

# زیست شناسی ۲

## پایه یازدهم

### دکتر رضا مقدسی

دکتری تخصصی نوروفیزیولوژی از دانشگاه شهید چمران اهواز

کارشناسی ارشد فیزیولوژی از دانشگاه فردوسی مشهد

کارشناسی زیست شناسی از دانشگاه خوارزمی تهران



2

# BIOLOGY 2

## Reza Moghaddasi

Ph.D in Neurophysiology

Biology teacher in high school

Email: [ghr.moghaddasi@gmail.com](mailto:ghr.moghaddasi@gmail.com)

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

## زیست شناسی (۲)

رشته علوم تجربی

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه

## فصل ۶ - تقسیم یاخته

۷۹

۸۰ گفتار ۱ - فام تن (کروموزوم)

۸۴ گفتار ۲ - رشتیمان (میتوز)

۹۲ گفتار ۳ - کاستمان (میوز) و تولیدمثل جنسی

## فصل ۷ - تولیدمثل

۹۷

۹۸ گفتار ۱ - دستگاه تولیدمثل در مرد

۱۰۲ گفتار ۲ - دستگاه تولیدمثل در زن

۱۰۸ گفتار ۳ - رشد و نمو جنین

۱۱۵ گفتار ۴ - تولیدمثل در جانوران

## فصل ۸ - تولیدمثل نهان دانگان

۱۱۹

۱۲۰ گفتار ۱ - تولیدمثل غیر جنسی

۱۲۴ گفتار ۲ - تولیدمثل جنسی

۱۳۰ گفتار ۳ - از یاخته تخم تا گیاه

## فصل ۹ - پاسخ گیاهان به محرک‌ها

۱۳۷

۱۳۸ گفتار ۱ - تنظیم کننده‌های رشد در گیاهان

۱۴۶ گفتار ۲ - پاسخ به محیط

## فهرست

### فصل ۱ - تنظیم عصبی

۱

۲ گفتار ۱ - یاخته‌های بافت عصبی

۲

۹ گفتار ۲ - ساختار دستگاه عصبی

۹

### فصل ۲ - حواس

۱۹

۲۰ گفتار ۱ - گیرنده‌های حسی

۲۰

۲۳ گفتار ۲ - حواس ویژه

۲۳

۳۳ گفتار ۳ - گیرنده‌های حسی جانوران

۳۳

### فصل ۳ - دستگاه حرکتی

۳۷

۳۸ گفتار ۱ - استخوان‌ها و اسکلت

۳۸

۴۵ گفتار ۲ - ماهیچه و حرکت

۴۵

### فصل ۴ - تنظیم شیمیایی

۵۳

۵۴ گفتار ۱ - ارتباط شیمیایی

۵۴

۵۶ گفتار ۲ - غده‌های درون‌ریز

۵۶

### فصل ۵ - ایمنی

۶۳

۶۴ گفتار ۱ - نخستین خط دفاعی: ورود ممنوع

۶۴

۶۶ گفتار ۲ - دومین خط دفاعی: واکنش‌های عمومی اما سریع

۶۶

۷۲ گفتار ۳ - سومین خط دفاعی: دفاع اختصاصی

۷۲



## دستگاه حرکتی

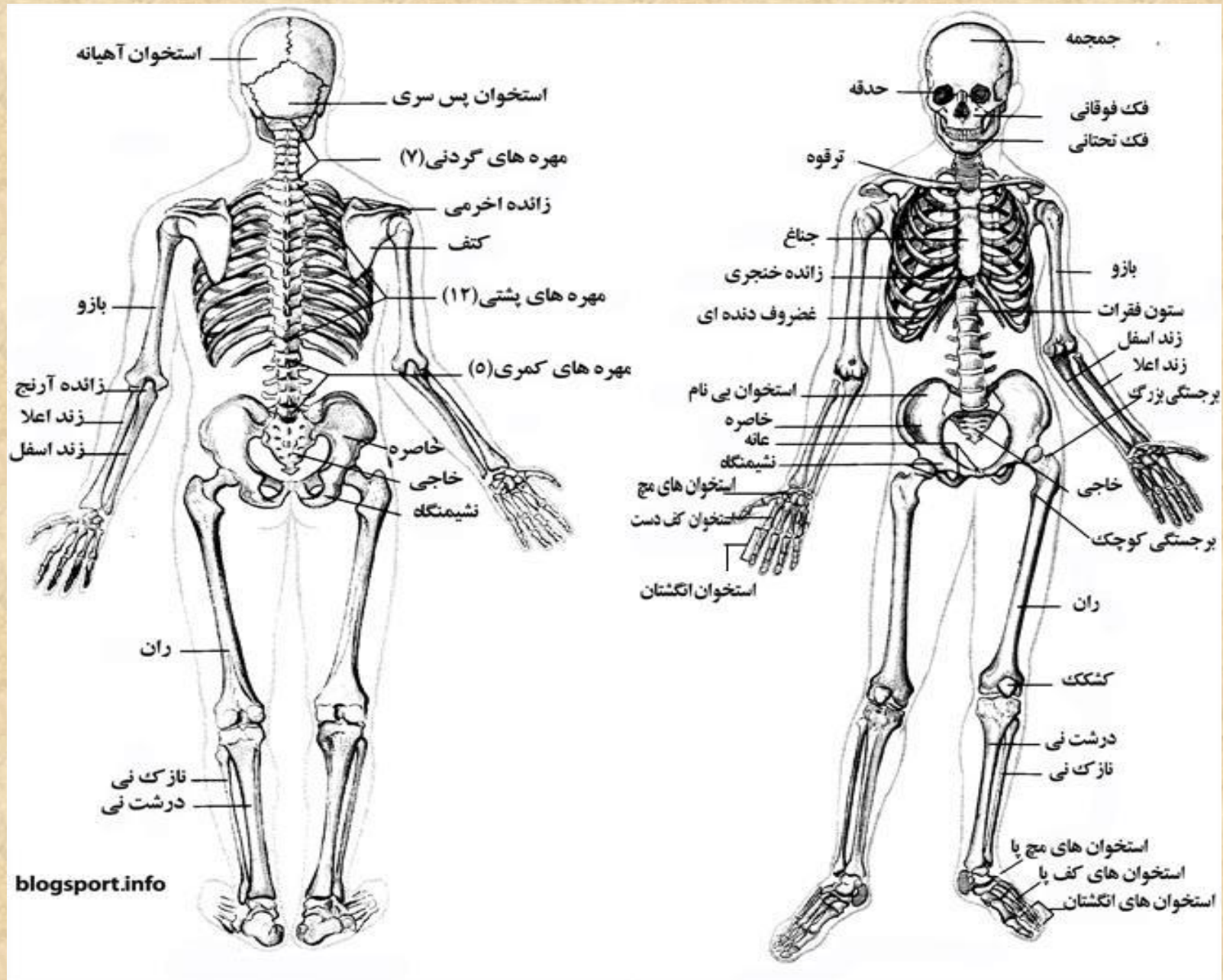
استفاده ما از دست و پا به قدری است که تصور زندگی بدون آنها برایمان بسیار سخت است. خوشبختانه امروزه افراد دارای نقص عضو نیز می‌توانند با استفاده از اعضای مصنوعی تا حدودی بر محدودیت‌های حرکتی چیره شوند. مطالعات دقیق ساختار ماهیچه‌ها، مفاصل و استخوان‌ها، به همراه پیشرفت در علوم مربوط به مواد و الکترونیک، مهندسان را قادر ساخته تا اندام‌های پیچیده را جایگزین بخش‌های آسیب‌دیده یا ناقص کنند. کارآمدی بعضی اندام‌های مصنوعی آن قدر 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؟ نحوه عملکرد این بخش‌ها چگونه است؟ چه آسیب‌های احتمالی اندام‌های حرکتی را تهدید می‌کند؟ به چه روش‌هایی می‌توان این اجزا را از آسیب حفظ کرد؟

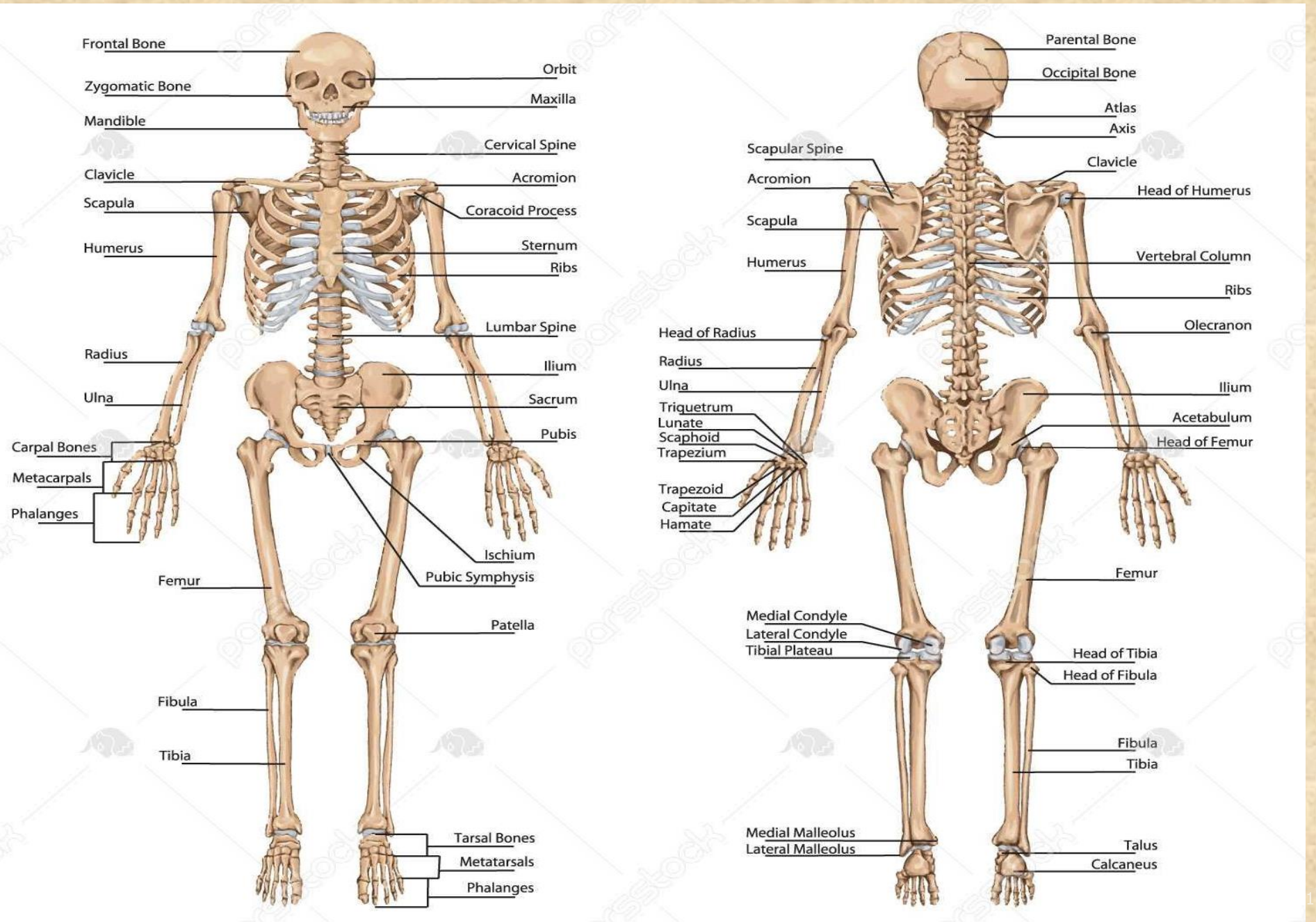
## گفتار ۱

### استخوان‌ها و اسکلت

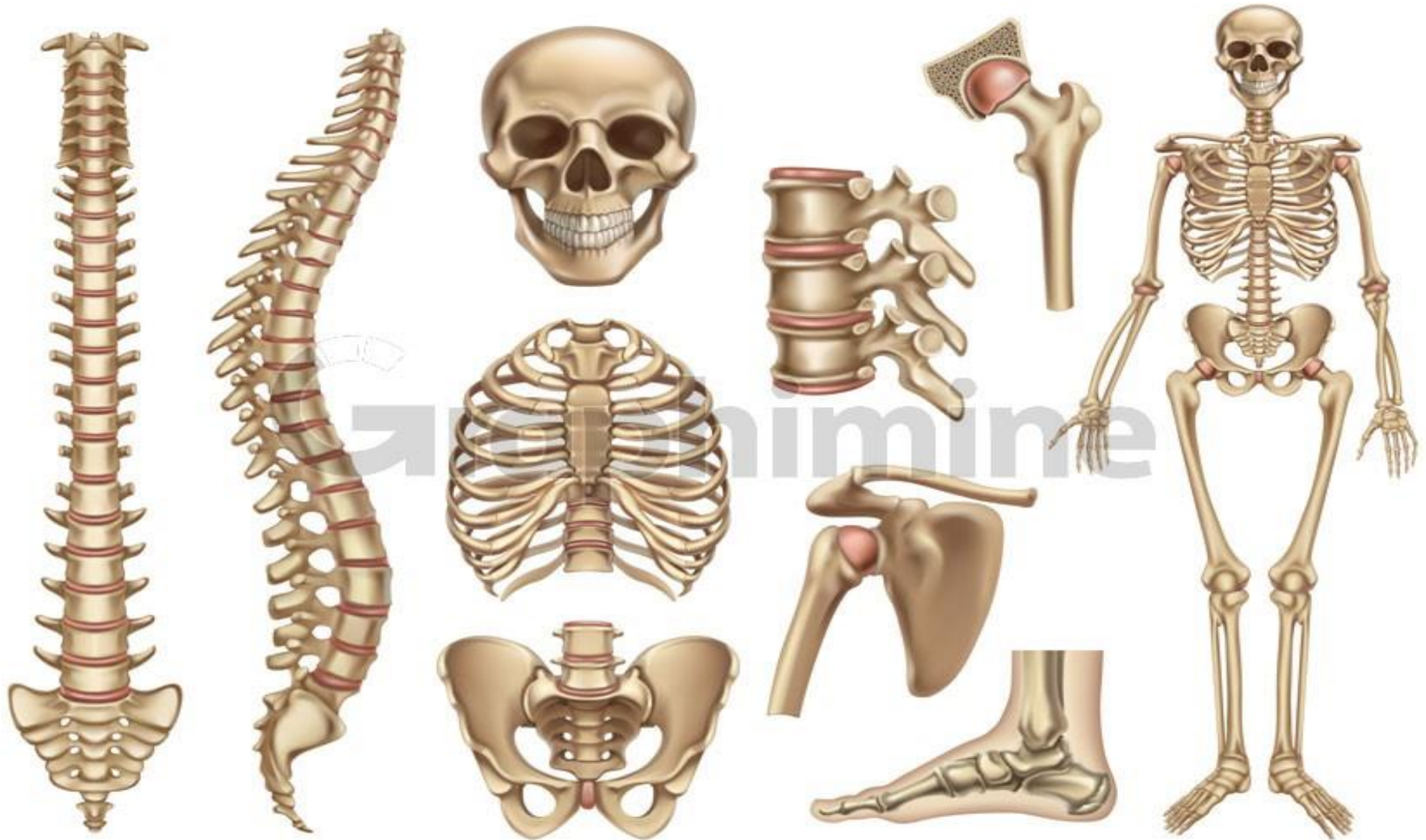
استخوان‌ها بخشی از اسکلت انسان را تشکیل می‌دهند. اسکلت انسان شامل دو بخش **محوری** و **جانبی** است. بخش محوری همان طور که از نامش مشخص است، محور بدن را تشکیل می‌دهد و از ساختارهایی مانند مغز و قلب حفاظت می‌کند؛ گرچه بخش‌هایی از آن هم در جویدن، شنیدن، صحبت کردن و حرکات بدن نیز نقش دارند. استخوان‌های دست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











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

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





استخوان مهره



استخوان های مچ دست



## انواع استخوان

استخوان ها اشکال مختلفی دارند. استخوان ران و بازو از انواع استخوان های درازند، در حالی که استخوان های مچ از انواع استخوان های کوتاه اند. استخوان جمجمه از استخوان های پهن هستند. استخوان های ستون مهره از نوع استخوان های نامنظم اند (شکل ۲). استخوان های بدن اندازه های متفاوتی دارند، از استخوان های کوچک گوش میانی تا استخوان بزرگ لگن.



