابل استخوان انگشت بزرگ یا شست دست قرار می‌گیرد.

– استخوان‌های مرتبط با اندام‌های پائینی یا پا عبارتند از:

✱ استخوان‌های نیم‌لگن، ران، درشت‌نی، نازک‌نی، مچ پا، کف پا و انگشتان پا

✱ قوزک داخلی پا بخشی از درشت‌نی و قوزک خارجی آن نیز بخشی از نازک‌نی است.

✱ پاشنه یکی از استخوان‌های مچ پا است.

۱۳) مشاهده استخوان‌ها از نمای جلو و عقب:

+ مشاهده از نمای جلویی: استخوان‌های پیشانی، چهره، استخوان لامی، جناغ و کشکک

+ مشاهده از نمای عقب: استخوان‌های پس‌سری، فک پائینی، مهره‌های دنبالچه‌ای و نیز آرنج و پاشنه

+ مشاهده از هر دو نما: بقیه استخوان‌ها کمابیش از هر دو نما قابل مشاهده هستند!

## اعمال استخوان‌ها

استخوان‌ها علاوه بر حفاظت و پشتیبانی اندام‌ها، اعمال دیگری هم انجام می‌دهند؛ مثلاً استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن دقیق مؤثرند. به

عبارت دیگر بدون وجود استخوان‌های کوچک گوش هم به صورت غیر دقیق! می‌شنویم. همچنین استخوان‌ها به کمک ماهیچه‌ها موجب حرکت بدن می‌شوند.

سایر اعمال استخوان‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است.

| وظیفه                 | توضیح                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| پشتیبانی              | همه استخوان‌ها شکل بدن را مشخص و نیز چارچوبی را ایجاد می‌کنند تا اندام‌ها روی آنها <b>مستقر</b> شوند.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| حرکت                  | اتصال <b>اعصاب</b> ماهیچه‌های اسکلتی به استخوان‌ها و انقباض آنها باعث انتقال نیروی ماهیچه به استخوان‌ها و <b>حرکت</b> آنها می‌شود.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| حفاظت اندام‌های درونی | اسکلت استخوانی شامل <b>ستون مهره‌ها</b> ، <b>قفسه سینه</b> و <b>جمجمه</b> بخش‌های حساسی، مانند نخاع، قلب و شش‌ها و مغز را <b>حفاظت</b> می‌کند.                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| تولید سلول‌های خونی   | <b>بسیاری</b> از استخوان‌ها مغز <b>قرمز</b> و سلول <b>بنیادی</b> داشته که گلبول‌های قرمز، سفید و پلاکت‌ها را <b>تولید</b> می‌کنند.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ذخیره مواد معدنی      | همه استخوان‌ها محل <b>ذخیره</b> مواد <b>معدنی</b> ، مانند فسفات و کلسیم هستند.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| اعمال دیگر            | استخوان‌های کوچک گوش در <b>شنیدن</b> و استخوان‌های آرواره در <b>تکلم</b> و <b>جویدن</b> نقش دارند.<br>+ کمک به شنیدن دقیق: <b>استخوان‌های چکشی</b> ، <b>سندان</b> و <b>رکابی</b><br>+ کمک به جویدن غذا: <b>استخوان‌های آرواره</b> یعنی <b>فک بالا</b> و <b>فک پایین</b> با کمک دندان‌ها<br>+ کمک به تکلم: <b>استخوان‌های آرواره</b> به همراه پرده‌های صوتی، <b>لب‌ها</b> و <b>دهان</b> شامل <b>زبان</b> و دندان‌ها |

## انواع استخوان

استخوان‌ها به عنوان **اندام‌هایی** از **دستگاه حرکتی** اشکال **مختلفی** دارند. استخوان **ران** و **بازو** از انواع استخوان‌های **دراز**ند، در حالی که استخوان‌های **مچ** از انواع استخوان‌های **کوتاه**اند. استخوان **جمجمه** از استخوان‌های **پهن** هستند. استخوان‌های **ستون مهره** از نوع استخوان‌های **نامنظم**اند (شکل ۲). استخوان‌های بدن اندازه‌های متفاوتی دارند، از استخوان‌های کوچک گوش میانی یعنی **چکشی**، **سندان** و **رکابی** تا استخوان **بزرگ لگن**.

### شکل ۲- انواع استخوان

جمجمه پهن، مهره‌ها نامنظم، مچ دست کوتاه و استخوان ران دراز. (در تصاویر مقیاس رعایت نشده است).

**انواع استخوان از نظر شکل:** استخوان‌ها از نظر شکل به پنج گروه تقسیم می‌شوند:

(۱) استخوان‌های **دراز**، مانند: استخوان‌های **ران** و **بازو** و نیز **زند زیرین** و **زند زیرین**، درشت‌نی و نازک‌نی، استخوان‌های

انگشتان، استخوان‌های کف دست و استخوان‌های کف پا.

(۲) استخوان‌های **کوتاه**، مانند: استخوان‌های **مچ دست** و استخوان‌های **مچ پا** و نیز پاشنه پا که جز استخوان‌های مچ

پا محسوب می‌شود.

(۳) استخوان‌های **پهن**، مانند: استخوان‌های **جمجمه** (شامل استخوان‌های **کاسه سر** و استخوان‌های **چهره**) و نیز **دنده‌ها**،

جناغ سینه، نیم‌لگن و کتف

(۴) استخوان‌های **نامنظم**، مانند: استخوان‌های **ستون مهره‌ها** شامل مهره‌ها و نیز استخوان **فاجی**، **دنبالپه‌ای** و

استخوان‌های گوش میانی

(۵) استخوان‌های **کنبدی**، مانند: استخوان **کشک**

## ساختار بافتی استخوان

نکته **اول:** هر کدام از استخوان‌های فوق! قطعاً از **دو نوع** بافت استخوانی **فشرده** و **اسفنجی** تشکیل شده است.

نکته **دوم:** همواره بافت **فشرده** در **بیرون** و بافت **اسفنجی** در **درون** استخوان قرار گرفته است.

**میزان** و **محل** قرارگیری هر نوع بافت استخوانی در استخوان‌های مختلف متفاوت است.

مثلاً در استخوان **ران** بخش‌های مختلفی به صورت زیر وجود دارد:

(الف) در طول تپه استخوان **ران**، بافت استخوانی **فشرده** در طول استخوان‌های **دراز** مانند **ران**، بیشتر به صورت **واحدی** به نام **سامانه هاورس** قرار

گرفته است (شکل ۳). در این بخش تیغه‌های **بینایی** و **مغیطی** هم وجود دارند. این سامانه‌ها به صورت **استوانه‌هایی** هم‌مرکز از تیغه‌های استخوانی‌اند

که این تیغه‌ها از **سه** جزء تشکیل شده‌اند:

+ **یاخته‌های استخوانی** که طبق کتاب! همه آنها از یک نوع هستند.

+ **ماده زمینه‌ای** به صورت جامد از مواد آلی و مواد معدنی

x ماده زمینه‌ای از جنس مواد آلی یعنی **پروتئین‌ها** و مواد معدنی یعنی **کربنات کلسیم** و فسفات کلسیم تشکیل شده است.

+ **رشته‌های کلاژن** در اطراف سلول‌های استخوانی

**اعصاب** و **رگ‌های درون مجرای مرکزی** هر سامانه هاورس که گاهی اوقات **مجرای هاورس** نامیده می‌شود، به حالت **طولی** قرار گرفته و ارتباط بافت زنده

را با بیرون برقرار می‌کنند.

✳ در سطح درونی تنه استخوان ران: سطح درونی تنه استخوان ران نیز بافت اسفنجی دارد.

✳ در سطح خارجی تنه استخوان ران: سطح خارجی این استخوان، توسط دو لایه بافت پیوندی احاطه شده است و رگ‌ها و اعصاب از راه مجراهایی به نالت شعاعی یا عرضی به بیرون ارتباط دارند.

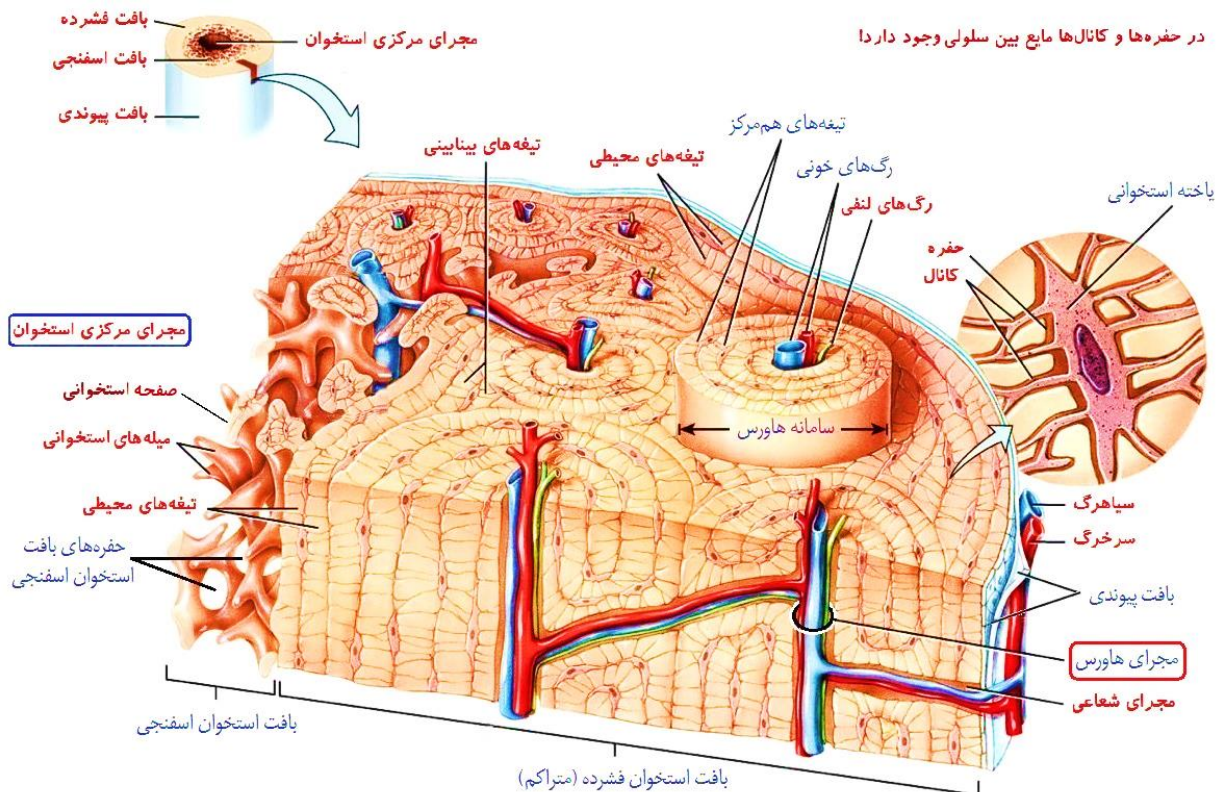
ب) در انتهای برآمده استخوان ران: انتهای برآمده استخوان ران بیشتر از بافت اسفنجی پر شده است. بدیهی است در بیرون آن استخوان فشرده هم وجود دارد! بافت استخوانی اسفنجی، از میله‌ها و صفحه‌های استخوانی تشکیل شده است که در بین آنها حفره‌هایی وجود دارد که توسط رگ‌ها و مغز استخوان پر شده‌اند.