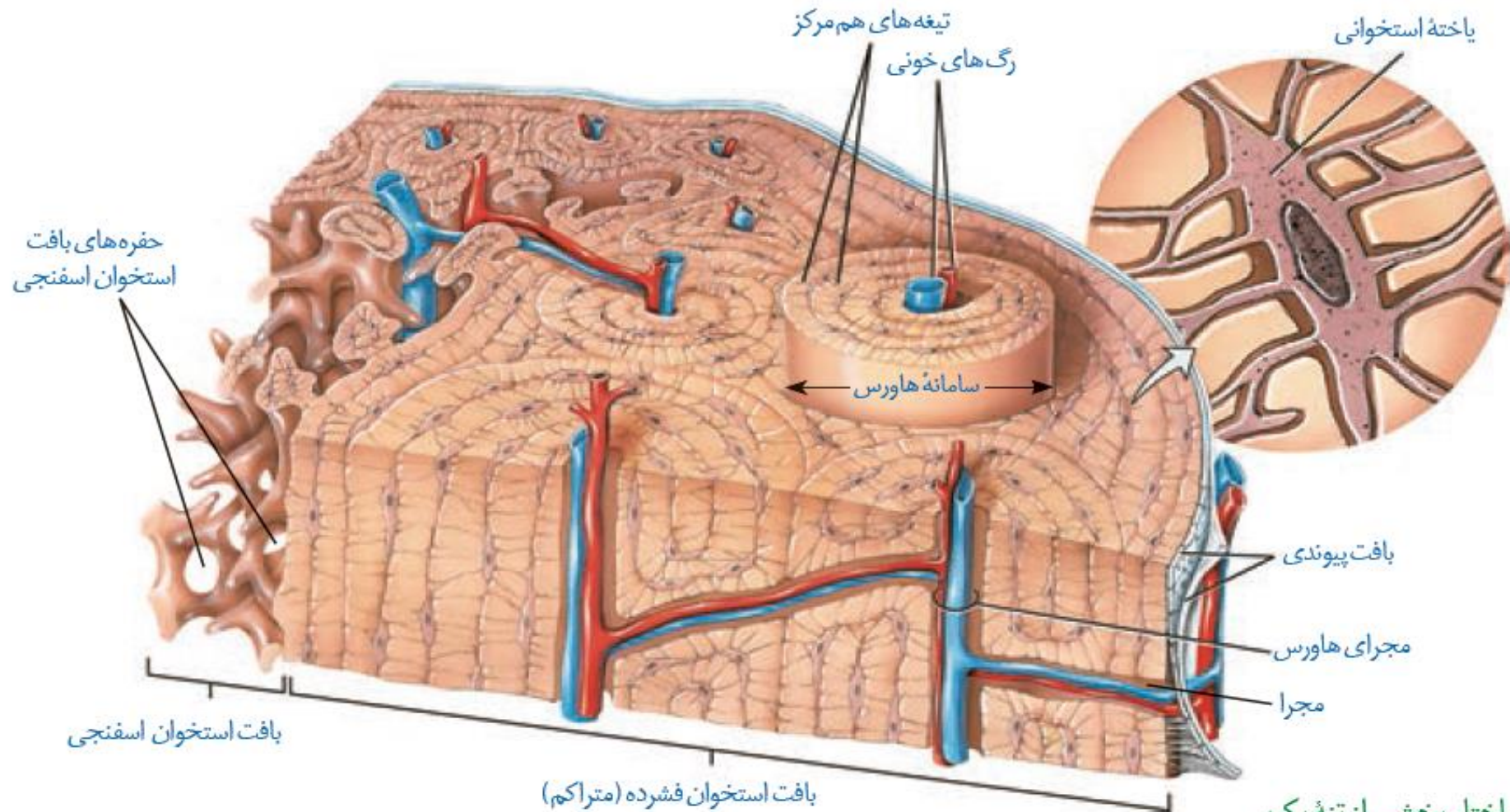


**ساختار استخوان:** هر استخوان از دو نوع بافت استخوانی فشرده و اسفنجی تشکیل شده

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

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

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



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



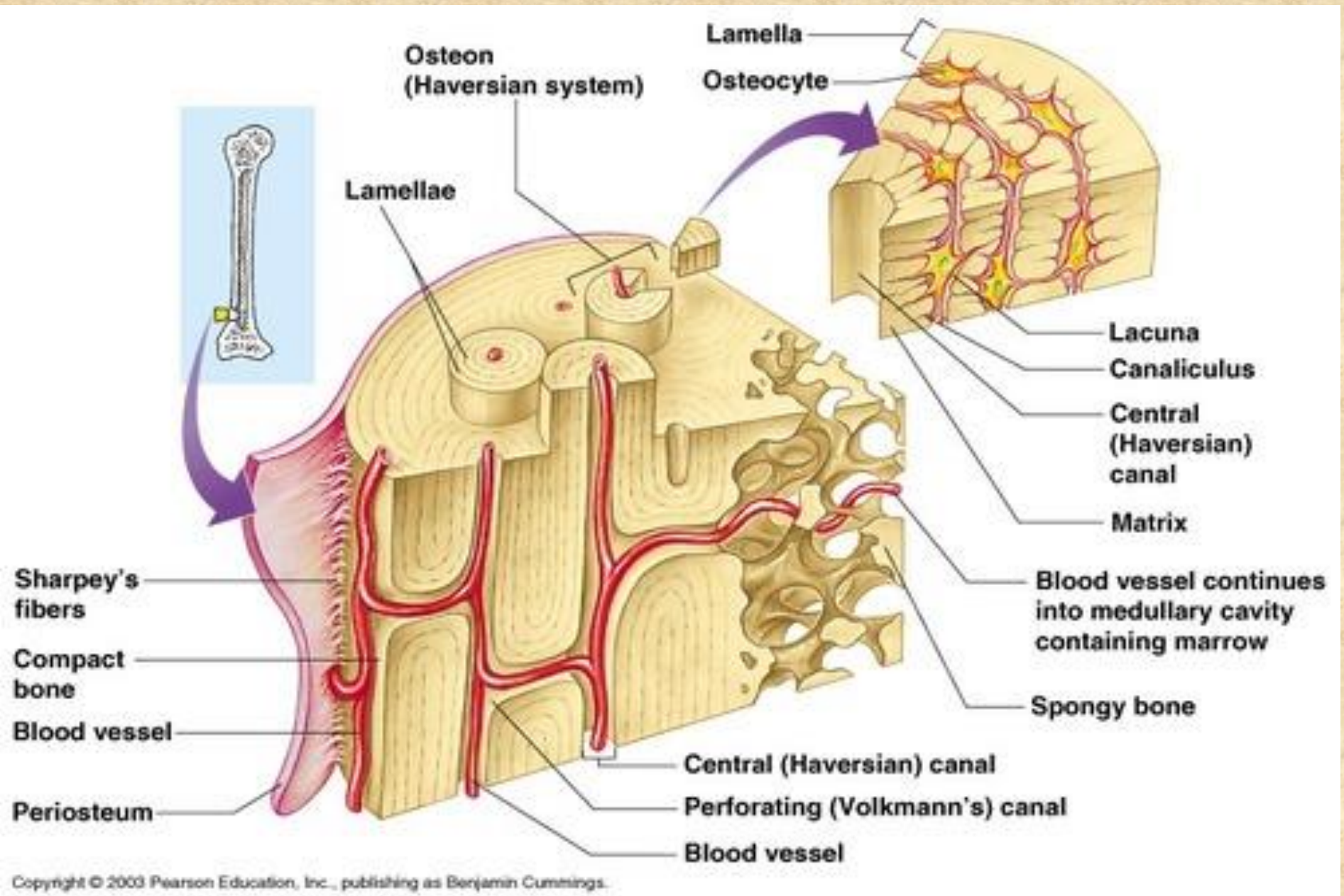
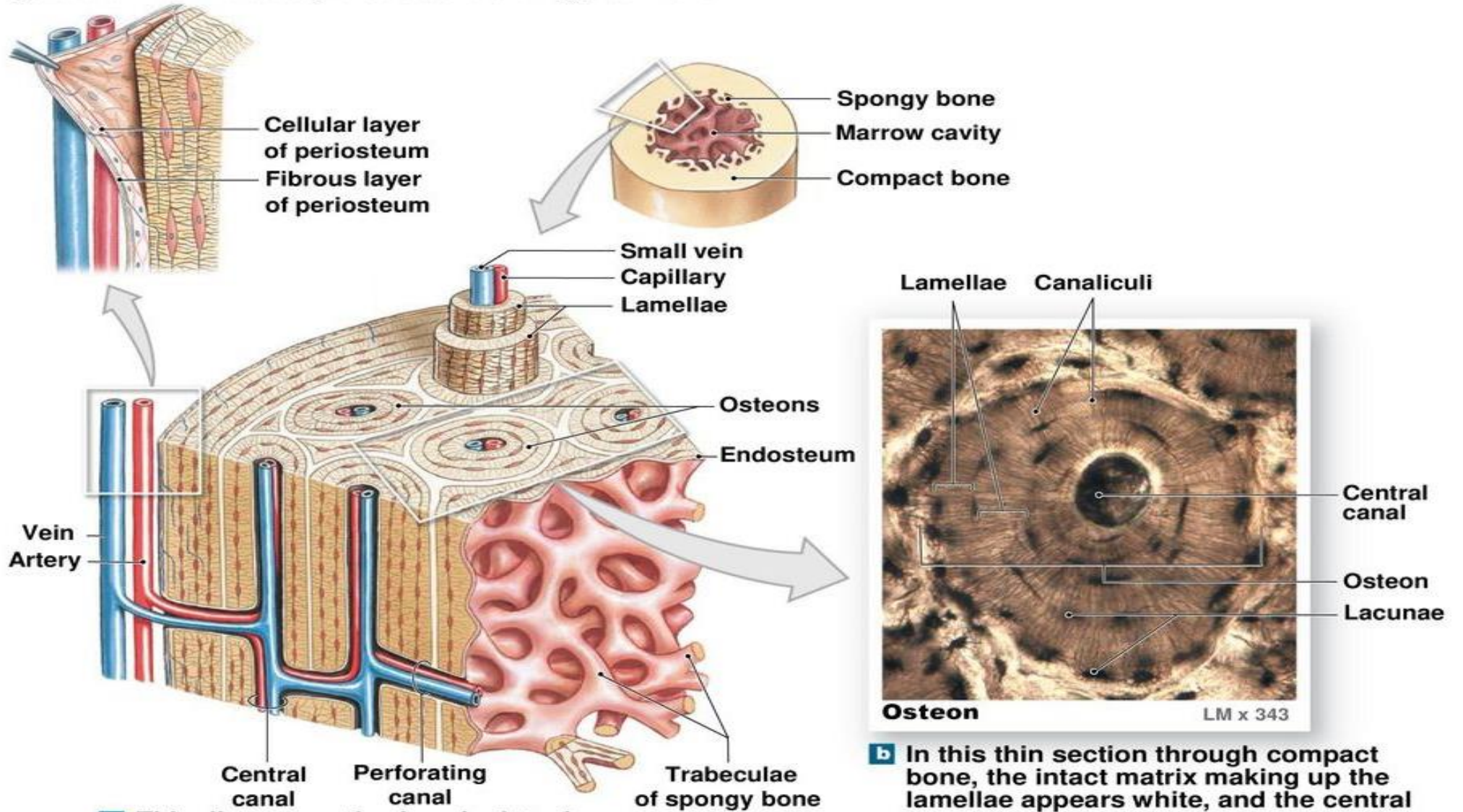




Figure 6-3 The Microscopic Structure of a Typical Bone.

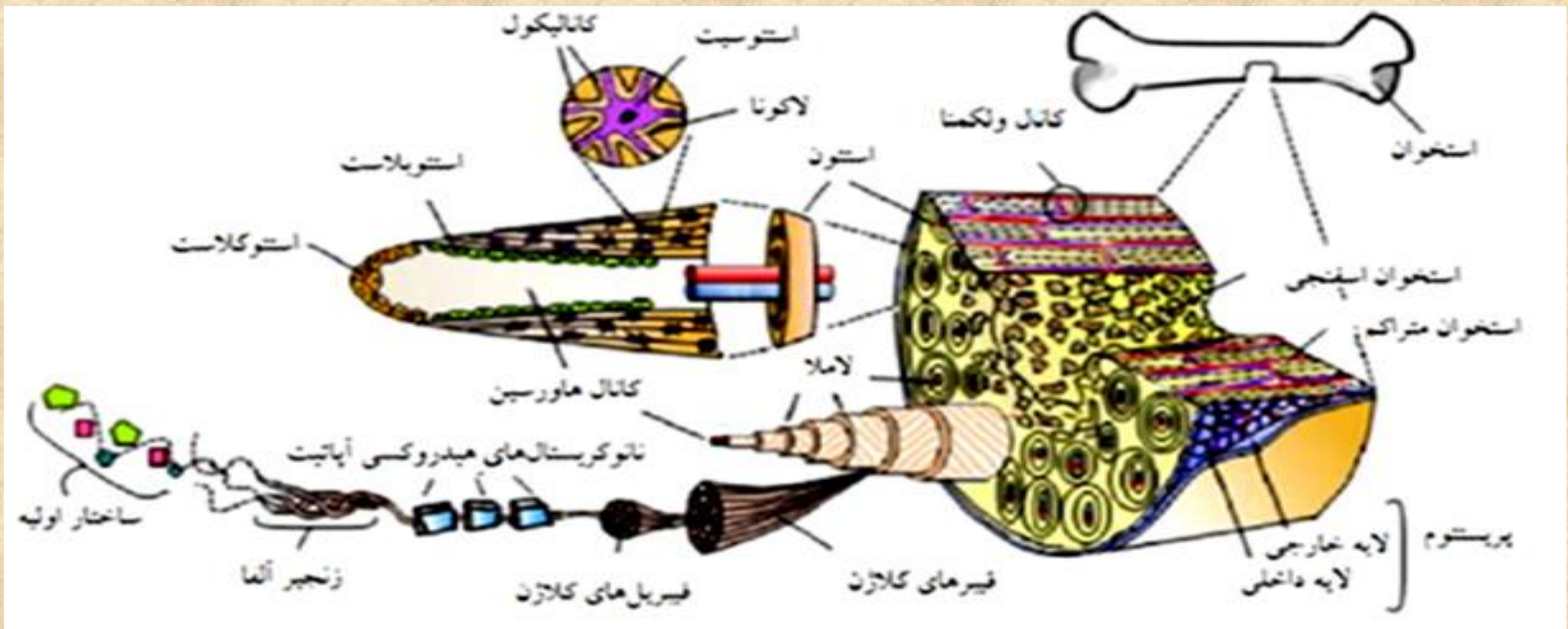


**a** This diagrammatic view depicts the parallel osteons of compact bone and the trabecular network of spongy bone.

**b** In this thin section through compact bone, the intact matrix making up the lamellae appears white, and the central canal, lacunae, and canaliculi appear black due to the presence of bone dust.