+ مغز استخوان نوعی اندام لنفی بوده و در دو نوع زرد و قرمز وجود دارد.

x مغز زرد بیشتر از چربی تشکیل شده است و (فقط!) مجرای مرکزی استخوان‌های دراز را پر می‌کند.

x مغز قرمز استخوان در بافت استخوانی اسفنجی (بسیاری!) انواع استخوان‌ها دیده می‌شود.

x در کم خونی‌های شدید، مغز زرد می‌تواند به مغز قرمز تبدیل شود.



شکل ۳- ساختار بخشی از تنه یک استخوان دراز و اجزای آن

## فعالیت 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؟ سلول‌ها، رشته‌ها و ماده زمینه‌ای

ب) ماده زمینه‌ای استخوان توسط چه بخشی ساخته می‌شود؟ به وسیله سلول‌های استخوانی

## نکاتی در مورد ساختار بافتی استخوان

۱) هر یک از استخوان‌های دراز، کوتاه، پهن و ... از دو نوع بافت فشرده و اسفنجی تشکیل شده‌اند. میزان و محل آنها در هر استخوان‌های متفاوت است.

+ بافت استخوانی فشرده: تیغه‌های استخوانی به صورت هم‌مرکز یا سیستم هاورس قابل مشاهده است. بخش‌های غیر هم‌مرکز هم در این بافت وجود دارد!

x سیستم هاورس: هر سیستم هاورس دارای چند تیغه استخوانی به صورت استوانه‌های هم‌مرکز و یک مجرای مرکزی هاورس است.

- تیغه‌های استخوانی: در تیغه‌های استخوانی سیستم هاورس، سلول‌هایی با آرایش طوقی، ماده زمینه‌ای جامد و رشته‌های کلاژن وجود دارند.

✳ سلول‌ها: طبق شکل کتاب، همه سلول‌های تشکیل دهنده استخوان از یک نوع هستند!

✳ این سلول‌ها منشعب و از طریق رشته‌هایی به هم متصل بوده و در فترات اطراف آنها مایع بین سلولی اندکی وجود دارد.

✳ تبادلات کاری، مواد غذایی و مواد سمی در این فترات و توسط مایع بین سلولی انجام می‌شود.

✳ ماده زمینه‌ای: به صورت جامد از جنس مواد آلی مانند پروتئین و مواد معدنی مانند کربنات کلسیم و فسفات کلسیم است.

این مواد به وسیله سلول‌های استخوانی به فضای بین سلولی ترشح می‌شوند.

رشته‌های کلژن: این رشته‌های پروتئینی، در درون ماده زمینه‌ای و در جهات مختلف کشیده شده‌اند.

این رشته‌ها هم به وسیله سلول‌های استخوانی به فضای بین سلولی ترشح می‌شوند.

– مبرای مرکزی هاورس: در این مبر را اجزای زیر دیده می‌شوند.

اعصاب و رگ‌های درون مبرای مرکزی هاورس شامل سرخرگ، سیاهرگ و رگ لنفی به حالت طولی و در امتداد استخوان قرار گرفته‌اند.

اعصاب و رگ‌ها، ارتباط بافت زنده را با بیرون برقرار می‌کنند.

نکته پالشی: مراقب باشید مبرای مرکزی هاورس و مبرای مرکزی استخوان اشتباه گرفته نشود.

+ بافت استخوانی (سفنجی): تیغه‌های استخوانی به صورت از میله‌ها و صفات استخوانی تشکیل شده است که در بین آنها حفرات فراوانی وجود دارد.

x در ساختار میله‌ها و صفات استخوانی بافت (سفنجی)، آرایش سلولی نامنظم و بدون مبر دیده شود. برش میله‌ها و صفات به ترتیب گرد و پهن است.

x حفرات فراوان مابین میله‌ها و صفات استخوانی، توسط اعصاب، رگ‌ها و مغز استخوان پر شده است.

– مغز استخوان: نوعی اندام لنفی بوده که جزء استخوان محسوب می‌شود ولی از بافت‌های استخوانی به حساب نمی‌آید!

مغز استخوان در دو نوع زرد و قرمز یافت می‌شود.

مغز زرد استخوان: بیشتر از چربی تشکیل شده است و فقط مبرای مرکزی استخوان‌های دراز را پر می‌کند.

در کم‌فونی‌های شدید، مغز زرد می‌تواند به مغز قرمز تبدیل شود.

مغز قرمز استخوان: در لابه‌لای بافت (سفنجی) بسیاری! انواع استخوان دیده می‌شود.

مغز قرمز دارای سلول‌های بنیادی میلوئیدی و لنفوئیدی است که به طور دائم در حال تقسیم هستند.

♦ سلول‌های بنیادی با تقسیم سلولی و تمایز یا تنظیم بیان ژن‌های مختلف انواع سلول‌های خونی را به وجود می‌آورند.

نکات دیگری در مورد مغز قرمز استخوان به صورتی ترکیبی در زیر آمده است.

♦ تولید لنفوسیت‌های B و T همانند سایر سلول‌های خونی، در مغز قرمز استخوان انجام می‌شود.

♦ مراحل بلوغ لنفوسیت‌های نوع B بر خلاف نوع T در مغز قرمز استخوان کامل می‌شود.

♦ مغز قرمز استخوان اندام هدف هورمون اریتروپویتین است که از گروه ویتامینی از سلول‌های کلیه و کبد ترشح می‌شود.

♦ تولید سلول‌های خونی تحت تأثیر هورمون اریتروپویتین انجام می‌شود.

♦ هورمون اریتروپویتین به طور طبیعی به مقدار کم ترشح می‌شود تا کاهش معمولی تعداد گویچه‌های قرمز را جبران کند.

♦ هنگام کاهش مقدار اکسیژن خون، مقدار ترشح هورمون اریتروپویتین افزایش می‌یابد.

♦ افزایش ترشح اریتروپویتین در بیماری‌های تنفسی و قلبی، ورزش‌های طولانی یا سفر به ارتفاعات، می‌تواند رخ دهد.

♦ مغز قرمز استخوان برای تولید گلبول‌های قرمز به ویتامین B<sub>12</sub> و آهن هم نیاز دارد.

♦ ویتامین B<sub>12</sub> برای ورود به سلول‌های پوششی روده یا آندوسیتوز به فاکتور داخلی معده وابسته است.

♦ همان‌طور که می‌دانیم، فاکتور داخلی معده، از سلول‌های کناری غده معده ترشح می‌شود.

♦ مغز قرمز استخوان برای تقسیم سلولی و در نتیجه تولید همه سلول‌های خونی به فولیک اسید هم نیاز دارد.

♦ همان‌طور که می‌دانیم، در مغز قرمز استخوان، مویرگ‌های ناپیوسته وجود دارند.

♦ سلول‌های خونی تولیدی و پلاکت‌های حاصل از مگاکاریوسیت‌ها می‌توانند از طریق مویرگ‌های ناپیوسته وارد خون شوند.

♦ برای درمان سرطان و بعد از شیمی‌درمانی و پرتودرمانی ممکن است مغز قرمز استخوان آسیب ببیند.

♦ در صورت آسیب دیدگی مغز قرمز استخوان، ممکن است شش بیمار نیاز به پیوند مغز قرمز استخوان پیدا کند.

♦ در مهندسی بافت، سلول‌های بنیادی مغز قرمز برای تولید سلول‌های عصبی، ماهیچه‌ای، خونی و استخوانی به کار می‌روند.

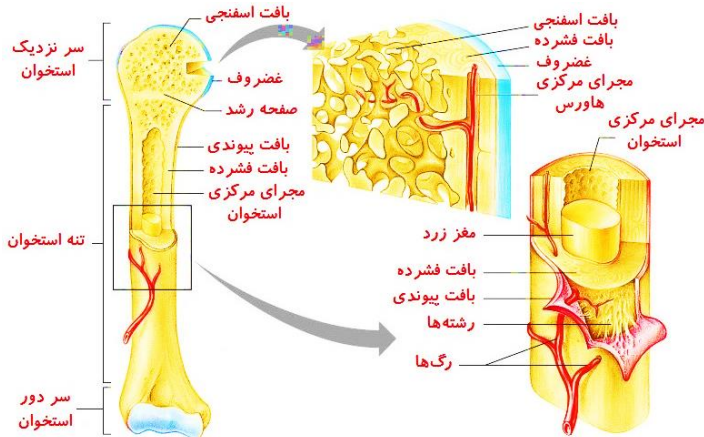
♦ برای درمان برخی از بیماری‌های ژنتیکی در روشن ژن‌درمانی نیز از سلول‌های مغز قرمز استخوان استفاده می‌کنند.

نکاتی در مورد استخوان ران

+ استخوان ران به عنوان یک اندام! دارای یک تنه در میانه خود و دو سر است که یکی از آنها به نیم‌لگن و دیگری با درشت‌نی مفصل می‌سازد.

x تنه استخوان ران: این بخش عمدتاً از بافت استخوانی فشرده و مبرای مرکزی استخوان تشکیل شده است.

- سطح **خارجی** این استخوان، توسط **دو** لایه از جنس بافت **پیوندی** رشته‌ای احاطه شده است که لایه درونی دارای سلول‌های **پهن** بدون فاصله است.
- در **زیر** دو لایه بافت پیوندی، بافت استخوانی واقع شده که رگ‌ها و اعصاب از راه **مجاری شعاعی** یا **عرضی** از این دو لایه به بیرون ارتباط دارند.
- سطح **بیرونی** تنه استخوان ران دارای بافت استخوانی **متراکم** از تیغه‌های **هم‌مرکز** موجود در سامانه **هاورس** و تیغه‌های **غیر هم‌مرکز** دیگر است.
- سطح **درونی** تنه استخوان ران نیز دارای بافت استخوانی **اسفنجی** حاوی مغز **قرمز** دارد. مغز **زرد** هم فقط در مجرای داخلی استخوان ران وجود دارد.



x دو سر استخوان ران: این سرها عمدتاً از بافت استخوانی **اسفنجی** و

**مغز قرمز** استخوان تشکیل شده‌اند.

- در **بیرون** از سرهای استخوان ران، غضروف‌های مفصلی مشاهده می‌شوند که جزء این استخوان محسوب نمی‌شوند.
- در **زیر** این غضروف‌ها لایه **نازکی** از بافت استخوانی **فشرده** و در زیر آن به طور **کامل** با بافت استخوانی **اسفنجی** پر شده است.
- در **لایه‌لای** میله‌ها و صفحات بافت اسفنجی استخوان ران نیز مغز **قرمز** استخوان یافت می‌شود.

## تشکیل و تخریب استخوان

در دوران **جنینی**، استخوان‌ها از بافت‌های **نرمی** تشکیل و به تدریج با **افزوده شدن** نمک‌های **کلسیم** سخت می‌شوند. یاخته‌های استخوانی تا **اواخر سن رشد**، علاوه بر تقسیم سلولی، ماده زمینه‌ای **آلی** و معدنی، **ترشح** می‌کنند و بنابراین، **توده** استخوانی و **تراکم** آن افزایش پیدا می‌کند.

**نکته پالشی:** مقایسه بین **توده** استخوان و **تراکم** استخوان

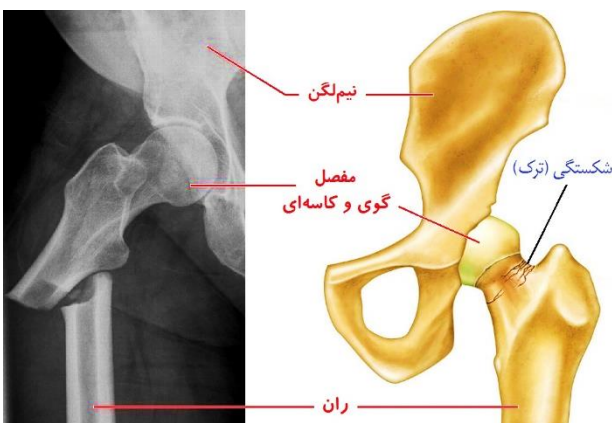
- + **توده** استخوانی: همان **جرم** کل بافت استخوان شامل سلول‌ها، ماده زمینه‌ای و رشته‌ها بوده و واحد آن همان **واحد جرم** است. مثلاً **کرم**
- + **تراکم** استخوان: همان **پگالی** بافت استخوان شامل فقط ماده معدنی بوده و واحد آن همان **واحد پگالی** است. مثلاً **کرم** بر سانتی‌متر مکعب
- (۱) **تغییرات استخوانی:** عوامل مختلفی می‌توانند باعث **کاهش** یا **افزایش** توده استخوان شوند. در همه این مراحل، **تغییرات استخوانی** در حال انجام است.
- + **کاهش** توده استخوان: بعد از بلوغ، با **افزایش سن**، یاخته‌های استخوانی **کم‌کار** می‌شوند و توده استخوانی به تدریج **کاهش** پیدا می‌کند.
- + **افزایش** توده استخوان: هرچه از استخوان‌ها بیشتر استفاده شود ضماحت، تراکم و استحکام استخوان‌ها **افزایش** می‌یابد.
- x به عنوان مثال استخوان‌ها در اثر **فعالیت بدنی** مانند **ورزش**، یا با **افزایش وزن** یعنی **رشد و پاقی**، **ضخیم**، **متراکم‌تر** و **محکم‌تر** می‌شوند.
- x استخوان‌هایی که **کمتر** مورد استفاده قرار می‌گیرند، **ظریف‌تر** می‌شوند.
- مشابه این حالت، در **فضانوردان** دیده می‌شود که در محیط **بی‌وزنی** تراکم استخوانشان **کاهش** می‌یابد.

(۲) **شکستگی‌های استخوان:** دو نوع هستند، **میکروسکوپی** و **ماکروسکوپی**

- + **شکستگی‌های میکروسکوپی:** استخوان‌های بدن به **طور پیوسته** دچار شکستگی‌های **میکروسکوپی** می‌شوند که نتیجه **حرکات معمول** بدن‌اند و خود به خود ترمیم می‌شوند. بنابراین مشکلی به وجود نمی‌آورند!
- + **شکستگی‌های ماکروسکوپی:** شکستگی‌های **دیگر** یا شکستگی‌های **ماکروسکوپی** می‌توانند ناشی از **ضربه** یا **برخورد** باشند (شکل ۴). در این حالت، فقط یاخته‌های استخوانی **نزدیک** به محل شکستگی، با تقسیم **میتوز**، یاخته‌های جدید استخوانی می‌سازند و پس از **چند هفته** آسیب بهبود پیدا می‌کنند.

شکل ۴- الف) سمت راست: شکستگی یا ترک ناشی از صدمه در سر استخوان ران

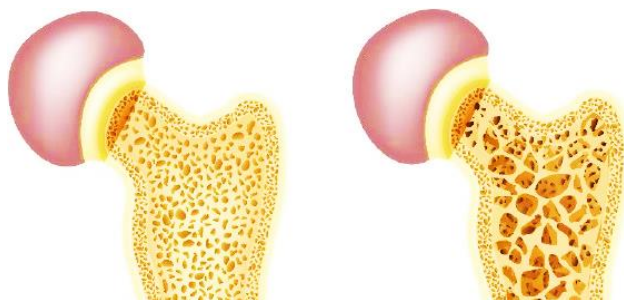
ب) سمت چپ: تصویر رادیوگرافی از استخوان شکسته ران



(۳) **پوکی استخوان:** **تراکم توده 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).

- + نکته بسیار مهم: بر اساس کتاب، در پوکی استخوان مواد معدنی موجود در استخوان کاهش یافته بنابراین هم **تراکم** و هم **توده** استخوانی **کاهش** می‌یابند!
- x پوکی استخوان هم باعث کاهش **توده** یا **جرم** استخوان و هم باعث کاهش **تراکم** یا **پگالی** استخوان می‌شود. اما ممکن است بر **بتم** استخوان تأثیر نگذارد.
- + انواع پوکی استخوان: پوکی استخوان به **دو** حالت انجام می‌شود:

- x حالت اول - جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان: کمبود ویتامین D و کمبود کلسیم غذا، مصرف نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات و نیز کاهش هورمون‌های رشد و تستوسترون با جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان‌ها، باعث بروز پوکی استخوان در مردان و زنان می‌شوند.
- x حالت دوم - کاهش مواد معدنی یا کاهش تراکم استخوان: اختلال در ترشح بعضی هورمون‌ها مانند کاهش ترشح کلسی‌تونین، کاهش هورمون‌های استروژن و پروژسترون و افزایش ترشح هورمون پاراتیروئیدی و مصرف نوشابه‌های گازدار نیز در کاهش تراکم استخوان نقش دارند.



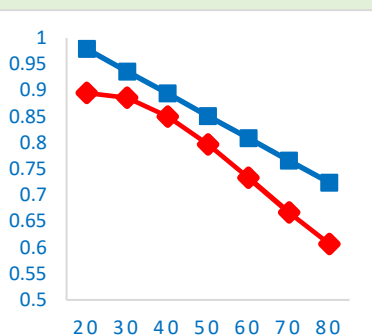
شکل ۵ - مقایسه استخوان طبیعی (سمت چپ) با استخوان دچار پوکی (سمت راست)

- (۱) در این شکل بهم استخوان ثابت است ولی تراکم استخوان کاهش یافته است.
- (۲) پوکی استخوان در واقع همان کاهش تراکم استخوان یا کاهش مواد معدنی استخوان است.
- (۳) بر اساس شکل کتاب، در پوکی استخوان سرنوشت بافت اسفنجی و متراکم متفاوت است.
- + فضای بین میله‌ها و صفحات استخوان اسفنجی، افزایش یافته است.
- + تغییر محسوسی در بقیه قسمت‌ها از جمله در بافت استخوانی فشرده مشاهده نمی‌شود!

## فعالیت ۲

به طور کلی تراکم توده استخوانی در زنان و مردان با هم تفاوت دارد. جدول زیر تراکم استخوانی زنان و مردان را در سنین مختلف نشان می‌دهد. در این فعالیت سن رشد، ۵۰ سالگی در نظر گرفته شده است. با افزایش سن در هر دو جنس تراکم توده استخوانی کاهش می‌یابد. به طور کلی تراکم توده استخوان در مردان نسبت به زنان بیشتر است. اما در بین سنین ۵۰ تا ۵۵ سالگی کاهش تراکم توده استخوان یا پوکی استخوان در زنان کمتر از مردان صورت می‌گیرد!

| 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 |



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

۲- در کدام جنس تراکم استخوان بالاتر است؟ در مردان

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

## نکاتی در مورد تشکیل و تخریب استخوان

- (۱) در دوران جنینی: ابتدا استخوان‌ها از بافت‌های نرم تشکیل شده‌اند. به عبارت دیگر در بین سلول‌های استخوانی ماده زمینه‌ای وجود ندارد.
- + به تدریج با افزوده شدن نمک‌های معدنی مانند کربنات کلسیم و فسفات کلسیم سفت می‌شوند.
- (۲) تا اواخر سن رشد: سلول‌های استخوانی، ماده زمینه‌ای یعنی مواد آلی یا پروتئین و مواد معدنی یا کربنات کلسیم و فسفات کلسیم، ترشح می‌کنند.
- + بنابراین، تا اواخر سن رشد توده استخوانی و تراکم آن افزایش پیدا می‌کند.
- (۳) بعد از سن رشد: سلول‌های استخوانی کم‌کار شده و توده و تراکم استخوانی به تدریج کاهش پیدا می‌کند. در این مرحله، پوکی استخوان در حال انجام است.
- + پوکی استخوان: کاهش تراکم توده استخوانی باعث پوکی استخوان می‌شود. در این صورت استخوان‌ها شکننده شده و استحکام ندارند.
- x چگونگی بروز: در پوکی استخوان مواد معدنی موجود در استخوان کاهش یافته بنابراین هم تراکم و هم توده استخوانی کاهش می‌یابند!
- x حالت یا حالت‌ها: می‌توان گفت، دو حالت برای پوکی استخوان وجود دارد: کاهش رسوب مواد معدنی یا برداشته شدن این مواد در استخوان

- حالت اول: عدم رسوب مواد معدنی در استخوان

• کمبود ویتامین D

• کمبود یون کلسیم

• نوشیدن الکل

• استعمال دخانیات

• کاهش ترشح هورمون رشد و هورمون تستوسترون

• کاهش هورمون رشد: این هورمون از بخش پیشین غده هیپوفیز ترشح شده و باعث تکثیر سلول‌های استخوانی در محل صفت رشد در

استخوان‌های دراز مانند ران می‌شود. کاهش آن سبب کاهش تراکم سلول‌ها و عدم رسوب مواد معدنی در استخوان می‌شود.

❖ کاهش هورمون تستوسترون: این هورمون از سلول‌های بینابینی واقع در بیضه‌ها ترشح شده و سبب رشد استخوان‌ها و افزایش تراکم

آنها می‌شود. کاهش آن سبب کاهش تراکم سلول‌ها و عدم رسوب مواد معدنی در استخوان می‌شود.

– حالت دوم: برداشت مواد معدنی از استخوان

❖ مصرف نوشابه‌های گازدار

❖ کاهش ترشح هورمون کلسی‌تونین

❖ کاهش ترشح هورمون‌های استروژن و پروژسترون

❖ افزایش ترشح هورمون پاراتیروئیدی

❖ کاهش هورمون کلسی‌تونین: این هورمون از غده تیروئید ترشح شده و مانع از برداشت کلسیم از استخوان می‌شود. کاهش آن

باعث برداشت کلسیم و از دست رفتن مواد معدنی از استخوان شده و در نهایت سبب پوکی استخوان می‌شود.

❖ کاهش هورمون‌های استروژن و پروژسترون: این هورمون‌ها از تخمدان‌ها ترشح شده و مانع از کاهش توده استخوانی یا پوکی استخوان

در زنان می‌شوند. بنابراین کاهش آنها در دوران یائسگی با برداشت کلسیم سبب پوکی استخوان می‌شود.

❖ افزایش هورمون پاراتیروئیدی: از غده‌های پاراتیروئید و در پاسخ به کاهش میزان کلسیم پلاسمای خون، ترشح شده و به سه روش

باعث افزایش میزان کلسیم پلاسمای خون می‌شود.

❖ افزایش بازجذب کلسیم از کلیه

❖ تأثیر بر روی ویتامین D و فعال نمودن آن برای افزایش جذب کلسیم از روده

❖ جدا نمودن و برداشت کلسیم از ماده زمینه‌ای استخوان، که در این صورت باعث پوکی استخوان می‌شود.