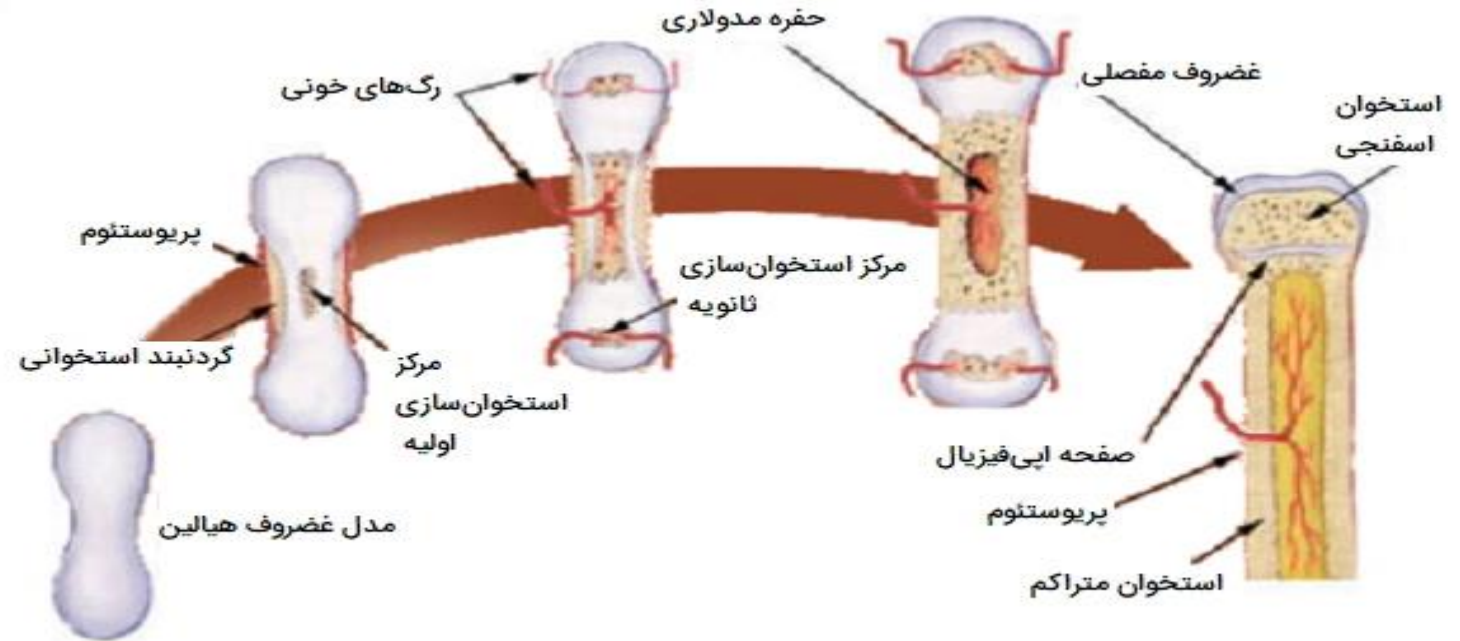
سال گذشته با ساختار بافت پیوندی و اجزای آن آشنا شدید. الف) با توجه به اطلاعات قبلی هر بافت پیوندی از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟ ب) مادهٔ زمینه‌ای استخوان توسط چه بخشی ساخته می‌شود؟



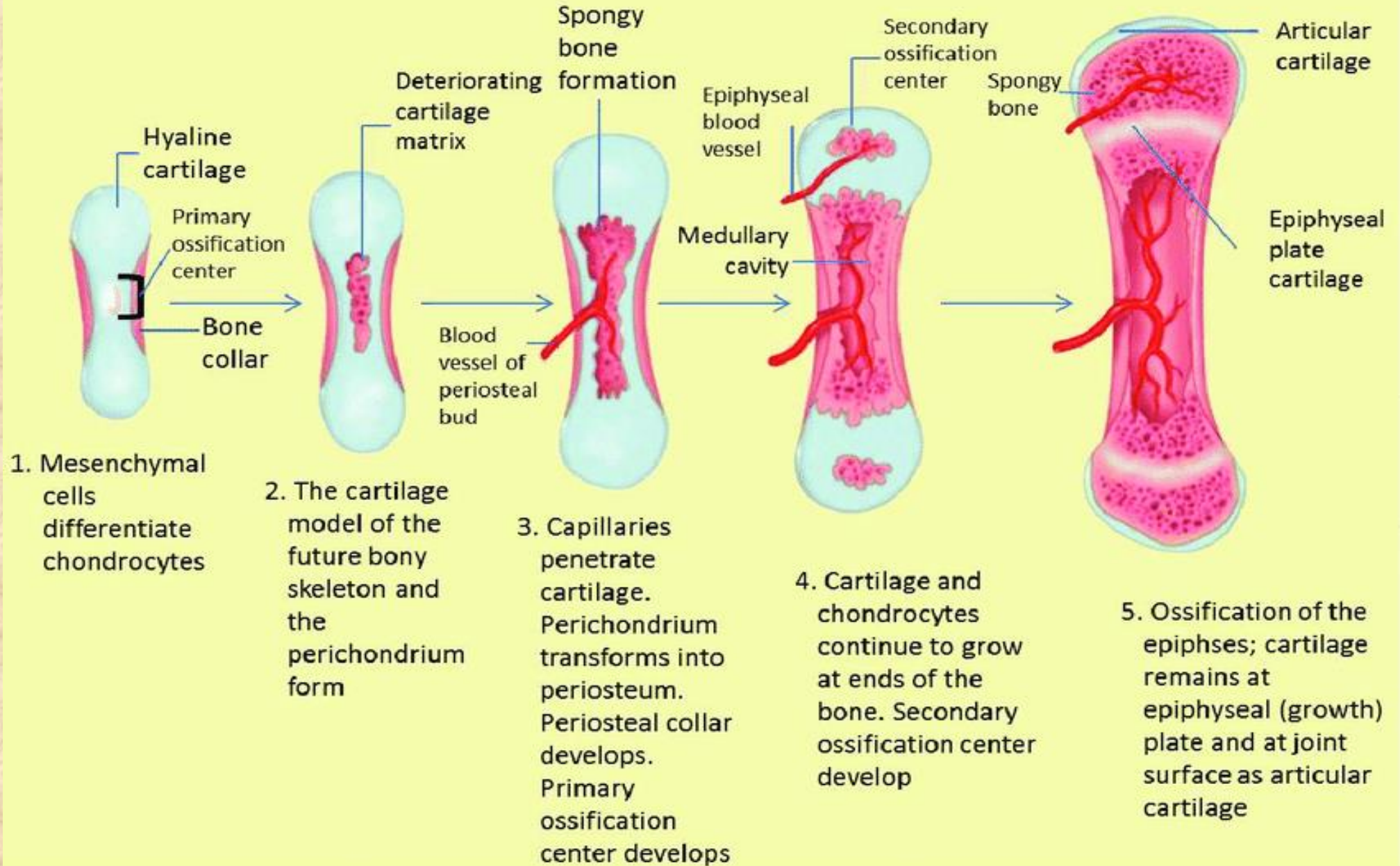


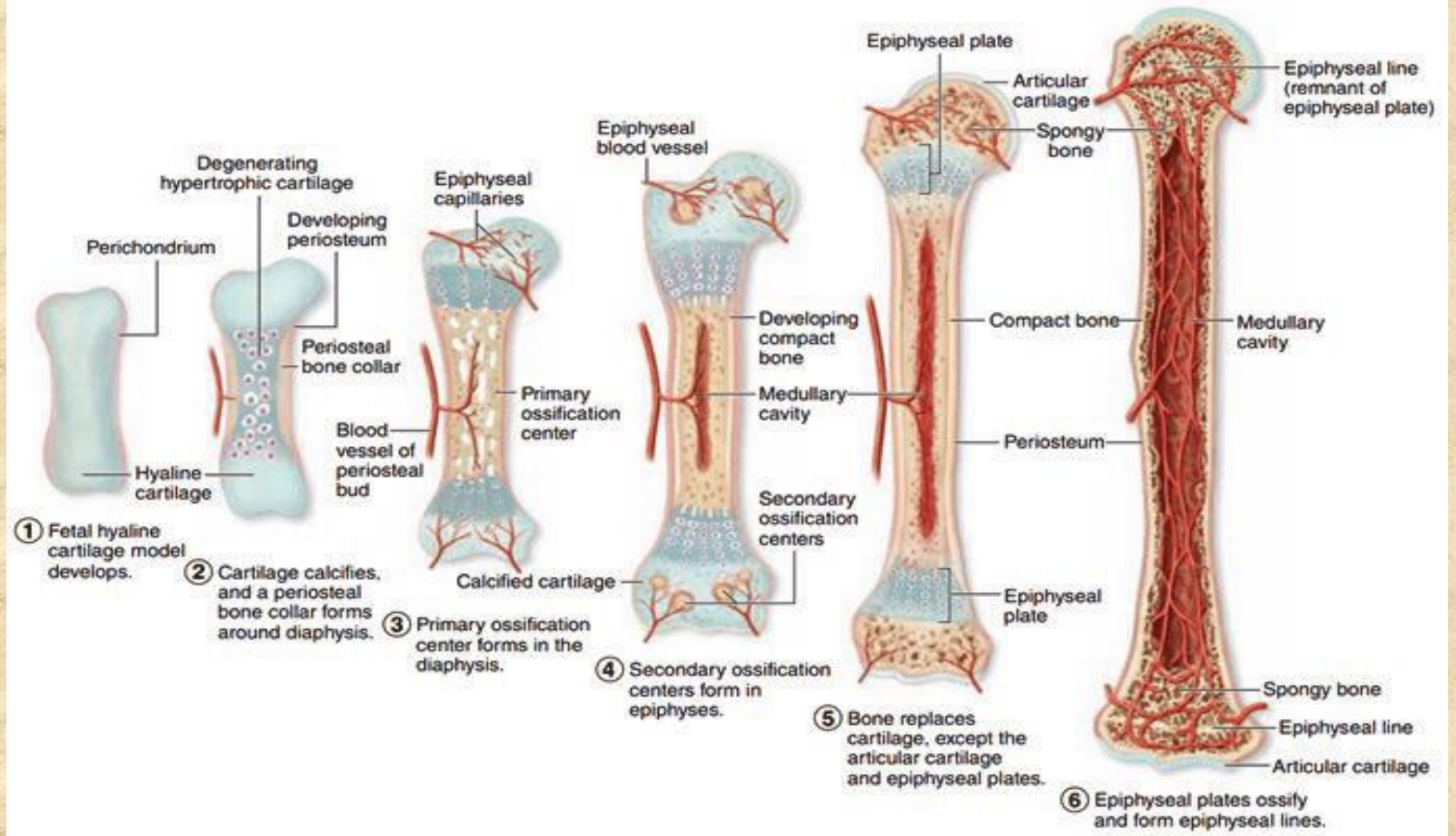
## تشکیل و تخریب استخوان

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

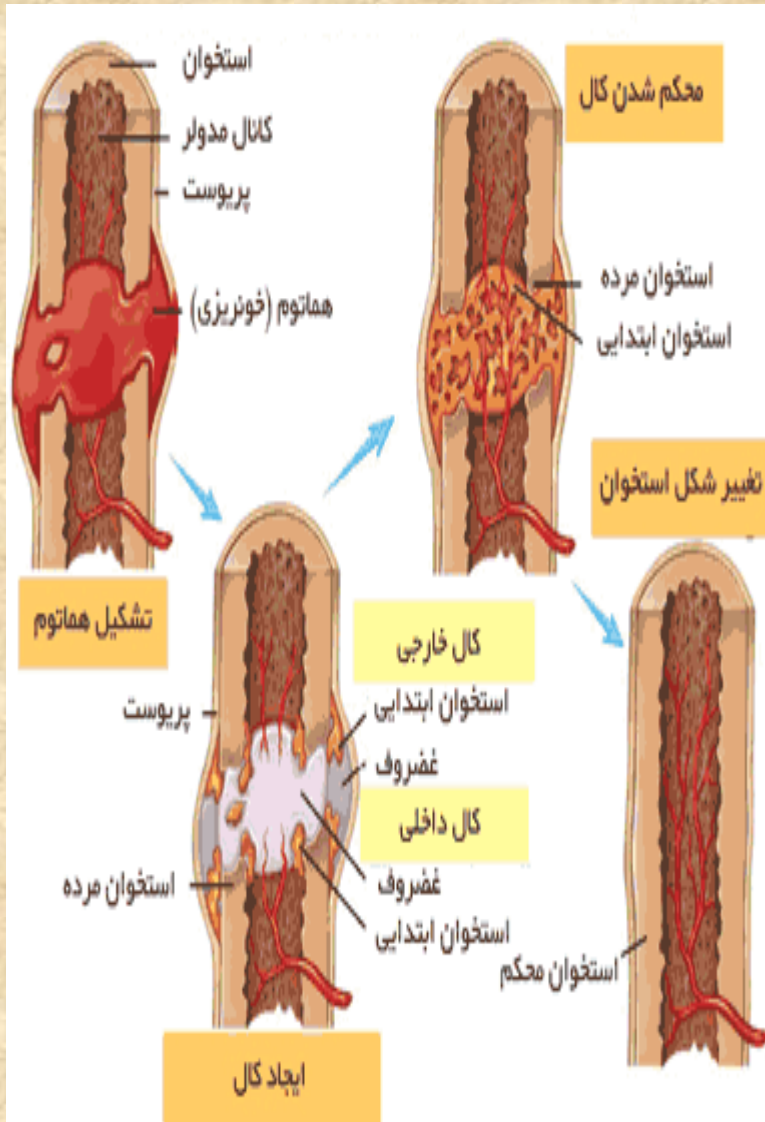










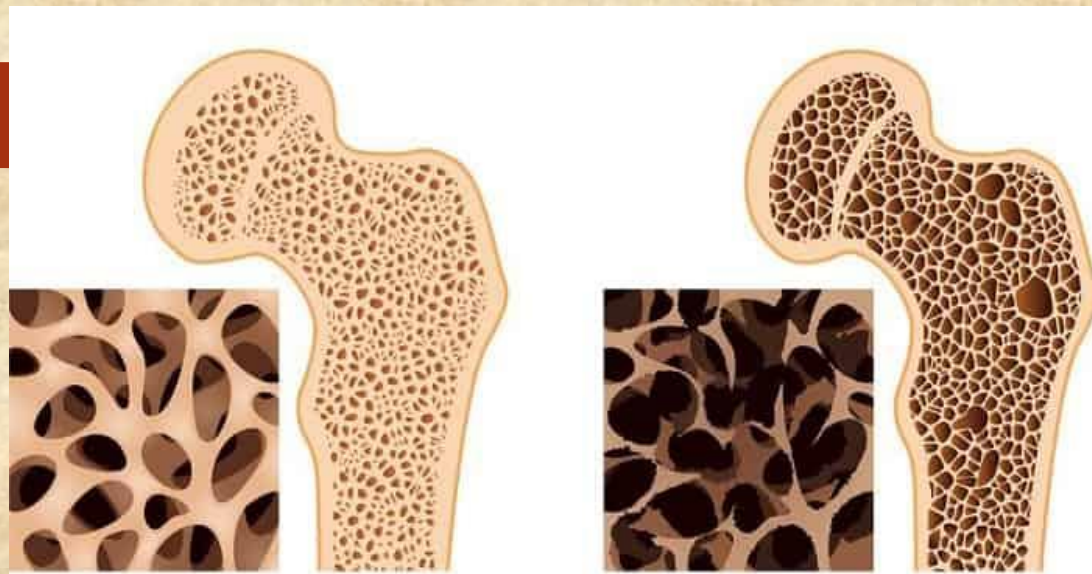


استخوان های بدن به طور پیوسته دچار شکستگی های میکروسکوپی می شوند که نتیجه حرکات معمول بدن اند. شکستگی های دیگر می توانند ناشی از ضربه یا برخورد باشند (شکل ۴).