## مفصل

+ تعریف مفصل: مفصل محل اتصال استخوان‌ها با هم است.

+ انواع مفصل: مفاصل به طور کلی دو نوع هستند: مفاصل ثابت و مفاصل متحرک

x مفاصل‌های ثابت: 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 دنداندار آنها در هم

فرو رفته و محکم شده‌اند (شکل ۶).

یادآوری مهم: مفصل بین فک پایین و دیگر استخوان‌های جمجمه یعنی استخوان

کیبگاهی و استخوان گونه از نوع متحرک است!

نکته: غضروف، کیسول، مایع مفصلی، رباط و زردپی در مفصل ثابت وجود ندارد!

شکل ۶ - مفصل ثابت در استخوان‌های جمجمه

x مفاصل‌های متحرک: در بیشتر مفصل‌ها، استخوان‌ها قابلیت حرکت دارند. نمونه آن مفصل‌های زانو، انگشتان و لگن است.

– ساختارهای کمکی در مفاصل متحرک: در محل مفاصل متحرک، چهار نوع ساختار پیوندی وجود دارد که به مفصل در انجام وظیفه خود کمک می‌کنند.

۱) غضروف: سر استخوان‌ها در محل این مفصل‌ها توسط بافت غضروفی

پوشیده شده است.

۲) کیسول مفصلی: استخوان‌ها در محل این نمونه از مفصل‌ها توسط یک

کیسول از جنس بافت پیوندی رشته‌ای احاطه شده‌اند که پر از مایع مفصلی

لغزنده است.

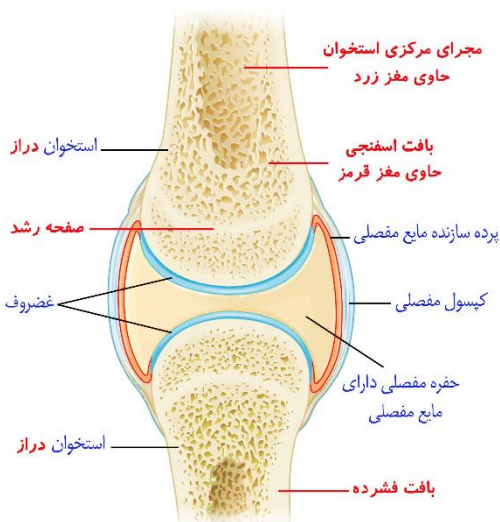
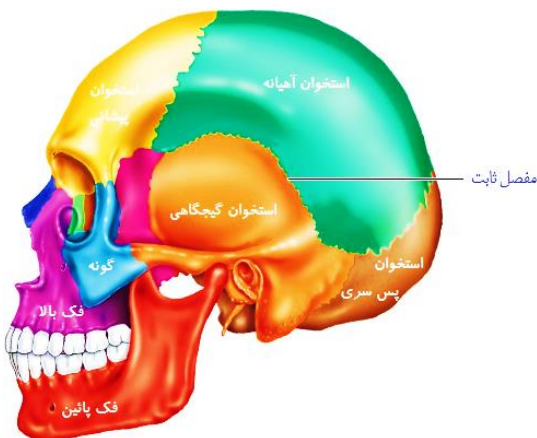
+ این مایع توسط مویرگ‌های موجود در پرده‌ای از جنس بافت پیوندی به

نام پرده سینوویال ترشح می‌شود. 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 ۷ - بخش‌های تشکیل دهنده مفصل متحرک



رابطا و زردپی‌ها: علاوه بر کپسول مفصلی، **رابطاها و زردپی‌ها** هم به کنار یکدیگر ماندن استخوان‌ها کمک می‌کنند.  
 (۱۱) **رابطا**، بافت پیوندی رشته‌ای محکمی است که در محل مفاصل متحرک استخوان‌ها را به هم متصل می‌کند.  
 (۱۲) زردپی نیز نوعی بافت پیوندی رشته‌ای محکم می‌باشد که در **انتهای** ماهیچه‌های اسکلتی متصل به استخوان‌ها وجود دارد.  
 - **انواع مفصل‌های متحرک**: مفصل‌های متحرک **متنوع** هستند. نمونه‌هایی از آنها را در شکل ۸ مشاهده می‌کنید.

- ✱ مفصل گوی - کاسه‌ای: در دو محل از بدن وجود دارد.
- ✱ بین استخوان دراز ران و استخوان پهن نیم‌لگن
- ✱ بین استخوان دراز بازو و استخوان پهن کتف
- ✱ مفصل لولایی: در باهای **مختلفی** از بدن وجود دارد.
- ✱ بین استخوان‌های دراز بازو و **زند زیرین** در محل آرنج
- ✱ بین استخوان‌های دراز ران و **درشت‌نی** در محل زانو
- ✱ نکته **پالشی**: بین استخوان دراز نازک‌نی و ران مفصل وجود ندارد!
- ✱ بین استخوان‌های دراز انگشتان دست و پا
- ✱ مفصل لغزنده: در باهای **مختلفی** از بدن وجود دارد.
- ✱ بین زواید استخوان‌های نامنظم **مهره‌ها**
- ✱ بین استخوان‌های نامنظم **گوش میانی**

- **نوع حرکت مفاصل متحرک**: با توجه به شکل نحوه حرکت هر نوع مفصل متحرک را **مقایسه** کنید.

- ✱ مفصل گوی - کاسه‌ای: در **همه جهات** حرکت می‌کند.
- ✱ مفصل لولایی: در **دو جهت** عقب و جلو حرکت می‌کند.
- ✱ مفصل لغزنده: در **چهار جهت** به صورت محدود حرکت می‌کند.

- **سافتارهای دیگر مفاصل متحرک**: همانند ماهیچه‌ها، هم در کپسول مفصلی و هم در زردپی‌ها، گیرنده‌های مکانیکی **حس وضعیت** وجود دارند.

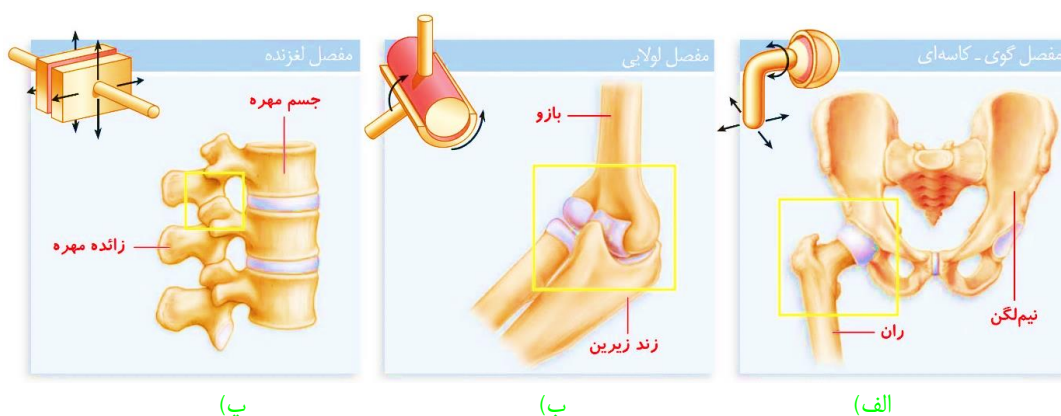
✱ این گیرنده‌ها سبب می‌شوند که **منته** از **چگونگی** قرارگیری قسمت‌های مختلف بدن نسبت به هم، هنگام سکون و حرکت اطلاع یابد.

- **بیماری‌های مفاصل متحرک**: 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 مانند **روماتیسم مفصلی** و **نقرس** شود.

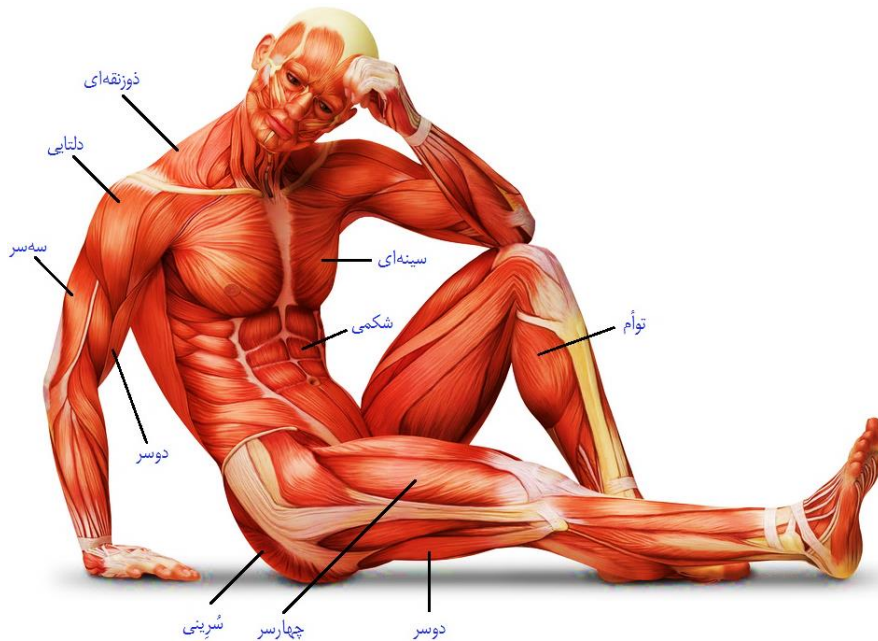
✱ **بیماری روماتیسم**: معمولاً غضروف‌های مفصلی **آسیب** می‌بینند.

✱ **بیماری نقرس**: **اوریک اسید** در محل مفاصل به صورت **بلور** درآمده و با **دردناک** شدن و **التهاب** مفاصل همراه است.

✱ بنابراین می‌توان گفت همه موارد التهاب، منشأ **بیرونی** ندارند!



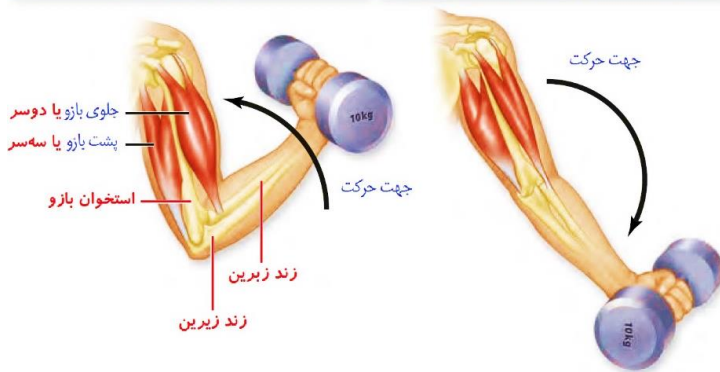
شکل ۸ - انواعی از مفصل‌های متحرک. (الف) گوی - کاسه‌ای بین نیم‌لگن و ران (ب) لولایی بین بازو و زند زیرین (پ) لغزنده بین زواید مهره‌ها.