در این حالت، یاخته های نزدیک به محل شکستگی، یاخته های جدید استخوانی می سازند و پس از چند هفته آسیب بهبود پیدا می کنند.

### انواع شکستگی استخوان

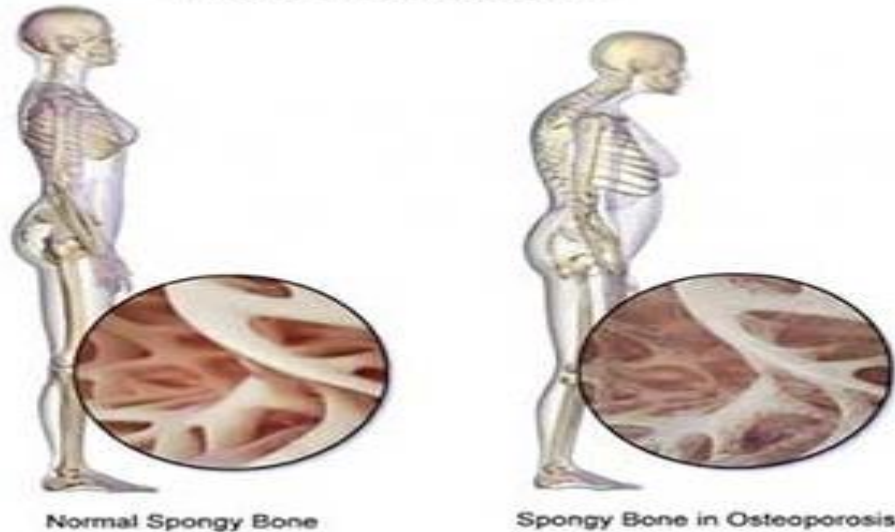




استخوان سالم

پوکی استخوان

Effects of Osteoporosis

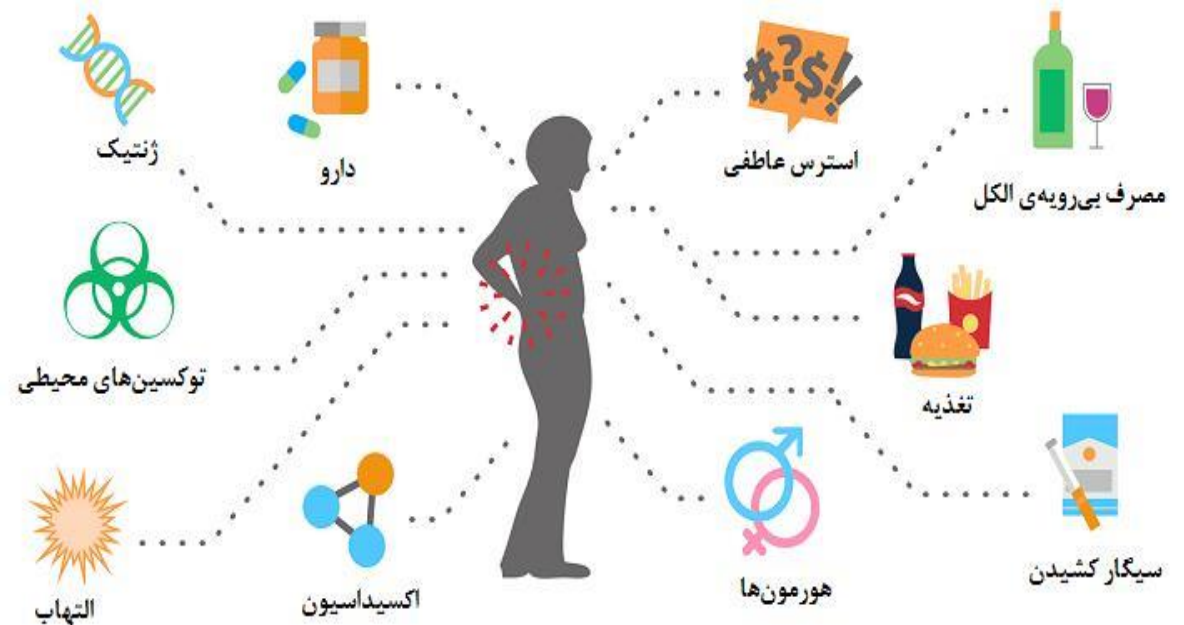


Normal Spongy Bone

Spongy Bone in Osteoporosis

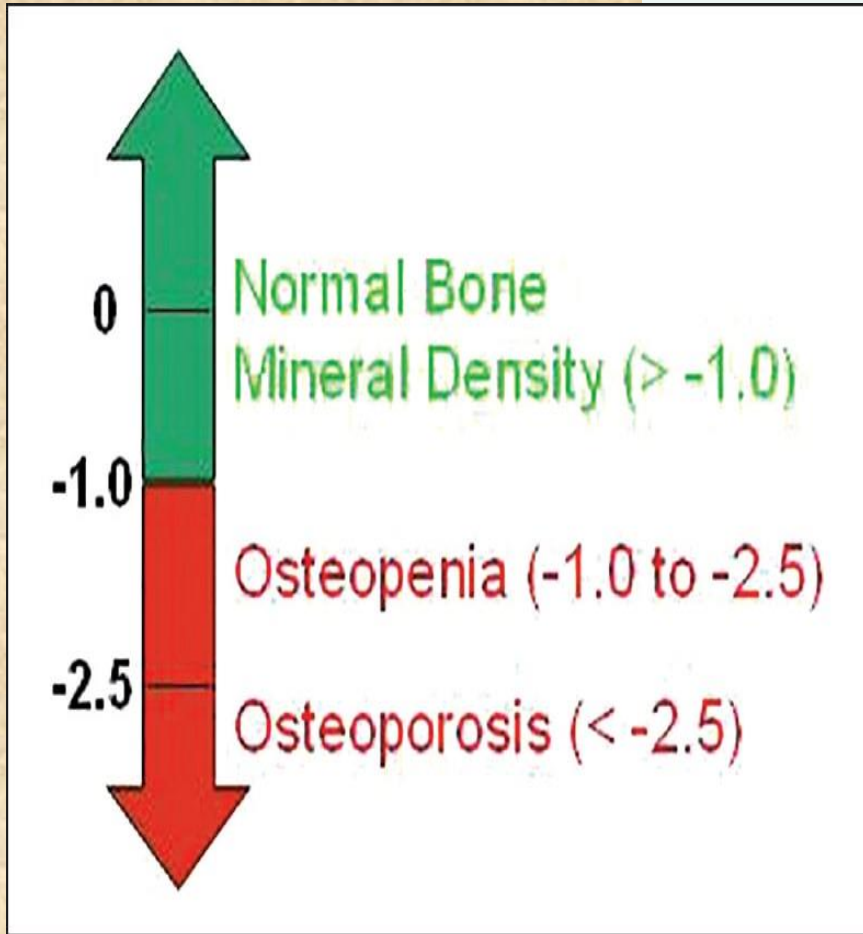
دکتر رضا معتمدی

تراکم توده استخوانی از عوامل مهم استحکام استخوان هاست و کاهش آن باعث پوکی استخوان می شود. در پوکی استخوان، تخریب استخوانی افزایش می یابد. در نتیجه استخوان ها ضعیف و شکننده می شوند (شکل ۵). کمبود ویتامین D و کلسیم غذا، نوشیدنی های الکلی و دخانیات با جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان ها، باعث بروز پوکی استخوان در مردان و زنان می شوند. اختلال در ترشح بعضی هورمون ها و مصرف نوشابه های گازدار نیز در کاهش تراکم استخوان نقش دارند.





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 می دهد.



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

طرح پرسش از اعداد جدول در همه آزمون ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

- ۱- منحنی تغییر تراکم توده استخوانی را در دو جنس رسم کنید.
- ۲- در کدام جنس تراکم استخوان بالاتر است؟
- ۳- بین سنین ۲۰ تا ۵۰ سالگی شدت تغییرات تراکم استخوان در مردان بیشتر است یا زنان؟

# سنجش تراکم استخوان یا دانسیتومتری استخوان



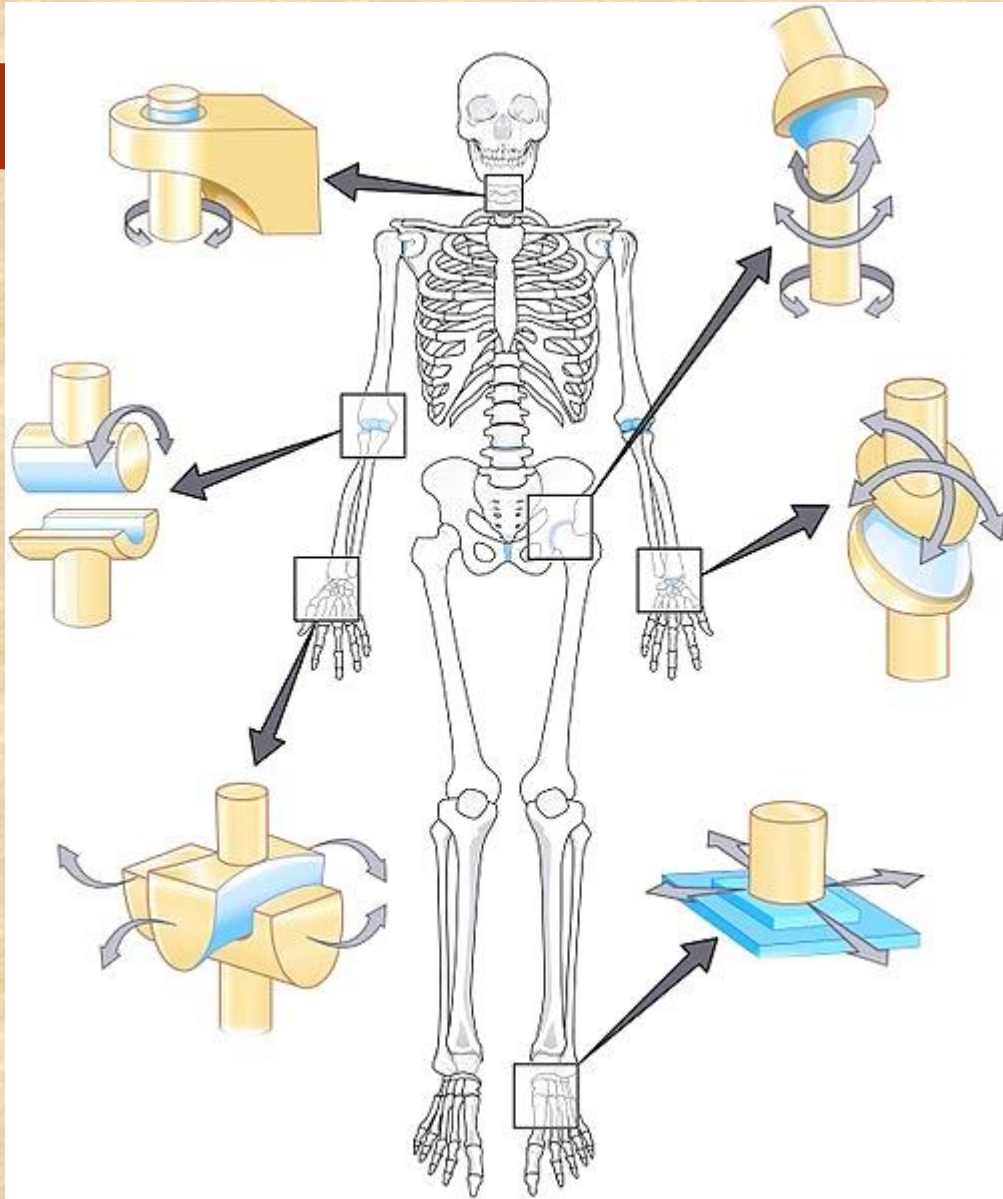


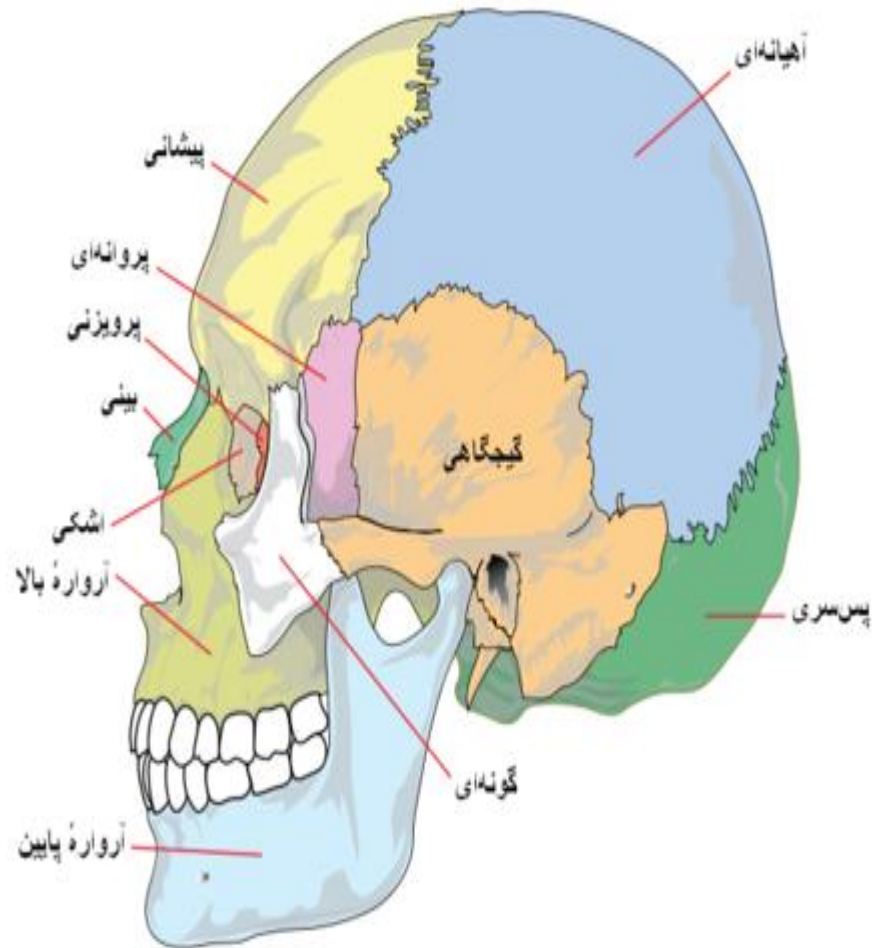
## مفصل

مفصل محل اتصال استخوان ها با هم است. در بعضی مفصل ها، استخوان ها حرکت نمی کنند. نمونه آن مفصل ثابت در استخوان های جمجمه است. جمجمه از چندین استخوان تشکیل شده است که در محل مفصل های ثابت لبه های دندانه دار آنها در هم فرورفته و محکم شده اند (شکل ۶).