بدن انسان بیش از ۶۰۰ ماهیچه اسکلتی (عدد) 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 ۹- برخی از ماهیچه‌های اسکلتی بدن انسان

بسیاری از ماهیچه‌ها به صورت جفت باعث حرکات اندام‌ها می‌شوند؛ زیرا ماهیچه‌ها فقط قابلیت انقباض دارند ولی قابلیت هل دادن ندارند. 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 روی بازو یا ماهیچه دو سر بازو فقط می‌تواند زند زیرین و در نهایت مساعد را به سمت جلو یا بالا بیاورد، ولی نمی‌تواند آن را به حالت قبل برگرداند و این حرکت توسط ماهیچه پشت بازو یا ماهیچه سه سر بازو انجام می‌شود که به استخوان زند زیرین متصل است. بنابراین، هیچ‌گاه دو ماهیچه متقابل با هم منقبض نمی‌شوند. به عبارت دیگر هنگامی که یکی از جفت ماهیچه‌های متقابل بازو در حالت انقباض است، ماهیچه دیگر در حال استراحت است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- عملکرد ماهیچه‌های متقابل

همه ماهیچه‌های اسکلتی باعث حرکت استخوان نمی‌شوند. شما چه ماهیچه‌های اسکلتی را می‌شناسید که به استخوان متصل نیستند؟ ماهیچه دیافراگم، ماهیچه‌های واقع در سینه دهان و تعلق، اسفنکتر فارژی مخرج و اسفنکتر فارژی میزراه، ماهیچه دور لب‌ها، ماهیچه دور حلق، ماهیچه دور پلک‌ها و ماهیچه زبان. 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 مانند انعکاس عقب کشیدن دست. ماهیچه‌ها همچنین با انقباض خود علاوه بر حرکات بنفشه‌ای متلف بدن در حفظ شکل و حالت بدن و ایجاد حرارت مؤثرند (جدول ۲).

جدول ۲- اعمال ماهیچه‌های اسکلتی

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

(۱) بافت ماهیچه‌ای صاف: دارای سلول‌های دوکی شکل، تک‌هسته‌ای با قابلیت تقسیم سلولی، هسته در میانه سلول، رشته‌های اکتین و میوزین با آرایش نامنظم، فاقد نورهای تیره و روشن، فاقد سارکومر، غیر ارادی، تحریک به وسیله اعصاب خودمختار، دارای حرکت کند، شرکت در سافتار لوله گوارش، مجاری تنفسی، رگ‌ها، رعم، مثانه، میزنای و ...

(۲) بافت ماهیچه‌ای قلبی: دارای سلول‌های ۷ شکل یا منشعب، تک‌هسته‌ای یا دو هسته‌ای بدون قابلیت تقسیم سلولی، هسته یا هسته‌ها در میانه سلول، رشته‌های اکتین و میوزین با آرایش منظم، دارای نورهای تیره و روشن، دارای سارکومر، غیر ارادی، تحریک به وسیله اعصاب خودمختار، دارای حرکت سریع، شرکت در سافتار فقط لایه ماهیچه‌ای قلب

(۳) بافت ماهیچه‌ای اسکلتی: دارای سلول‌های استوانه‌ای شکل، چند هسته‌ای، بدون قابلیت تقسیم سلولی، هسته‌ها در کناره سلول، رشته‌های اکتین و میوزین با آرایش منظم، دارای نورهای تیره و روشن، دارای سارکومر، معمولاً ارادی یا گاهی غیر ارادی، تحریک به وسیله اعصاب پیکری، دارای حرکت تند، شرکت در سافتار ماهیچه‌های حرکت دهنده (اسکلت، ماهیچه‌های حرکت دهنده کره چشم، ماهیچه‌های زبان، حلق، اسفنکتر ابتدای مری، اسفنکتر خارجی مخرج و ...

### نکاتی در مورد ماهیچه‌های اسکلتی

(۱) حرکات بدن: ماهیچه‌های اسکلتی با انقباض خود بسیاری از حرکات بدن را ایجاد می‌کنند نه همه حرکات آن را!  
+ به عنوان مثال (استثنائات) زیر را داریم.

x حرکات زیر تنبیه انقباض ماهیچه‌های اسکلتی نبوده، بلکه تنبیه انقباض ماهیچه‌های قلبی و صاف هستند.

- حرکات قلب، حرکات کرمی و قطعه قطعه کننده لوله گوارش

- تنگ و گشاد شدن رگ‌ها و نایزک‌ها

x حرکت زیر تنبیه (استراحت) ماهیچه‌های اسکلتی هستند نه انقباض آنها!

- بازدم معمولی نه تنها تنبیه انقباض ماهیچه‌ها نیست، بلکه به خاطر استراحت ماهیچه‌های دیافراگم و بین‌دنده‌ای خارجی رخ می‌دهد.

(۲) حرکات اندام‌ها: بسیاری از ماهیچه‌ها به صورت جفت باعث حرکات اندام‌های حرکتی یعنی دست و پا می‌شوند.

+ علت: ماهیچه‌ها فقط قابلیت انقباض و کشیدن بخش‌های متلف بدن به سمت هم‌دیگر را دارند و قابلیت هل دادن و دور کردن آنها را ندارند!

+ عمل متقابل: انقباض هر ماهیچه فقط می‌تواند استخوانی را در جهتی خاص بکشد، برگرداندن ماهیچه به جای اول بر عهده ماهیچه متقابل آن است.

x هیچ‌گاه دو ماهیچه متقابل با هم منقبض نمی‌شوند، هنگامی که یکی از ماهیچه‌ها در حالت انقباض است، ماهیچه دیگر در حال استراحت است.

- مثال: حرکت جلو و عقب ساعد دست

• ماهیچه روی بازو یا ماهیچه دو سر فقط می‌تواند زند زیرین و در تنبیه ساعد را به سمت جلو یا بالا بیاورد.

• ماهیچه پشت بازو یا ماهیچه سه سر که به استخوان زند زیرین متصل است می‌تواند آن را به حالت قبل برگرداند.

(۳) حرکات اعضای دیگر: همه ماهیچه‌های اسکلتی باعث حرکت بخش‌های مختلف اسکلت و اندام‌های حرکتی نمی‌شوند.

+ مثال: ماهیچه دیافراگم، ماهیچه‌های واقع در ضره دهان و حلق، اسفنکتر خارجی مخرج و اسفنکتر خارجی میزراه، ماهیچه دور لب‌ها، حلق، پلک‌ها و زبان

x ماهیچه‌های حلق و اسفنکتر ابتدای مری با این‌که اسکلتی و منظم هستند ولی به صورت غیر ارادی عمل می‌کنند.

(۴) ماهیچه‌های اسکلتی غیر ارادی: همه ماهیچه‌های اسکلتی، همواره ارادی نیستند.

+ مثال‌ها: برخی از آنها هم ارادی و هم غیر ارادی کار می‌کنند.

x ماهیچه دیافراگم که منظم است و اغلب به صورت غیر ارادی کار می‌کند، می‌تواند به هنگام دم عمیق تا حدودی به صورت ارادی هم به انقباض درآید.

x ماهیچه‌های اسکلتی و ارادی در انعکاس‌ها، به صورت غیر ارادی هم عمل می‌کنند!

- تعریف انعکاس: انعکاس پاسخ سریع و غیر ارادی ماهیچه‌های اسکلتی در پاسخ به محرک‌های درونی و بیرونی است.

• در انعکاس، تحریک گیرنده‌های خاص باعث ارسال پیام‌های حسی به سمت مغز یا نفع می‌شود.

• این مراکز با ارسال پیام‌های حرکتی به ماهیچه‌ها باعث انقباض سریع آنها می‌شوند تا پاسخ مناسب به محرک داده شود.

- انواع انعکاس: انعکاس‌ها دو نوع هستند.

• انعکاس‌های نفعی مانند انعکاس عقب کشیدن دست

• انعکاس‌های مغزی مانند انعکاس عطسه، سرفه و بلع که مرکز آنها در بصل النفع قرار دارد.

- تصحیح یک اشتباه قدیمی: در کتب درسی قدیمی سازوکارهایی مانند دفع ادرار و دفع مدفوع و ... هم انعکاس محسوب می‌شدند.

• در کتاب‌های جدیدتر این فرایندها «سازوکار» نامیده می‌شوند.

• این سازوکارها در واقع، پاسخ ماهیچه‌های صاف به محرک‌های درونی هستند.

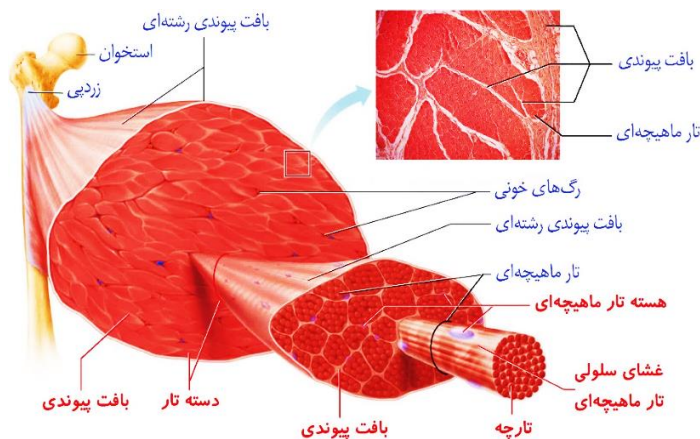
## ساختار ماهیچه اسکلتی

یک ماهیچه 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 غیر هم قطر و غیر هم طول تشکیل شده است.

این دسته تارها با غلافی از بافت پیوندی رشته‌ای محکم احاطه شده‌اند. این غلاف‌های پیوندی در انتهای ماهیچه به صورت طناب یا نواری محکم به نام زردپی در می‌آیند (شکل ۱۱).

شکل ۱۱- ساختار ماهیچه اسکلتی



زردپی‌های دو انتهای ماهیچه، به استخوان‌های مختلف متصل می‌شوند. اگر ماهیچه فقط یا اسکلتی به استخوان اتصال نداشته باشد پس زردپی هم ندارد! 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 سانتی‌متر ماهیچه جلوی بازو، ساعد دست به اندازه زیادی حرکت می‌کند.

استخوان‌های بازو و ساعد به گونه‌ای با هم مفصل تشکیل داده‌اند که پس از اتصال ماهیچه بازو به استخوان زند زیرین یک اهرم نوع سوم تشکیل می‌شود. در این اهرم‌ها پایه بایستی نیروی محرک کم و پایه بایستی نیروی مقاوم بسیار زیاد است، هر چند نیروی محرک بسیار زیادی برای این کار لازم است.

یاخته (تار) ماهیچه اسکلتی: در شکل ۱۲، یاخته‌های ماهیچه‌ای مانند استوانه‌ای با چندین هسته دیده می‌شوند.

در واقع هر یاخته از به هم پیوستن چند یاخته در دوره جنینی ایجاد می‌شود و به همین علت چند هسته دارد.

درون سیتوپلاسم هر یاخته تعداد زیادی رشته غیر هم قطر ولی هم طول! به نام تارچه ماهیچه‌ای وجود دارد که به صورت موازی هم در طول یاخته قرار گرفته‌اند (شکل ۱۲).

تارچه‌ها از واحدهای تکراری به نام سارکومر تشکیل شده‌اند که به تار ماهیچه‌ای ظاهر مخطط (خط‌خط) می‌دهند.

در هر دو انتهای هر سارکومر خطی به نام خط Z دیده می‌شود. به عبارت دیگر مابین هر دو خط Z یک سارکومر واقع شده است!

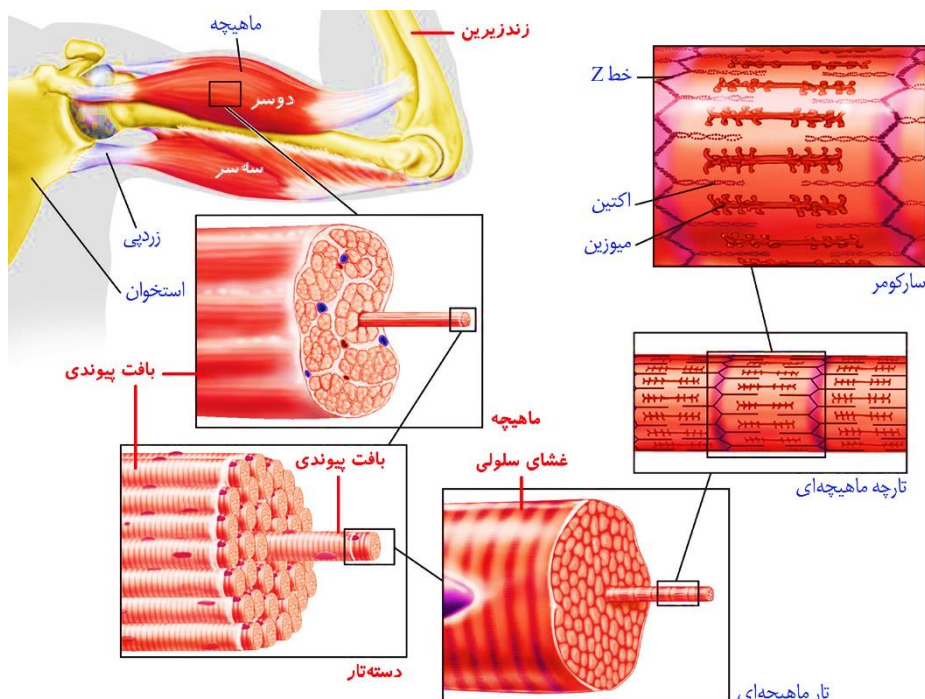
آیا با توجه به شکل ۱۲ می‌توانید علت این نام‌گذاری را حدس بنزید؟ بله، چون زیگزاگ مانند است!

ظاهر مخطط این یاخته‌ها به دلیل وجود دو نوع رشته پروتئینی اکتین و میوزین است که با آرایش منظم و خاصی در کنار هم قرار گرفته‌اند.

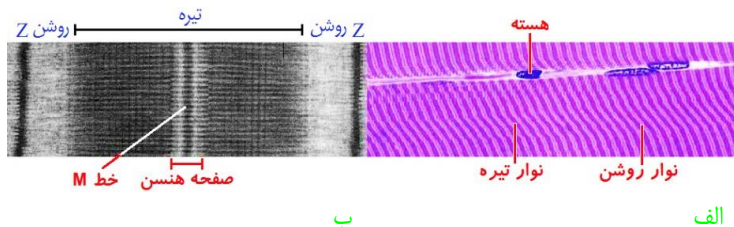
رشته‌های اکتین، نازک و از یک طرف به خط Z متصل‌اند. این رشته‌ها به درون سارکومر کشیده شده‌اند.

رشته‌های میوزین، ضخیم و بین رشته‌های اکتین و به موازات آنها جای گرفته‌اند. این رشته‌ها سرهایی برای اتصال به اکتین دارند.

آیا می‌توانید با توجه به شکل ۱۳ و نحوه قرارگیری رشته‌های اکتین و میوزین در شکل ۱۲، علت تیره و روشن دیده شدن این تارهای ماهیچه‌ای را بیان کنید؟ در بخش‌های روشن، فقط رشته‌های نازک اکتین و در بخش‌های تیره هر دو رشته اکتین و میوزین وجود دارند.



شکل ۱۲- اجزای یک تار و تارچه ماهیچه‌ای

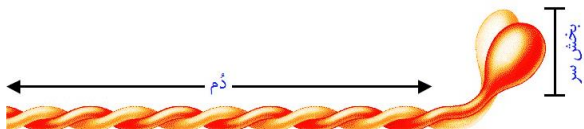


شکل ۱۳- تصویر میکروسکوپی

(الف) ساختار ماهیچه مخطط (میکروسکوپ نوری)

(ب) سارکومر (میکروسکوپ الکترونی)

شکل ۱۴- بخش‌های مختلف یک مولکول میوزین



(۱) بر اساس شکل کتاب، هر مولکول میوزین دارای یک ذم و یک بخش سر مانند است که با هم

زاویه داشته و دو قسمت به هم بافته شده می‌سازند!

(۲) از لحاظ علمی هر مولکول میوزین از شش پلی‌پپتید از چهار نوع مختلف تشکیل شده است!

### نکاتی در مورد ساختار ماهیچه اسکلتی

(۱) ماهیچه اسکلتی: یک ماهیچه اسکلتی، از چندین سلول یا دسته تار ماهیچه‌ای تشکیل شده که با یک غلاف از بافت پیوندی رشته‌ای محکم انبساط شده است.

+ دسته تار: هر دسته تار ماهیچه‌ای از تعدادی تار ماهیچه‌ای غیر هم قطر و هم طول تشکیل شده که با غلاف از بافت پیوندی رشته‌ای محکم انبساط شده‌اند.

+ تار ماهیچه‌ای: همان سلول ماهیچه‌ای اسکلتی است که دارای غشای سلولی، هسته و اندامک‌ها است و در اطراف تارها هم بافت پیوندی وجود دارد!

+ تثبیت‌گیری: در هر ماهیچه اسکلتی، در سه سطح، بافت پیوندی وجود دارد که در انتهای ماهیچه به صورت طناب یا نواری محکم به نام زردپی در می‌آیند.

x سطح اول: در اطراف هر کدام از تارها یا سلول‌های ماهیچه اسکلتی یا به عبارت دیگر در لایه‌ای تارهای ماهیچه‌ای بافت پیوندی وجود دارد.

- در این بافت پیوندی علاوه بر سلول‌ها یا تارهای ماهیچه‌ای، رشته‌های عصبی حسی و حرکتی و مویرگ‌های خونی وجود دارند.

- بدیهی است برخی از تارهای ماهیچه‌ای با بافت پیوندی اطراف دسته تار هم در تماس هستند!

x سطح دوم: در اطراف دسته تارهای ماهیچه اسکلتی، بافت پیوندی رشته‌ای وجود دارد.

- در بافت پیوندی اطراف دسته تارها علاوه بر رشته‌های عصبی و مویرگ‌ها، اعصاب حسی، حرکتی،

مقنط، سرخ‌رگ‌ها و سیاهرگ‌ها نیز وجود دارند.

x سطح سوم: در اطراف کل ماهیچه اسکلتی نیز بافت پیوندی رشته‌ای مشاهده می‌شود.

- در بافت پیوندی اطراف ماهیچه اسکلتی علاوه بر رشته‌های عصبی و مویرگ‌ها، اعصاب حسی،

حرکتی، مقنط، سرخ‌رگ‌ها و سیاهرگ‌ها وجود دارند.

+ زردپی: زردپی‌های دو انتهای ماهیچه، ماهیچه را به استخوان‌های مقنط متصل می‌کنند.

x اگر ماهیچه منقط یا اسکلتی به استخوان اتصال نداشته باشد (مانند اسفنکترها) زردپی هم وجود ندارد!

(۲) انقباض ماهیچه اسکلتی: انقباض ماهیچه‌های اسکلتی اغلب سبب حرکت استخوان‌ها می‌شود.

+ با انقباض ماهیچه، دو استخوان به طرف هم کشیده می‌شوند، یعنی به هم نزدیک می‌شوند.

+ نحوه اتصال ماهیچه و استخوان به گونه‌ای است که با تغییر کمی در طول ماهیچه، استخوان به اندازه زیادی جابه‌جا می‌شود.

x مثال: با کوتاه شدن حدود یک سانتی‌متر ماهیچه جلوی بازو و حرکت زردپی ساعد دست به اندازه چندین سانتی‌متر حرکت می‌کند.

- بازو و ساعد به گونه‌ای با هم مفصل تشکیل داده‌اند که پس از اتصال ماهیچه بازو به استخوان زردپی یک لهرم نوع سوم تشکیل می‌شود.

\* در این نوع لهرم جابه‌جایی نیروی محرک کم و جابه‌جایی نیروی مقاوم زیاد است، هر چند نیروی محرک بسیار زیادی برای این کار لازم است.

(۳) سلول یا تار ماهیچه اسکلتی: به خاطر طول بودن سلول‌های ماهیچه اسکلتی، آنها را تار ماهیچه‌ای هم می‌نامند.

+ شکل سلول: سلول‌های ماهیچه‌ای مانند استوانه‌هایی با چند هسته دیده می‌شوند. هسته‌ها بر

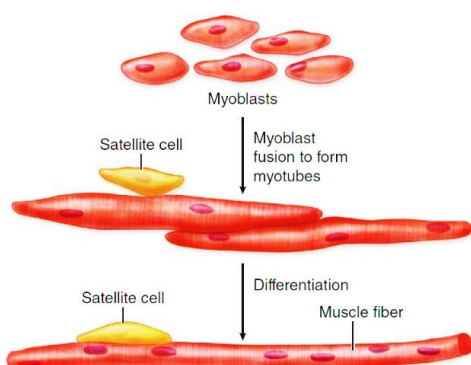
غلاف سلول‌های قلبی و صاف به تاشیه رانده شده‌اند.

+ چگونگی تشکیل: در واقع هر سلول یا تار ماهیچه اسکلتی از به هم پیوستن چند سلول در دوره

جنینی ایجاد می‌شود و به همین علت چند هسته دارد.

x یادآوری: چند هسته‌ای شدن در سلول‌های دیگر بدن ممکن است به دلیل وقوع میتوز

بدون سیتوکینز رخ داده باشد.



+ **تارچه‌ها:** درون سیتوپلاسم تارهای ماهیچه‌ای تعداد زیادی رشته غیر هم قطر ولی هم طول به نام تارچه وجود دارد که به صورت موازی قرار گرفته‌اند.

x تارچه‌ها در سیتوپلاسم تارها و در لایه‌های لوله‌ها و کیسه‌های به هم مرتبط شبکه آندوپلاسمی صاف یا شبکه سارکوپلاسمی قرار گرفته‌اند.

+ **سارکومرها:** تارچه‌ها از واحدهای تکراری به نام سارکومر تشکیل شده‌اند که به تار ماهیچه‌ای ظاهر منظم می‌دهند.

x در هر دو انتهای هر سارکومر نطی به نام **خط Z** دیده می‌شود. به عبارت دیگر مابین هر دو خط Z یک سارکومر واقع شده (است).

x ظاهر منظم این سلول‌ها به دلیل وجود دو نوع رشته پروتئینی اکتین و میوزین است که با آرایش منظم در کنار هم قرار گرفته‌اند.

- رشته‌های اکتین: این رشته‌ها نازک بوده و از یک طرف به خط Z متصل و از طرف دیگر به موازات بخشی از رشته‌های میوزین کشیده شده‌اند.

• به هنگام انقباض، رشته‌های اکتین به سرهای مولکول‌های میوزین متصل می‌شوند.

• نکته پالشی: هر رشته اکتین از اتصال تعداد زیادی مولکول اکتین (کروی شکل) تشکیل شده (است).

- رشته‌های میوزین: این رشته‌ها ضخیم بوده و بین رشته‌های اکتین و به موازات آنها جای گرفته‌اند.