### انواع مفصل متحرک

۱. **مفصل لولایی:** آرنج و زانو وجود دارد و حرکات آن به صورت کشش، برآمدگی و فرورفتگی است.
۲. **مفصل محوری** در قسمت بالایی ستون فقرات وجود دارد و موجب حرکات گردن می شود. این حرکات به صورت چرخش یک استخوان حول دیگری است.
۳. **مفصل گوی و کاسه** در شانه و لگن وجود دارد. سر یک استخوان به شکل یک کره و دیگری به شکل کاسه است. این مفصل در همه جهات حرکت می کند.
۴. **مفصل زینی شکل** در استخوان های بین انگشت شست و میخ وجود دارد که در هم فرو می روند.
۵. **مفصل لقمه ای** در قسمت میخ دست وجود دارد. این مفصل به شکل بیضی و تخم مرغی شکل است و در حفره استخوان که به همین شکل است می چرخد.
۶. **مفصل لغزنده** در استخوانچه های میخ دست وجود دارد. در این محل استخوان ها به وسیله رباط های قوی به هم وصل شده اند و حرکت کمی دارند از این رو حرکت این مفصل به صورت لغزشی است.





مفصل رشته‌ای (غیر متحرک)



مفصل غضروفی (نیمه متحرک)



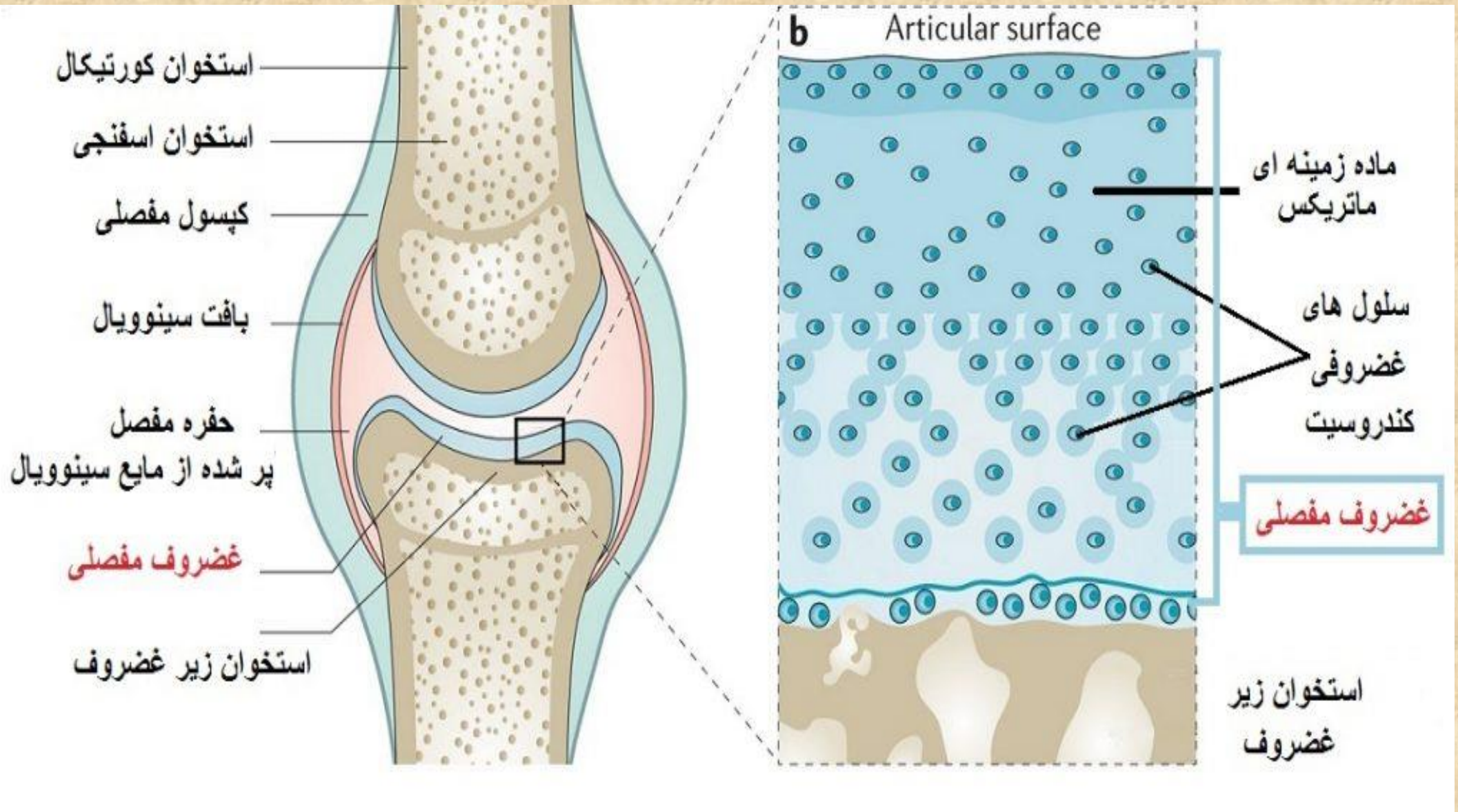
مفصل متحرک





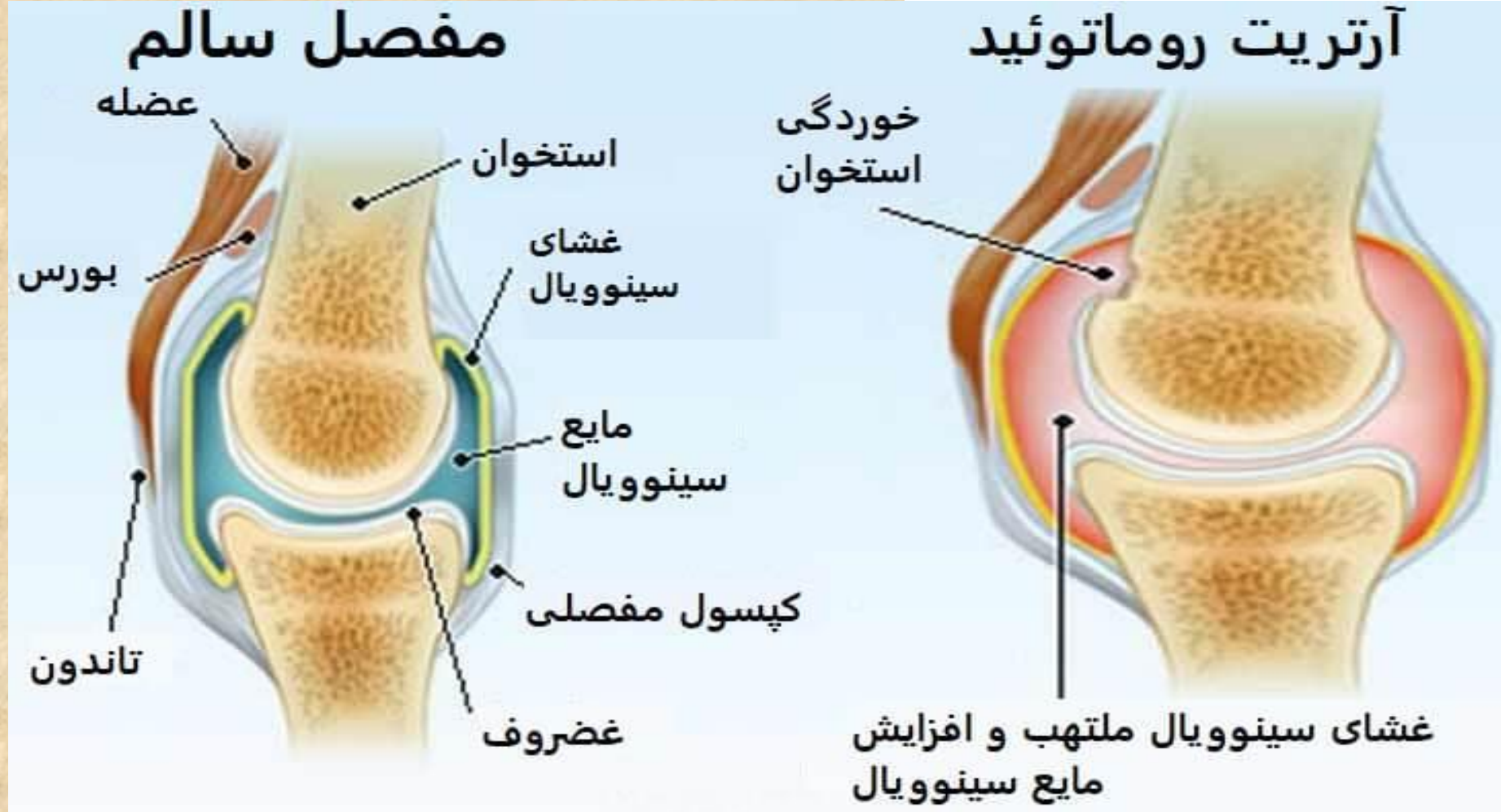
در بیشتر مفصل‌ها، استخوان‌ها قابلیت حرکت دارند. سر استخوان‌ها در محل این مفصل‌ها توسط بافت غضروفی پوشیده شده است. نمونه آن مفصل‌های زانو، انگشتان و لگن است. استخوان‌ها در محل این نمونه‌ها توسط یک کپسول از جنس بافت پیوندی رشته‌ای احاطه شده‌اند که پر از مایع مفصلی لغزنده است. مایع مفصلی و سطح صیقلی غضروف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

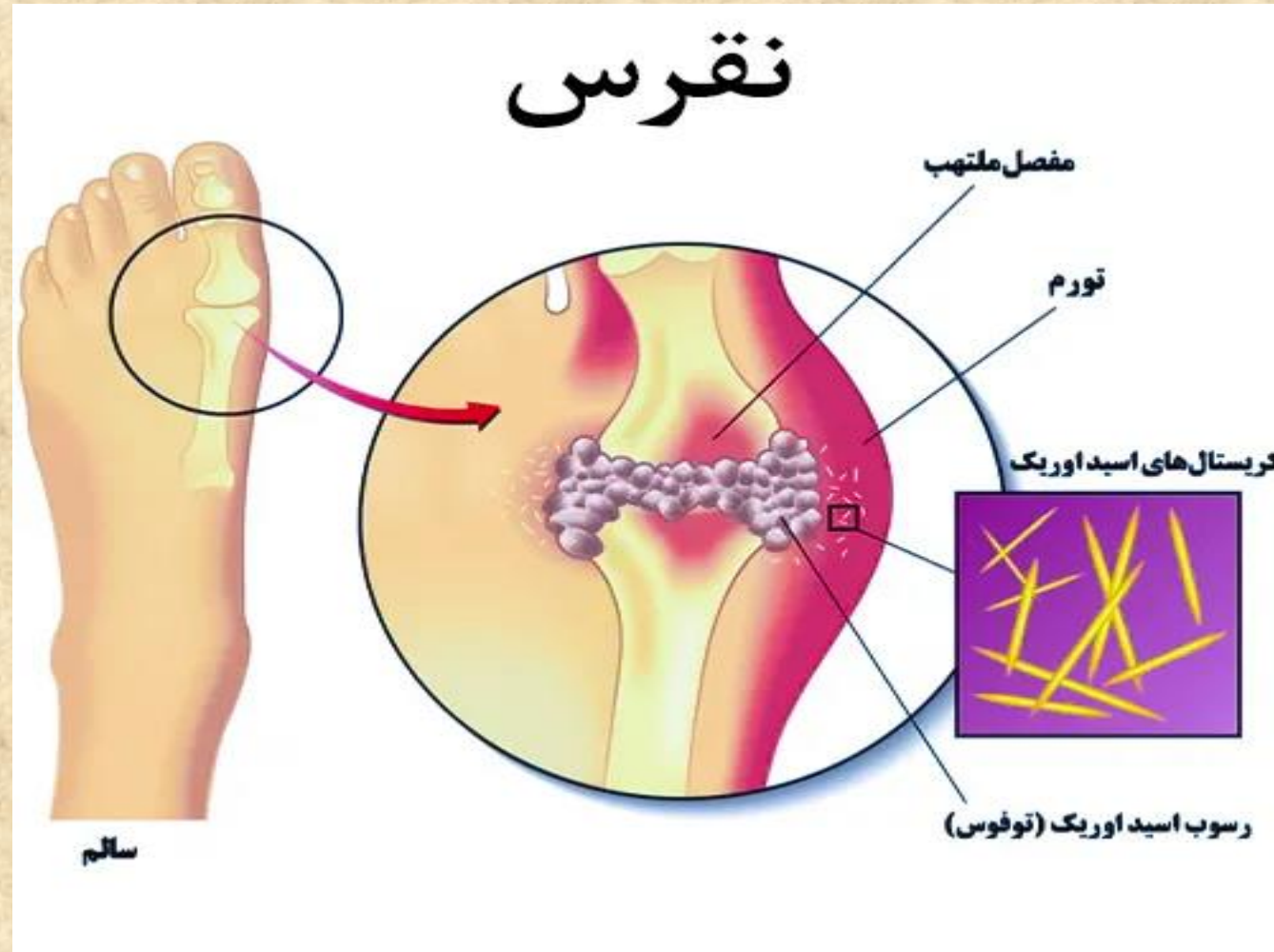
علاوه بر کپسول مفصلی، رباط‌ها و زردپی‌ها هم به کنار یکدیگر ماندن استخوان‌ها کمک می‌کنند. رباط، بافت پیوندی رشته‌ای محکمی است که استخوان‌ها را به هم متصل می‌کند. بعضی انواع مفصل‌های متحرک را در شکل ۸ مشاهده می‌کنید. با توجه به شکل نحوه حرکت هر نوع مفصل را مقایسه کنید.