• همان‌طور که در بالا هم گفته شد، مولکول‌های میوزین سرهایی برای اتصال به اکتین دارند.

• هر مولکول میوزین دارای یک دم و یک بخش سر مانند است. سر و دم با هم زاویه داشته و دو قسمت به هم بافته شده می‌سازند!

• نکته پالشی: هر رشته میوزین از اتصال تعداد زیادی مولکول میوزین (چوب کلف مانند) تشکیل شده (است).

x همانند تارهای اسکلتی، در سلول‌های ماهیچه قلبی هم سارکومر وجود دارد. به همین خاطر این سلول‌ها هم منظم و تند هستند.

x بر خلاف تارهای اسکلتی، در سلول‌های ماهیچه صاف با وجود اکتین و میوزین، سارکومر وجود ندارد. به همین خاطر این سلول‌ها غیر منظم و کند هستند.

+ علت منظم بودن: در بخش‌های روشن، فقط رشته‌های نازک اکتین و در بخش‌های تیره هر دو رشته اکتین و میوزین وجود دارند.

x بخش روشن‌تر موجود در درون بخش تیره، صفحه هسنن نام دارد. این صفحه، فقط دارای رشته‌های میوزین است و در وسط آن خط تیره M وجود دارد.

x نکات جالب دیگری در مورد نورهای تیره و روشن وجود دارد.

- نور روشن: خطوط Z تیره رنگ! درست در وسط نورهای روشن وجود دارند.

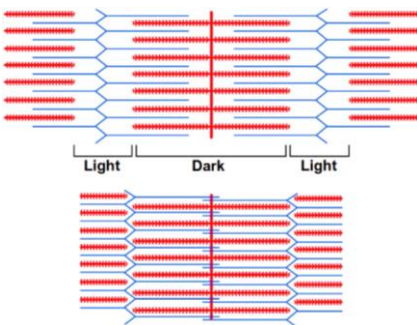
• به عبارت دیگر هر نور روشن بین دو سارکومر واقع شده (است).

- نور تیره: هر نور تیره درست در مرکز یک سارکومر قرار دارد!

• هنگام انقباض اتفاقات زیر می‌افتند:

• رشته‌های اکتین و میوزین در کنار یکدیگر می‌لغزند.

• خطوط Z موجود در سارکومر به هم نزدیک و بخش‌های روشن ناپدید می‌شوند.



## مکانیسم انقباض ماهیچه

با رسیدن پیام عصبی حرکتی از مراکز عصبی، اتفاقات زیر به صورت پشت سر هم به وقوع می‌پیوندند:

(۱) تحریک از طریق همایه ویژه‌ای (سیناپس نورون - ماهیچه) از یاخته عصبی به یاخته ماهیچه‌ای می‌رسد.

(۲) ناقل عصبی از پایانه یاخته عصبی با عمل اکزوسیتوز و مصرف ATP آزاد می‌شود.

(۳) ناقلین به گیرنده‌های پروتئینی خود در سطح غشای یاخته ماهیچه‌ای متصل می‌شوند.

(۴) یک موج تحریکی (پتانسیل عمل) در طول غشای یاخته ایجاد می‌شود.

(۵) به این ترتیب یاخته ماهیچه‌ای، تحریک می‌شود.

(۶) در این تحریک، یون‌های کلسیم با روش انتشار تسهیل شده از شبکه آندوپلاسمی

صاف یا شبکه سارکوپلاسمی آن آزاد می‌شود.

(۷) در نتیجه این عمل، و با واسطه یون‌های مثبت کلسیم، سرهای منفی پروتئین‌های

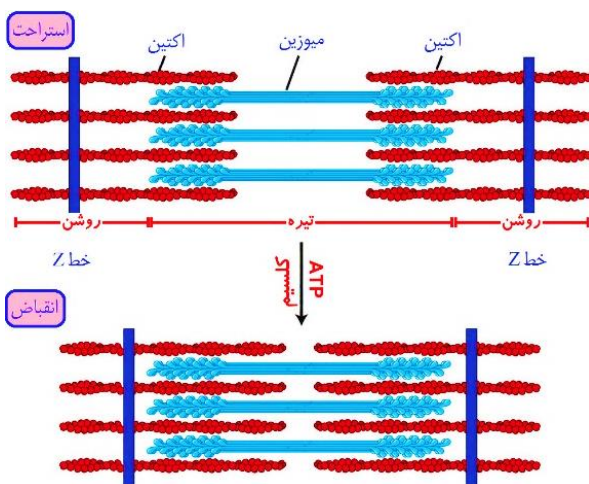
میوزین به رشته‌های اکتین متصل می‌شوند.

(۸) با اتصال پروتئین‌های میوزین به اکتین و تغییر شکل آنها، خطوط Z سارکومر

به هم نزدیک می‌شوند.

(۹) نزدیک شدن خطوط Z به همدیگر باعث کوتاه شدن طول سارکومرها می‌شود.

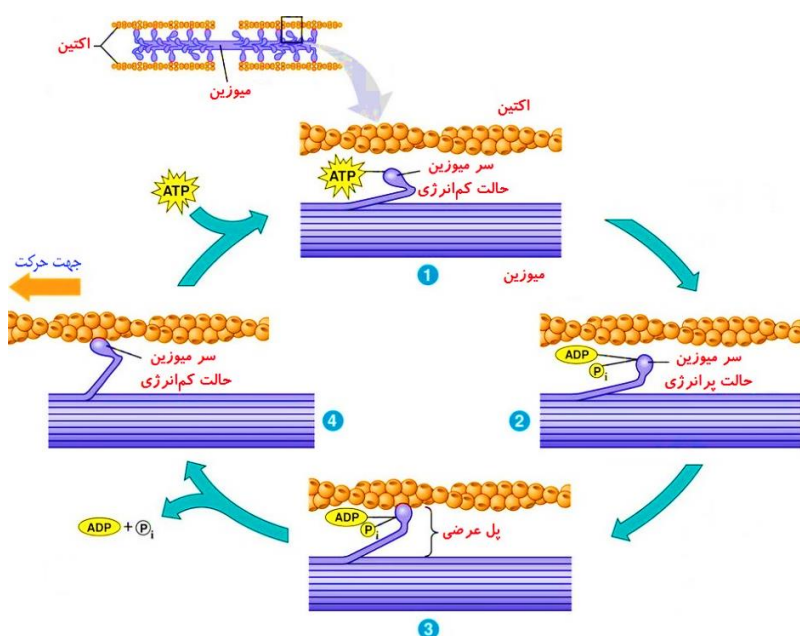
(۱۰) نتیجه نهایی این اتفاقات در کل، سبب کاهش طول ماهیچه می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- طرح ساده‌ای از انقباض سارکومرها

**لغزیدن** میوزین و اکتین در مجاورت هم به **انرژی** حاصل از **ATP** 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).

شکل ۱۶- نحوه انقباض ماهیچه



- (۱) پس از آزاد شدن **کلسیم**، اکتین و میوزین به هم **تمایل** پیدا می‌کنند.
- (۲) با مصرف مولکول‌های **ATP** (تفاوت زیر می‌افتد تا لغزش انجام شود).
- ① مولکول‌های میوزین از حالت کم انرژی به حالت پر انرژی در می‌آیند.
- ② سرهای میوزین در مجاورت بخش‌های خاصی از اکتین قرار می‌گیرند.
- ③ کلسیم سبب ایجاد **پل عرضی** بین سرهای میوزین و اکتین می‌شوند.
- ④ مولکول‌های میوزین از حالت پر انرژی به حالت کم انرژی در می‌آیند.

**توقف انقباض:** با توقف پیام عصبی انقباض یا ایجاد پتانسیل آرامش، یون‌های **کلسیم** به سرعت با روشن انتقال فعال یعنی با مصرف **ATP** به شبکه آندوپلاسمی صاف **بازگردانده** و در نتیجه اکتین و میوزین دیگر تمایلی به یکدیگر نداشته و از هم جدا می‌شوند. در این حال، سارکومر تا زمان رسیدن پیام عصبی بعدی در حالت **استراحت** یا آرامش می‌ماند.

**پالش بزرگ:** بر اساس شکل کتاب، در پایان انقباض به دو روش مولکول‌های **ATP** مصرف می‌شوند.

(۱) جدا نمودن سرهای میوزین از مولکول‌های اکتین و بازگشت به حالت اولیه! ②⊕

+ این اتفاق در ضمن انقباض هم صدها بار در ثانیه اتفاق می‌افتد!

(۲) بازگرداندن یون‌های کلسیم به شبکه آندوپلاسمی صاف با روشن انتقال فعال

## تأمین انرژی انقباض

سلول‌های ماهیچه‌ای مانند بقیه سلول‌های بدن برای زنده ماندن و فعالیت خود به انرژی نیاز دارند. این انرژی فقط با مصرف مولکول‌های **ATP** به دست می‌آید. بنابراین سلول‌های ماهیچه‌ای مجبور هستند به روش‌های مختلف، مولکول‌های **ATP** را به دست آورند.

(۱) روش اول: بیشتر انرژی را همان **ATP** لازم برای انقباض ماهیچه‌های اسکلتی از سوختن **گلوکز** در تنفس سلولی هوازی به دست می‌آید.

در ماهیچه‌ها **گلیکوژن** به صورت ذخیره وجود دارد و در صورت لزوم به گلوکز هیدرولیز یا تجزیه می‌شود.

**نکته مهم:** در صورت وجود **اکسیژن**، تجزیه **گلوکز** می‌تواند فقط تا چند دقیقه انرژی لازم برای ساخت **ATP** را فراهم کند.

(۲) روش دوم: برای انقباض طولانی‌تر، ماهیچه‌ها از اسیدهای چرب حاصل از تجزیه تری‌گلیسریدها استفاده می‌کنند.

**یادآوری:** اسیدهای چرب مولکول‌های **ATP** بیشتری تولید می‌کنند. هر گرم تری‌گلیسرید، بیش از دو برابر کربوهیدرات انرژی تولید می‌کند.

(۳) روش سوم: ماده دیگر **کراتین فسفات** تولید شده در کبد است که طبق واکنش زیر و به روش تولید **ATP** در سطح پیش‌ماده، می‌تواند با دادن فسفات خود، مولکول **ATP** را به سرعت باز تولید کند.



(۴) روش چهارم: ماهیچه‌های اسکلتی مانند دیگر سلول‌های بدن برای تجزیه کامل گلوکز به **اکسیژن** نیاز دارند.

در فعالیت‌های شدید مانند وزنه‌برداری، کشتی، دو سرعت و ... که اکسیژن کافی به ماهیچه‌ها نمی‌رسد، تجزیه گلوکز به صورت بی‌هوازی یا **تخمیر** نیز انجام می‌شود.

+ در روش بی‌هوازی یا تخمیر، به ازای یک مولکول گلوکز فقط دو مولکول **ATP** ساخته می‌شود!

x در اثر این واکنش‌ها **لاکتیک اسید** تولید می‌شود که از سیتوپلاسم سلول‌ها خارج شده و در فضای بین سلولی ماهیچه انباشته می‌شود.

x انباشته شدن لاکتیک اسید پس از تمرینات ورزشی طولانی، باعث گرفتگی و درد ماهیچه‌ای می‌شود.

- لاکتیک اسید می‌تواند گیرنده‌های درد را تحریک کند. زیرا این گیرنده‌ها به مواد شیمیایی هم پاسخ می‌دهند.

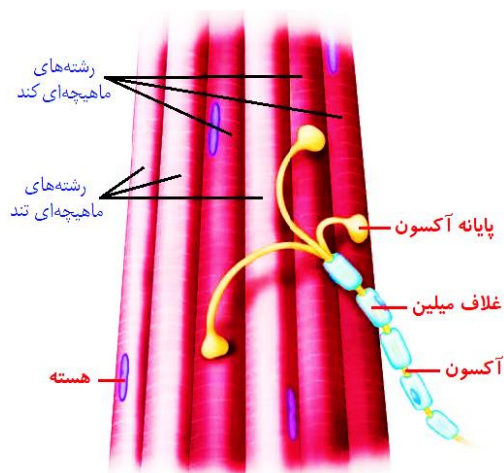
x لاکتیک اسید اضافی به تدریج از طریق خون به کبد منتقل و در آنجا تجزیه می‌شود و اثرات درد و گرفتگی ماهیچه‌ای کاهش می‌یابد.

- ۱) به ازای تجزیه کامل یک مولکول **گلوز** در بهترین حالت ۳۰ مولکول **ATP** تولید می‌شود. در سلول ماهیچه اسکلتی **گلوز** به دو طریق یافت می‌شود:
  - + یا از طریق جریان خون از **لوله کوارش** به سلول ماهیچه‌ای آمده است.
  - + یا حاصل **هیدرولیز کلیکوژن** موجود در ماهیچه بر اثر فعالیت **هورمون کلوکاکون** است.
- ۲) **کرآتین فسفات** ماده شیمیایی دیگری است که برای تولید **ATP** در **سطح پیش‌ماده** در سلول‌های ماهیچه اسکلتی (**فقط!**) مصرف می‌شود.
  - + **ابتدا** **کرآتین فسفات** از طریق جریان خون به ماهیچه‌های اسکلتی منتقل می‌شود.
  - + **سپس** این ماده به عنوان یک **پیش‌ماده** برای نوعی آنزیم به نام **کرآتین‌کیناز** عمل می‌کند.
  - + **در نهایت** این ماده در سیتوپلاسم ماهیچه اسکلتی با **دادن** فسفات خود به مولکول **ADP** باعث **بازتولید ATP** می‌شود.
  - + **کرآتین** حاصله نیز در سلول ماهیچه‌ای به **کرآتینین** تبدیل شده و از طریق جریان خون به **کلیه‌ها** رفته و از بدن دفع می‌شود.
- ۳) علاوه بر گرفتگی ماهیچه‌ها و ... نتایج دیگر **ورزش طولانی** عبارتند از:
  - + باعث افزایش ترشح **هورمون اریتروپویتین** از کبد و کلیه‌ها می‌شود.
  - + مقدار **لنف** را **افزایش** می‌دهد.
  - + با افزایش فعالیت اعصاب **سمپاتیک** ضربان **قلب** را **تشدید** می‌کند.
  - + با کاهش **O<sub>2</sub>** و افزایش **CO<sub>2</sub>** خون گیرنده‌های موجود در **بصل النفاذ** را تحریک نموده تا اعصاب **سمپاتیک** **آهنگ تنفس** را **شدیدتر** کنند.
  - + باعث افزایش فعالیت **غدد عرقی** می‌شود.
  - + مقدار **ادرار** را **کاهش** می‌دهد و با تأثیر **هورمون ضد ادراری** بر کلیه‌ها **بازجذب آب** را **افزایش** می‌دهد.
  - + باعث **استقامت** و **تراکم** توده **استخوانی** و **افزایش** تعداد تارهای ماهیچه‌ای **کند** می‌شود.

## انواع یاخته‌های بافت ماهیچه‌ای اسکلتی

یاخته‌های ماهیچه‌ای را می‌توان به **دو نوع** یاخته‌های **تند** و **کند** تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی بر اساس **سرعت انقباض** است. نکته مهم این‌که **بسیاری** از ماهیچه‌های بدن **هر دو نوع** یاخته را دارند.

**تارهای ماهیچه‌ای کند:** تار ماهیچه‌ای نوع **کند** (یا **قرمز**)، برای حرکات **استقامتی** مانند **شنا کردن** و **دوی ماراتن** ویژه شده‌اند. این تارها مقدار زیادی رنگ‌دانه **قرمز** به نام **میوگلوبین** (شبیه یکی از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی مولکول هموگلوبین و دارای **گروه هم** و **یون آهن** است.) دارند که می‌توانند مقداری **اکسیژن** را **ذخیره** کنند. این تارها تعداد **میتوکندری** بیشتری داشته و **بیشتر انرژی** خود را به **روش هوازی** به دست می‌آورند (شکل ۱۷).



**تارهای ماهیچه‌ای تند:** تارهای ماهیچه‌ای **تند** (یا سفید) **سریع** منقبض می‌شوند. این تارها مسئول انجام انقباضات سریع مثل **دوی سرعت** و **بلند کردن وزنه**‌اند. این تارها تعداد **میتوکندری** کمتری دارند و انرژی خود را نه همه آن را **بیشتر** از راه **تنفس بی‌هوازی** به دست می‌آورند. مقدار **میوگلوبین** این تارها هم **کمتر** است. این تارها سریع انرژی خود را از دست می‌دهند و **خسته** می‌شوند. افراد **کم تحرک**، دارای تار ماهیچه‌ای **تند** بیشتری هستند که با **ورزش**، تارهای نوع **تند** به نوع **کند** تبدیل می‌شوند (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- تارهای ماهیچه‌ای تند و کند

## فعالیت ۲

- الف) به نظر شما چه تفاوت‌هایی بین **دوندگان دوی صدمتر** و **دوندگان ماراتن** از نظر تعداد و درصد تارهای ماهیچه‌ای **تند** و **کند** وجود دارد؟ به ترتیب دارای تارهای **تند** و **کند** بیشتری هستند.
- ب) کدام گروه هنگام فعالیت ورزشی حرفه‌ای خود به **اکسیژن** نیاز بیشتری دارند؟ **دوندگان دوی ماراتن**
- پ) مقدار **میوگلوبین** ماهیچه‌های مؤثر در ورزش حرفه‌ای این ورزشکاران چه تفاوتی دارد؟ در **دوندگان دوی ماراتن** بیشتر است.

## مقایسه انواع تارهای بافت ماهیچه‌ای

| نوع تار    | انقباض | رنگ  | میوگلوبین | ذخیره اکسیژن | میتوکندری | تنفس     | نوع ورزش | نام ورزش  |
|------------|--------|------|-----------|--------------|-----------|----------|----------|-----------|
| تارهای کند | آهسته  | قرمز | زیاد      | زیاد         | زیاد      | هوازی    | استقامتی | دو ماراتن |
| تارهای تند | سریع   | سفید | کم        | کم           | کم        | بی‌هوازی | سرعتی    | دو سرعت   |

## حرکت در جانوران

همه 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، همه جانوران نیازمند هم ساختارهای اسکلتی و هم ساختارهای 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: 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 یا همان فروج آب از یک سمت بدن، 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.

+ اسکلت بیرونی: حشرات و سخت‌پوستان 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.

+ اسکلت درونی: 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.

### نکاتی در مورد حرکت در جانوران

۱) جانوران حداقل در بخشی از زندگی خود می‌توانند از جایی به جای دیگری حرکت کنند.

+ به عنوان مثال حتی مرجان‌ها و اسفنج‌ها که به ظاهر ساکن و بی‌تحرک هستند هم در دوره‌ای از زندگی خود حرکت می‌کنند.

۲) شیوه‌های حرکتی در جانوران بسیار متنوع است. شنا کردن، پرواز کردن، دویدن و خزیدن، نمونه‌هایی از این حرکات هستند.

۳) اساس حرکت در جانوران مشابه است. برای حرکت کردن به یک سمت، جانور باید نیرویی در خلاف جهت آن سمت وارد کند.

۴) برای انجام حرکت، جانوران نیازمند هم ساختارهای اسکلتی و هم ساختارهای ماهیچه‌ای هستند.

+ ساختار اسکلت: در جانوران متفاوت است، ولی می‌توان انواع اسکلت در جانوران را به سه گروه تقسیم نمود.

x اسکلت آب‌ایستایی: در اثر تجمع مایع درون بدن به وجود می‌آید. مانند عروس دریایی و هیدر که از مرجان‌ها یا کیسه‌تاران به شمار می‌روند.

- حرکت در عروس دریایی: با فروج آب از یک سمت بدن، جانور به سمت مخالف حرکت می‌کند.

- حرکت در هیدر: حرکت به وسیله سلول‌های ماهیچه‌ای که از شبکه عصبی هیدر فرمان می‌گیرند، انجام می‌شود.

x اسکلت بیرونی: این نوع اسکلت از جنس پلی‌ساکاریدی به نام کیتین است و در بیرون بدن قرار دارد. مانند حشرات و سخت‌پوستان

- در این جانوران، اسکلت علاوه بر کمک به حرکت، وظیفه حفاظتی هم دارد.

\* حشرات علاوه بر دارا بودن اسکلت بیرونی، دارای ویژگی‌های زیر هم هستند:

\* تنفس نایبسی، لوله‌های مالپیگی متصل به روده، ماده دفعی به صورت اوریک‌اسید، مغز متشکل از چند کره به هم جوش خورده و

طناب عصبی شکمی و گردن، چشم مرکب

\* سخت‌پوستان نیز علاوه بر اسکلت بیرونی، دارای آبشش‌های دفع‌کننده مواد نیتروژن‌دار هستند.

x اسکلت درونی: این نوع اسکلت در مهره‌داران وجود دارد. مهره‌داران به دو گروه مهره‌داران دارای اسکلت غضروفی و استخوانی تقسیم می‌شوند.

- اسکلت استخوانی: در بیشتر مهره‌داران اسکلت از نوع استخوانی است که غضروف نیز دارد.

- اسکلت غضروفی: در انواعی از ماهی‌ها مانند کوسه‌ماهی و سفره‌ماهی اسکلت فقط غضروفی وجود دارد.

\* مهره‌داران علاوه بر اسکلت درونی، دارای ویژگی‌های دیگری نیز هستند:

\* دارای شش یا آبشش هستند. ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان دارای آبشش و دوزیستان بالغ و بقیه مهره‌داران دارای شش هستند.

\* نمونه‌های شش‌دار آنها دارای سازوکارهای تهویه‌ای شامل پمپ فشار مثبت و پمپ فشار منفی هستند.

\* دوزیستان بالغ، علاوه بر تنفس ششی، دارای تنفس پوستی هم هستند.

\* ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان گردش خون بسته از نوع ساده و بقیه مهره‌داران گردش خون بسته از نوع مضاعف دارند.

\* ماهی‌ها قلب دو فرمای، دوزیستان و بسیاری از فزندگان قلب سه فرمای، تمساح‌ها و بقیه مهره‌داران قلب چهار فرمای دارند.

\* دارای کلیه با ساختاری مشابه کلیه انسان هستند. ماهیان غضروفی علاوه بر کلیه دارای غدد راست‌روده‌ای نیز هستند.

\* دارای طناب عصبی پشتی شامل مغز و نخاع و همچنین دستگاه عصبی مرکزی و محیطی هستند.

\* دارای ایمنی اختصاصی مشابه دستگاه ایمنی انسان هستند.