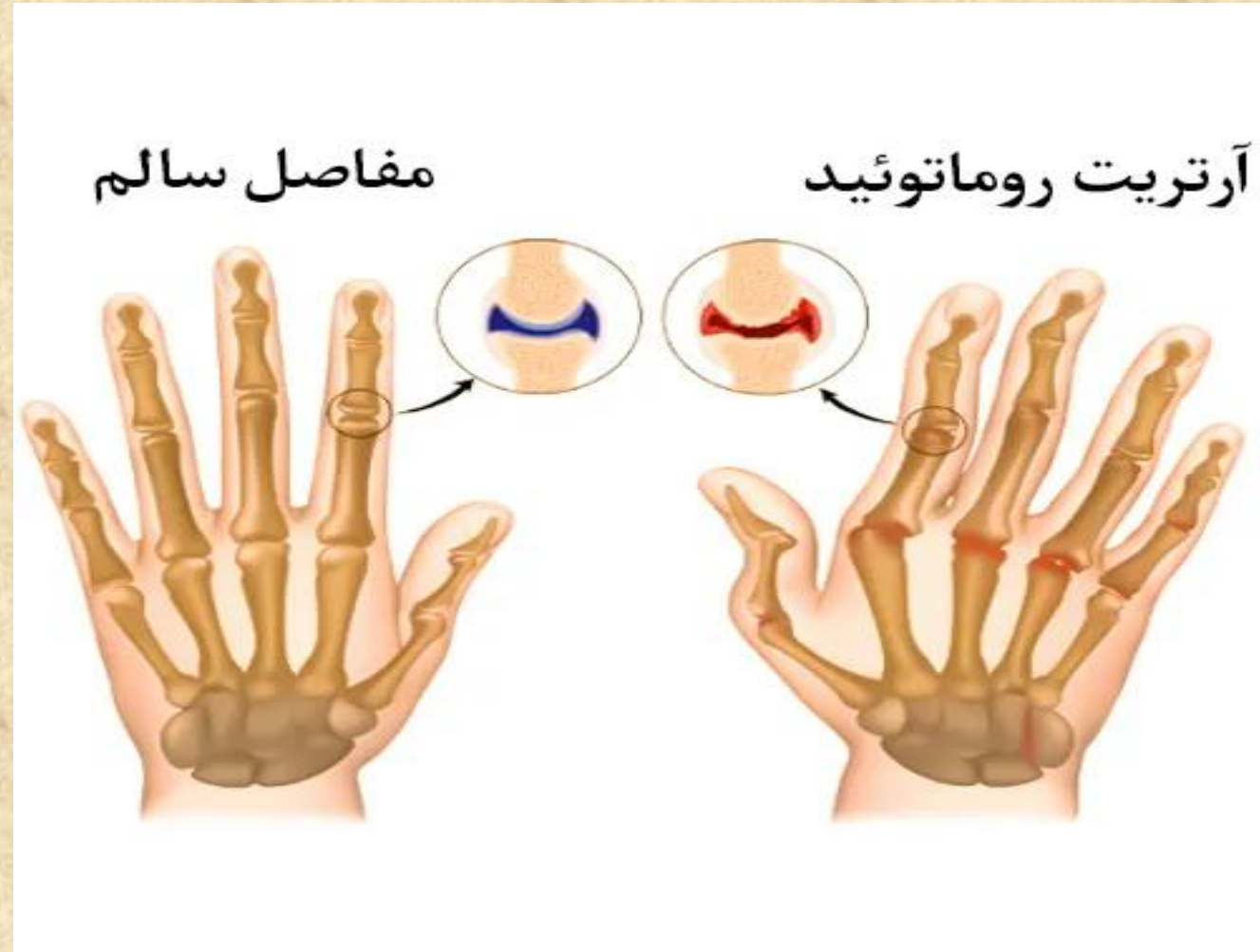


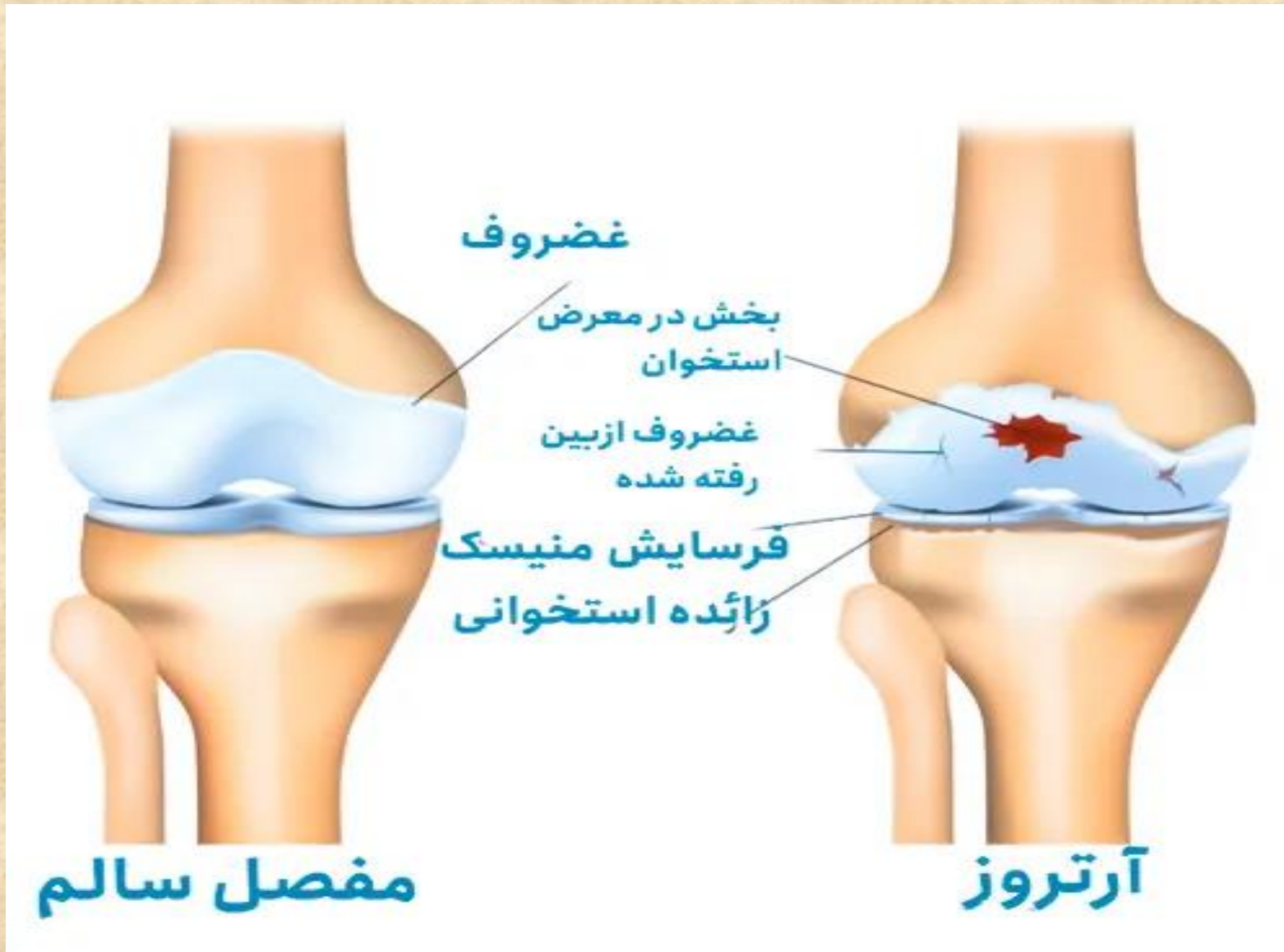
بخش صیقلی غضروفها در اثر کارکرد زیاد، ضربات، آسیبها و بعضی بیماریها تخریب می شود، ولی بدن دوباره آن را ترمیم می کند. اگر سرعت تخریب بیش از ترمیم باشد، می تواند باعث بیماری های مفصلی شود.





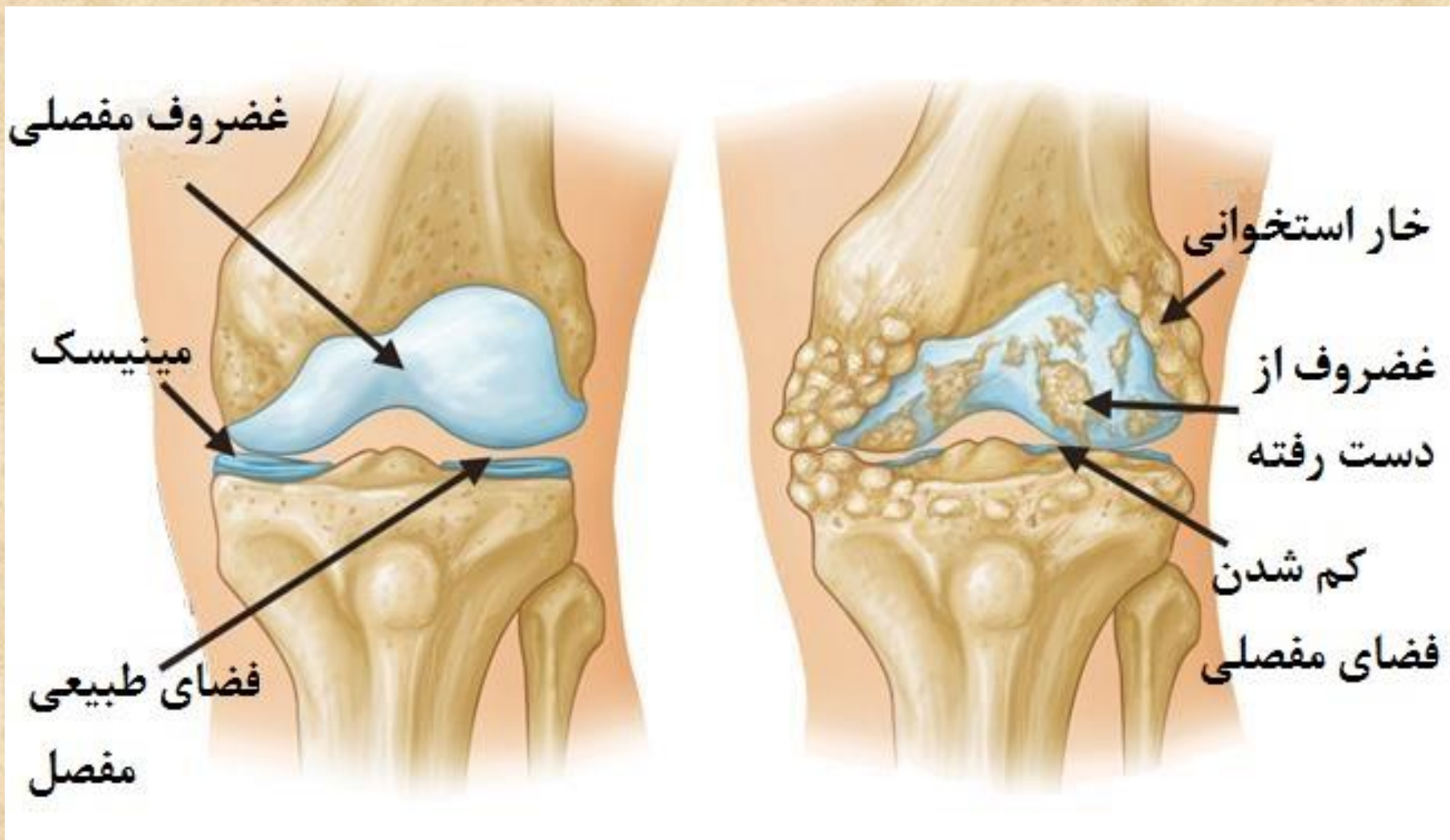








رماتیسم مفصلی یا آرتریت روماتوئید یک بیماری خودایمنی است. در بیماری‌های خودایمنی، سیستم ایمنی به بافت‌های خود حمله می‌کند. بیماری روماتیسم مفصلی موجب التهاب، درد و تورم مفاصل بدن می‌شود.



## مفصل طبیعی



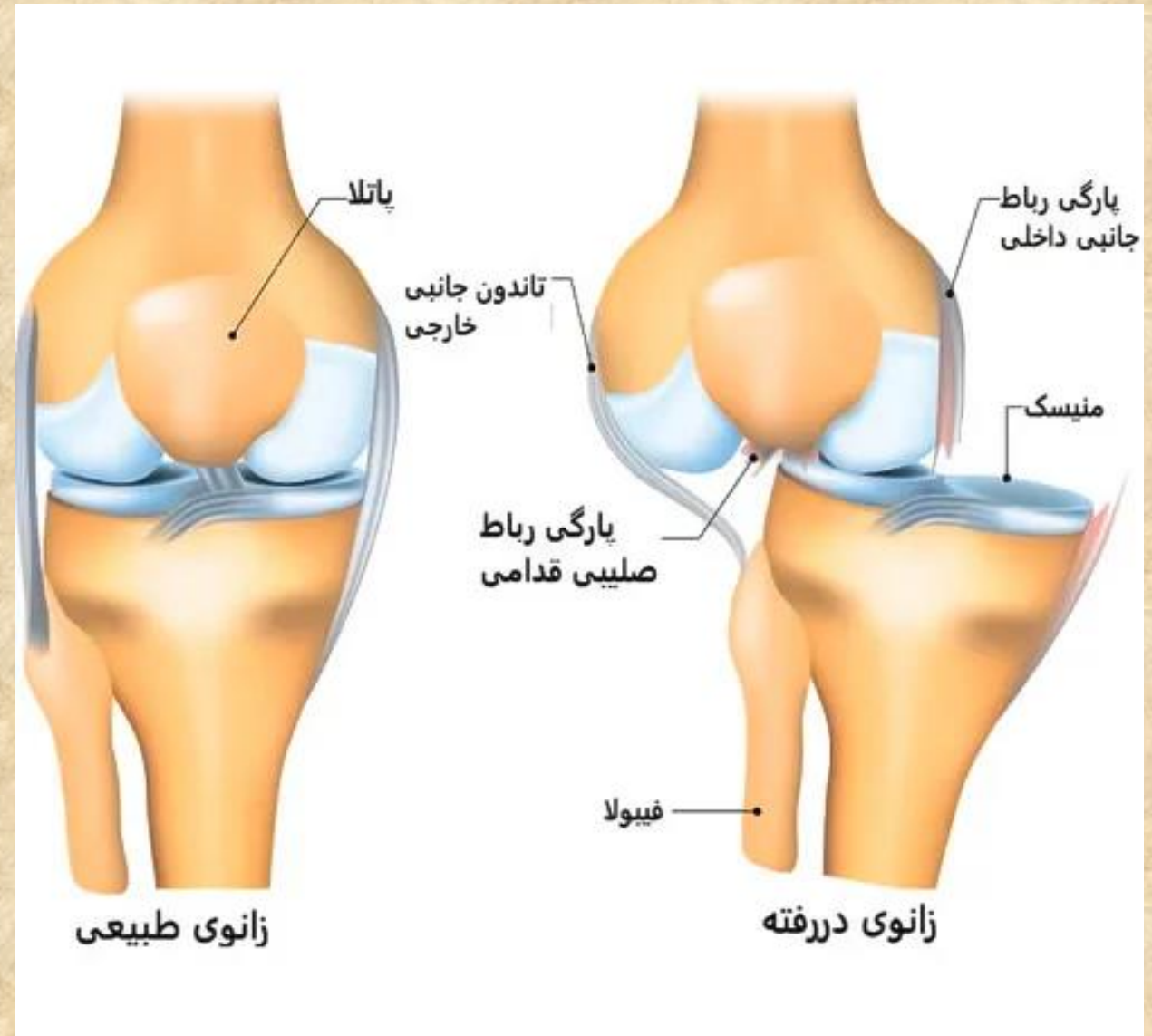
## استئوآرتريت

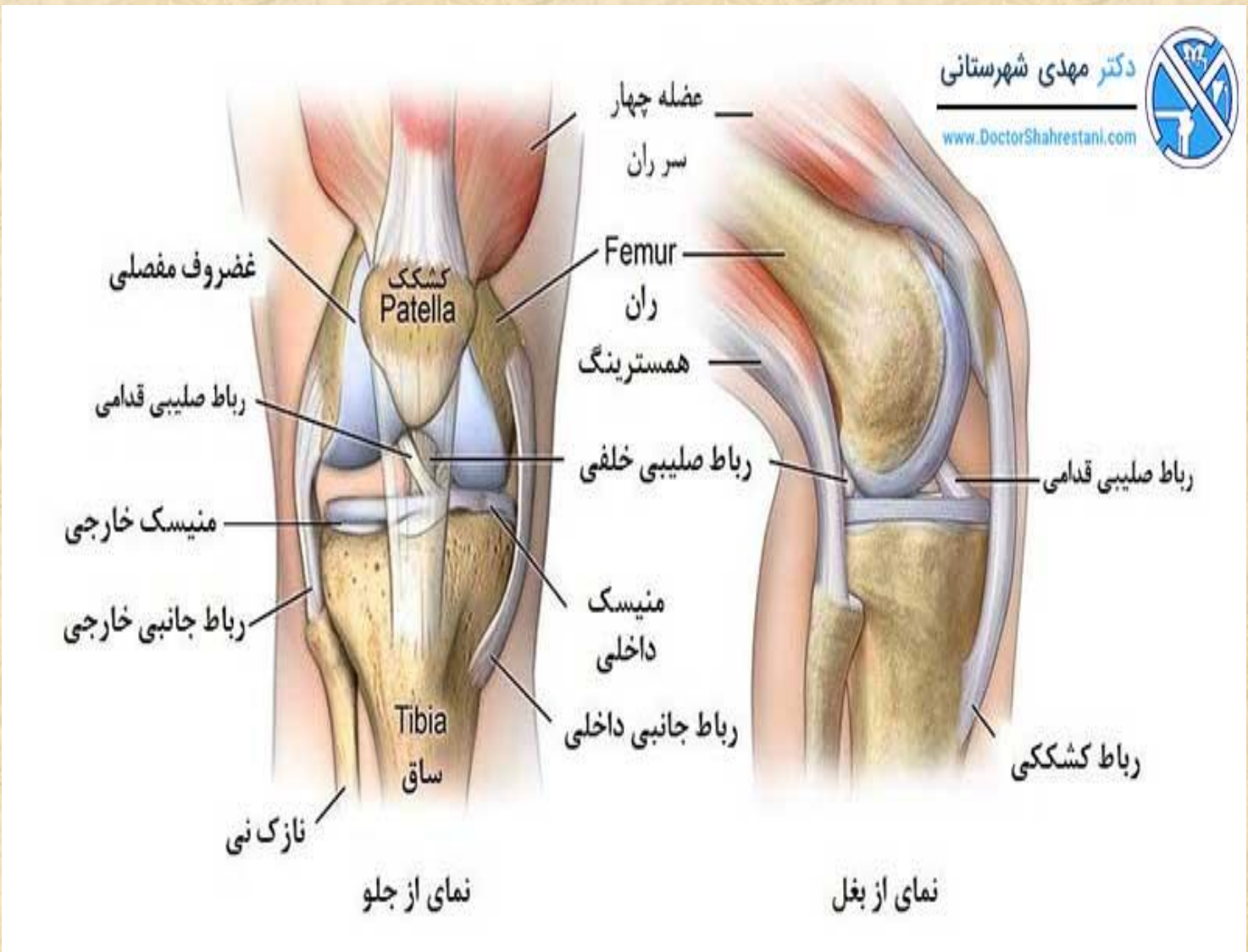
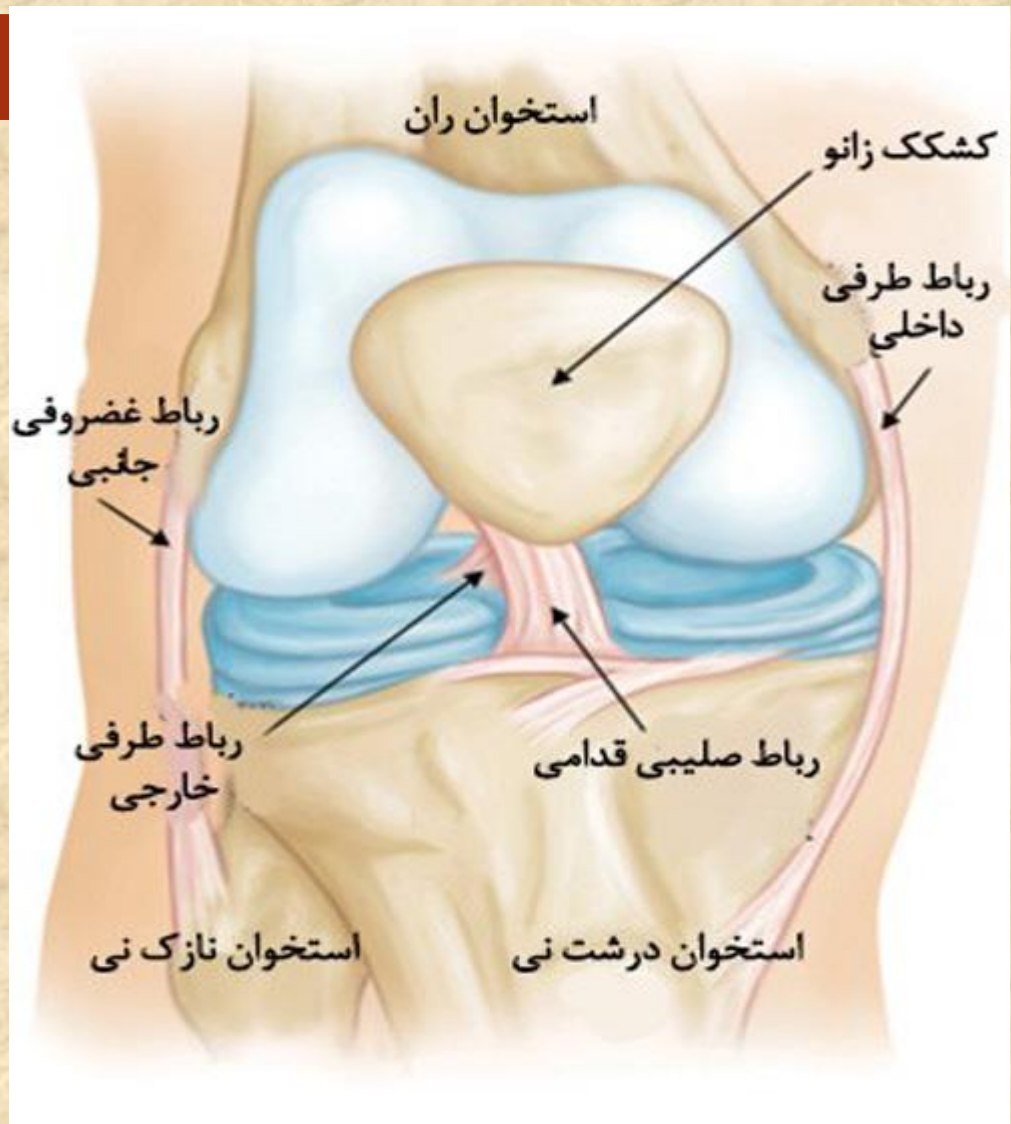


## آرتريت روماتوئيد

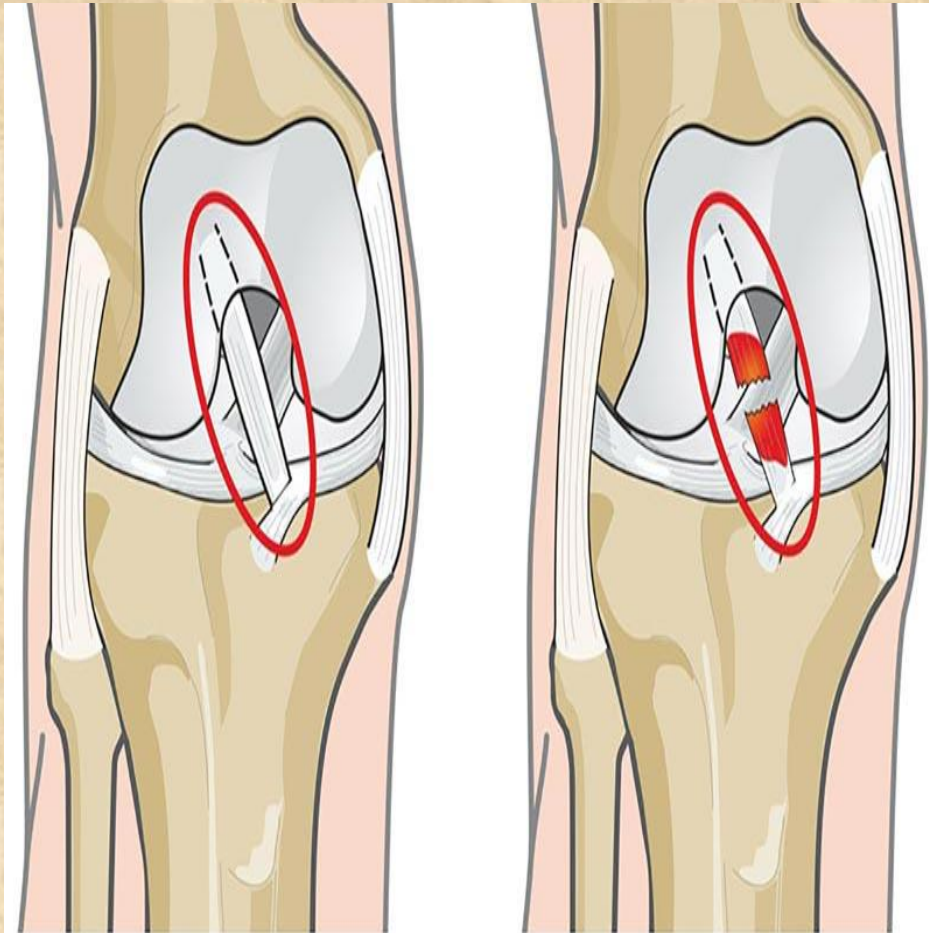












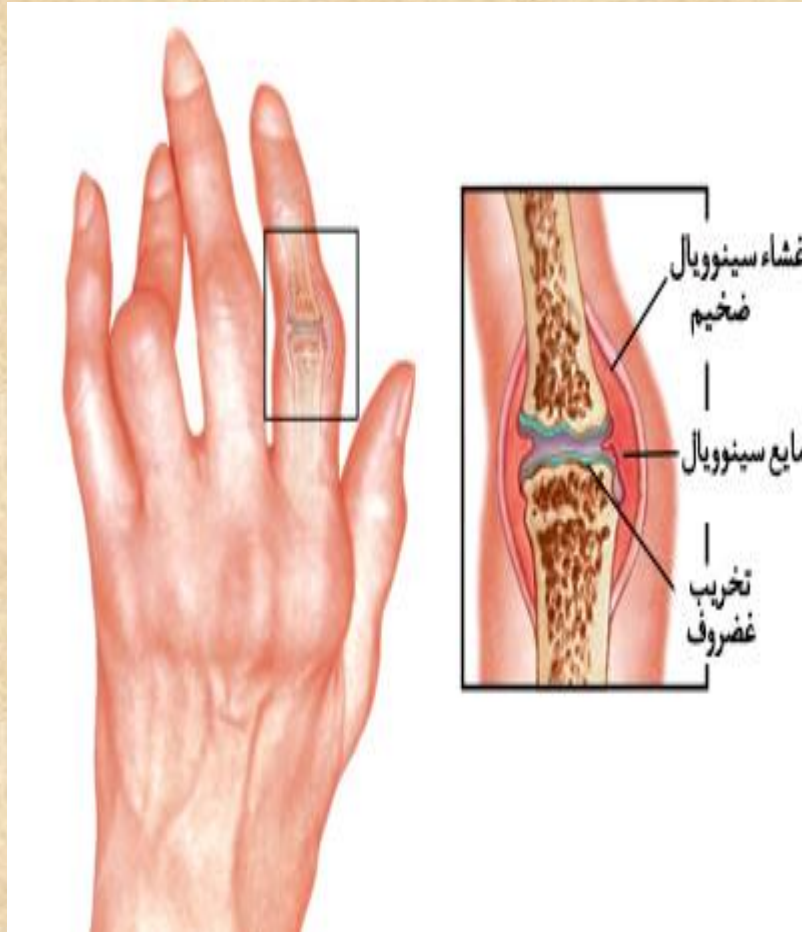
پارگی رباط صلیبی یکی از موارد شایع آسیب دیدگی در ورزشکاران است. این رباط که به دلیل شکل ظاهر آن به این نام خوانده می‌شود سبب ننگه داشتن استخوان ران در مقابل استخوان درشتنی می‌شود. ممکن است فرد با پارگی رباط صلیبی سال‌ها بدون مشکل زندگی کند. تغییر ناگهانی وضعیت تنه روی زانو، ایستادن ناگهانی در حین دویدن،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

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

## شکستگی استخوان در کتاب قانون

ابن سینا همانند بسیاری از دانشمندان مسلمان در دوران شکوفایی تمدن اسلامی، در بسیاری از علوم روزگار خود تبحر داشت. او که موضوع‌های علمی متفاوتی نوشته است، به فلسفه و پزشکی علاقه ویژه‌ای داشت؛ به طوری که دو اثر مهم او یعنی *شفا* در فلسفه و *قانون* در طب همچنان مورد رجوع و استفاده هستند. *قانون* شامل پنج کتاب و با موضوع‌های متفاوتی درباره پزشکی، بیماری‌ها و درمان آنها است. ابن سینا در یکی از این کتاب‌ها به توصیف انواع شکستگی‌ها و راه‌های درمان آن پرداخته است. ابن سینا می‌دانسته اگر شکستگی در محل مفصل باشد، ممکن است حرکت آن پس از بهبود شکستگی، محدود شود. امروزه برای رفع محدودیت حرکتی در چنین شکستگی‌هایی فیزیوتراپی توصیه می‌شود. توصیه و تأکید ابن سینا مبنی بر تأخیر چند روزه در آتل‌بندی شکستگی، امروزه به تأخیر در آتل‌بندی معروف است؛ گرچه به نام او ثبت نشده است.

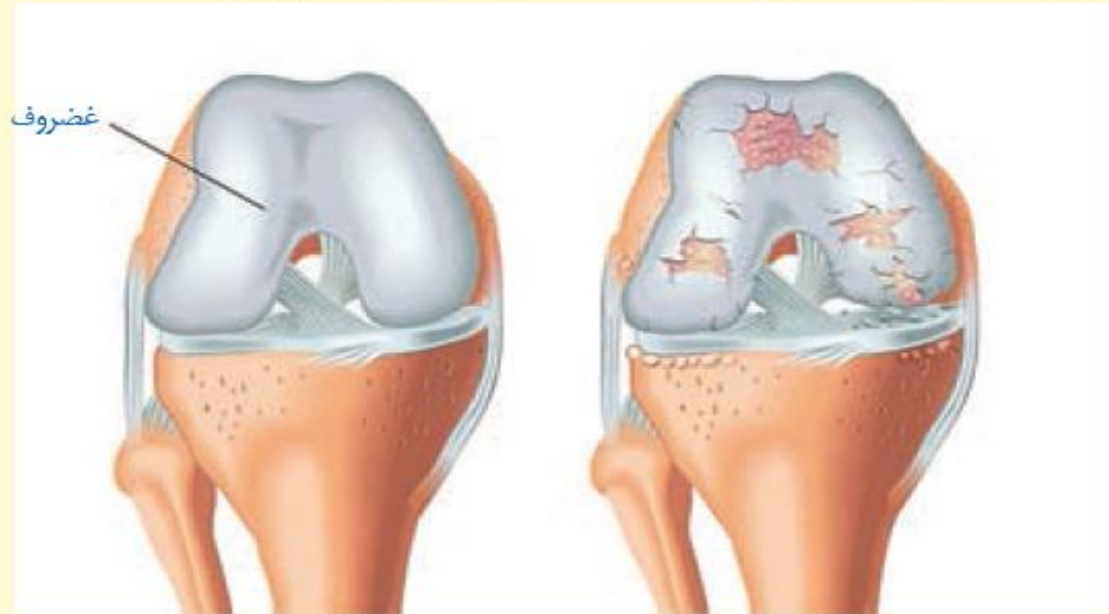




دکتر رضا مقدسی

## روماتیسم مفصلی

روماتیسم مفصلی بیماری ای است که در آن پرده سازنده مایع مفصلی در زیر کپسول 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، غضروفها آسیب می بینند. التهاب مفصل معمولاً در اندامهای 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.



تنظیم عصبی

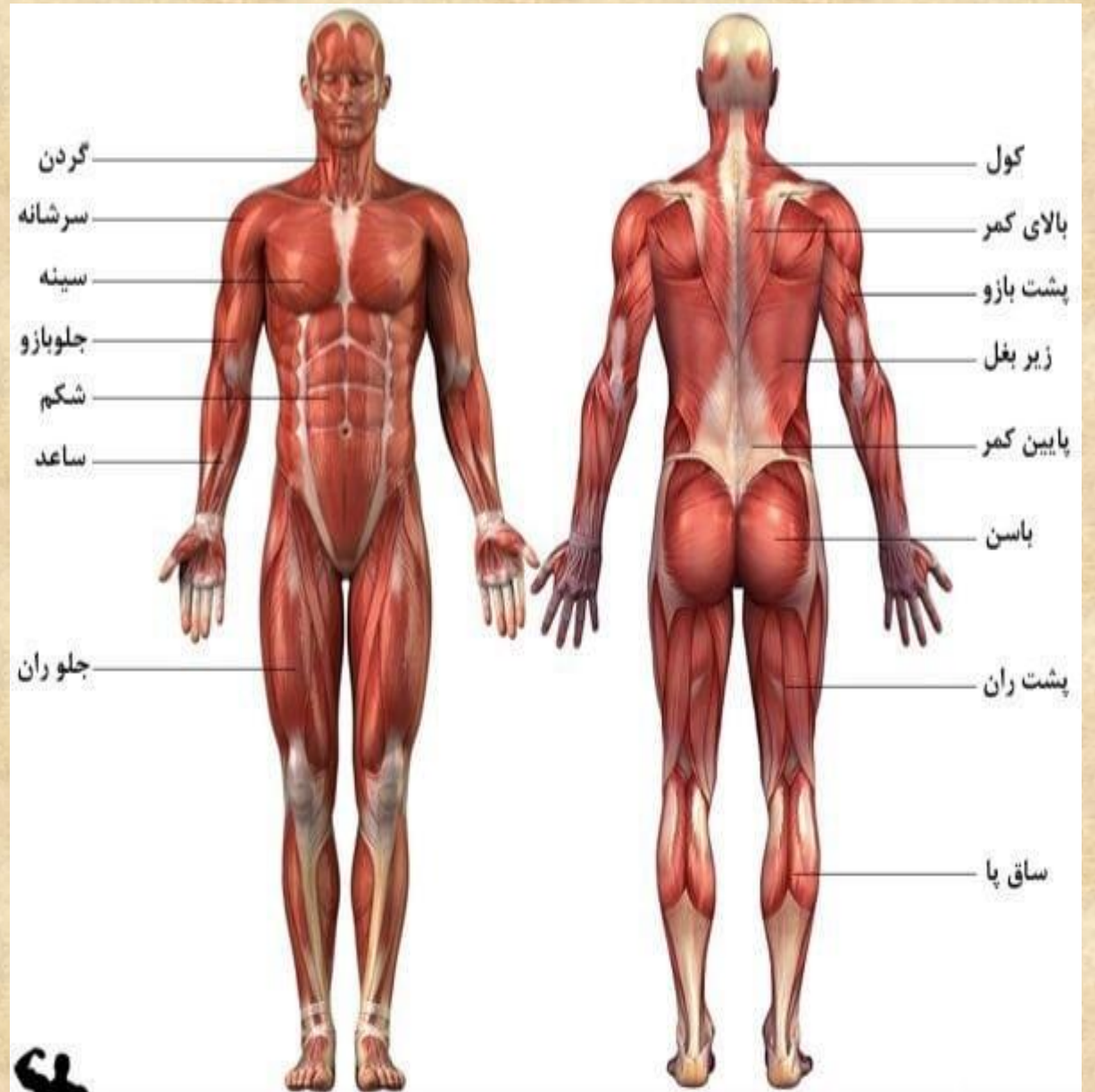
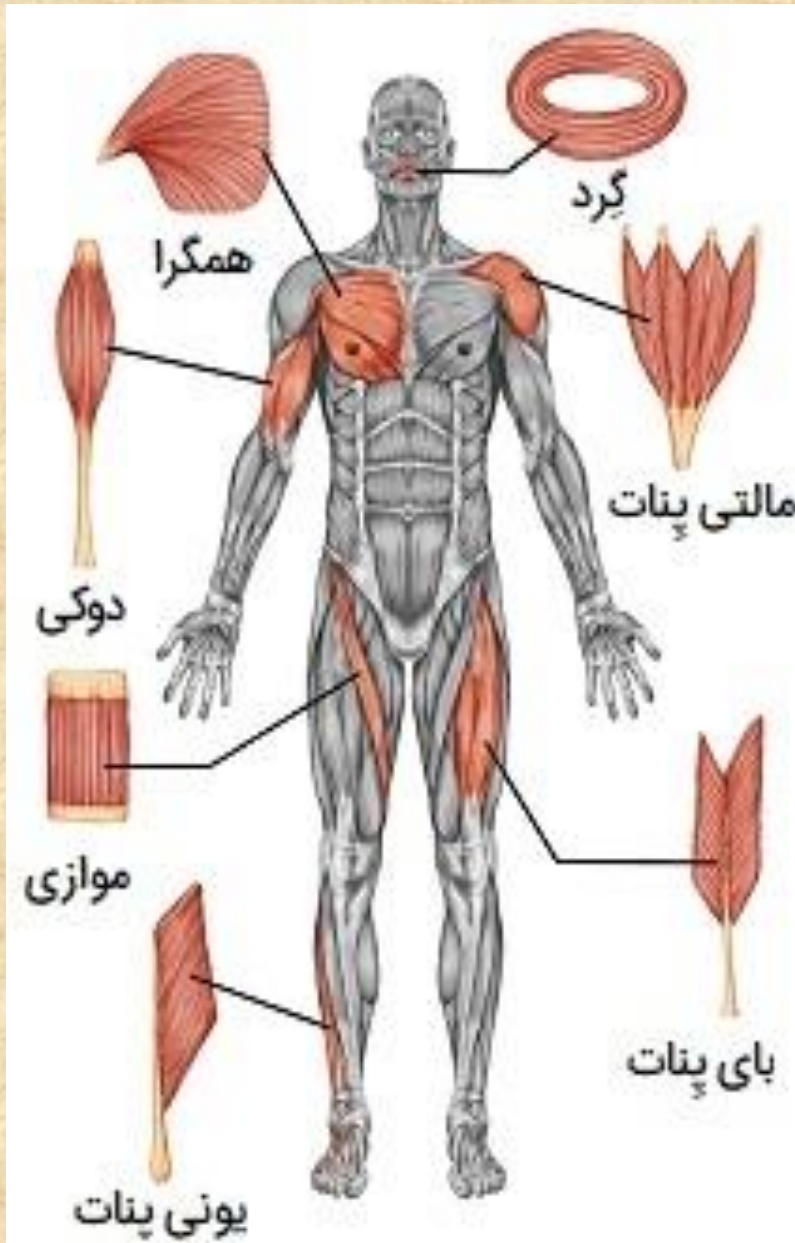


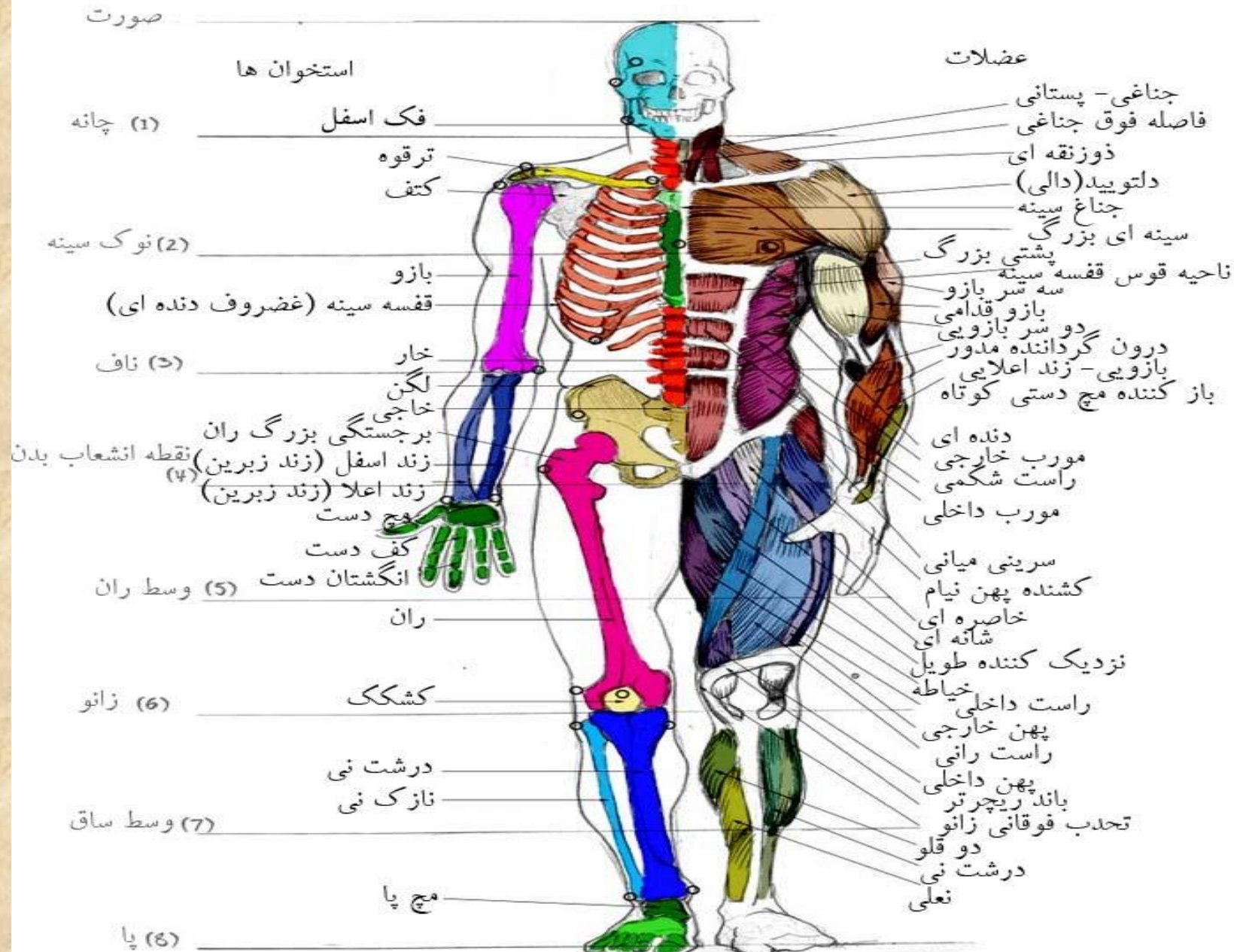


بدن انسان بیش از ۶۰۰ ماهیه اسکلتی دارد که با انقباض خود بسیاری از حرکات بدن را ایجاد می کنند. با این ماهیه ها در سال های قبل آشنا شدید. شکل ۹ بعضی از این ماهیه ها را در بدن انسان نشان می دهد.

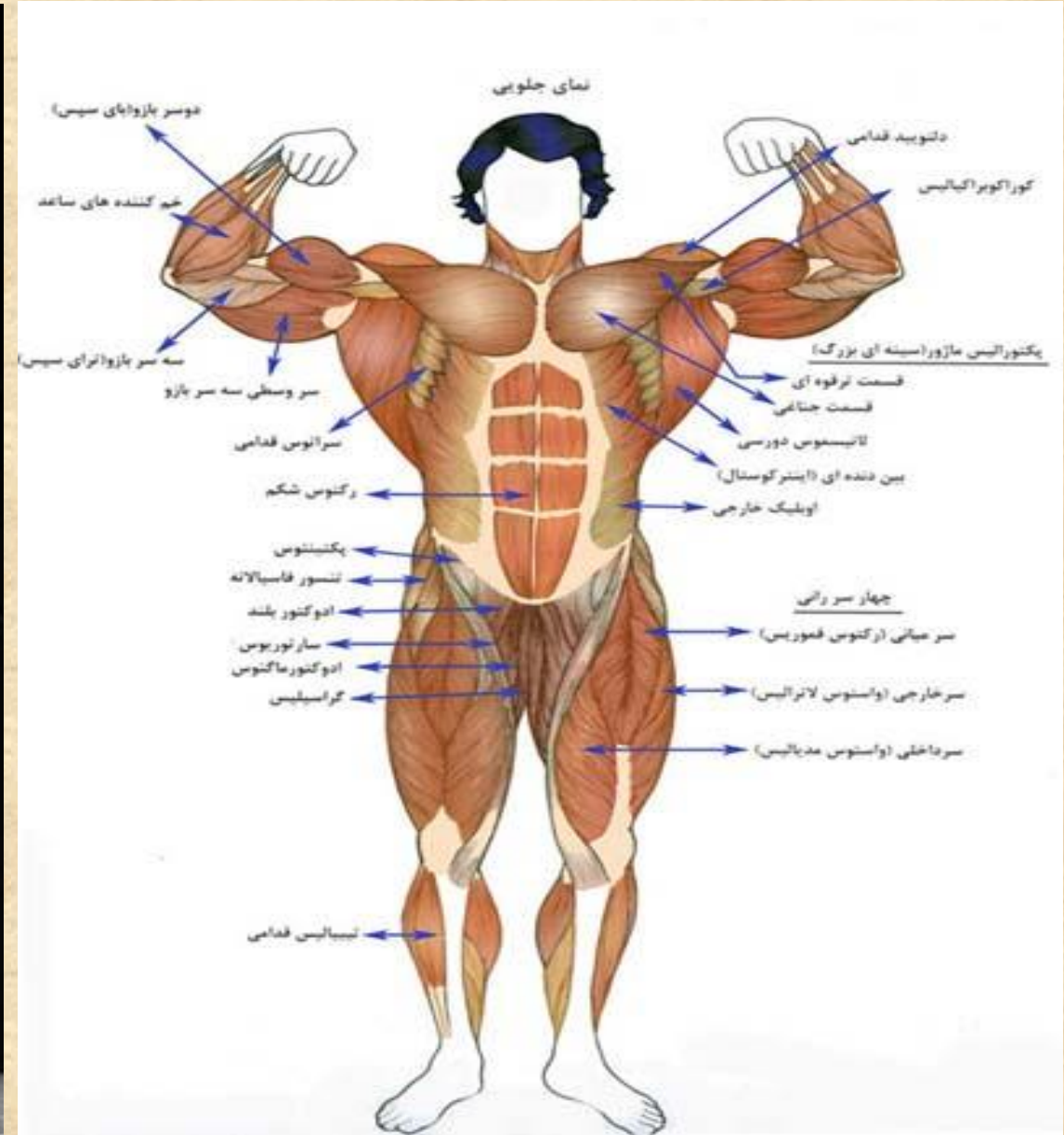












ماهیچه جلوی بازو در حال انقباض و ماهیچه پشت بازو در حال استراحت



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

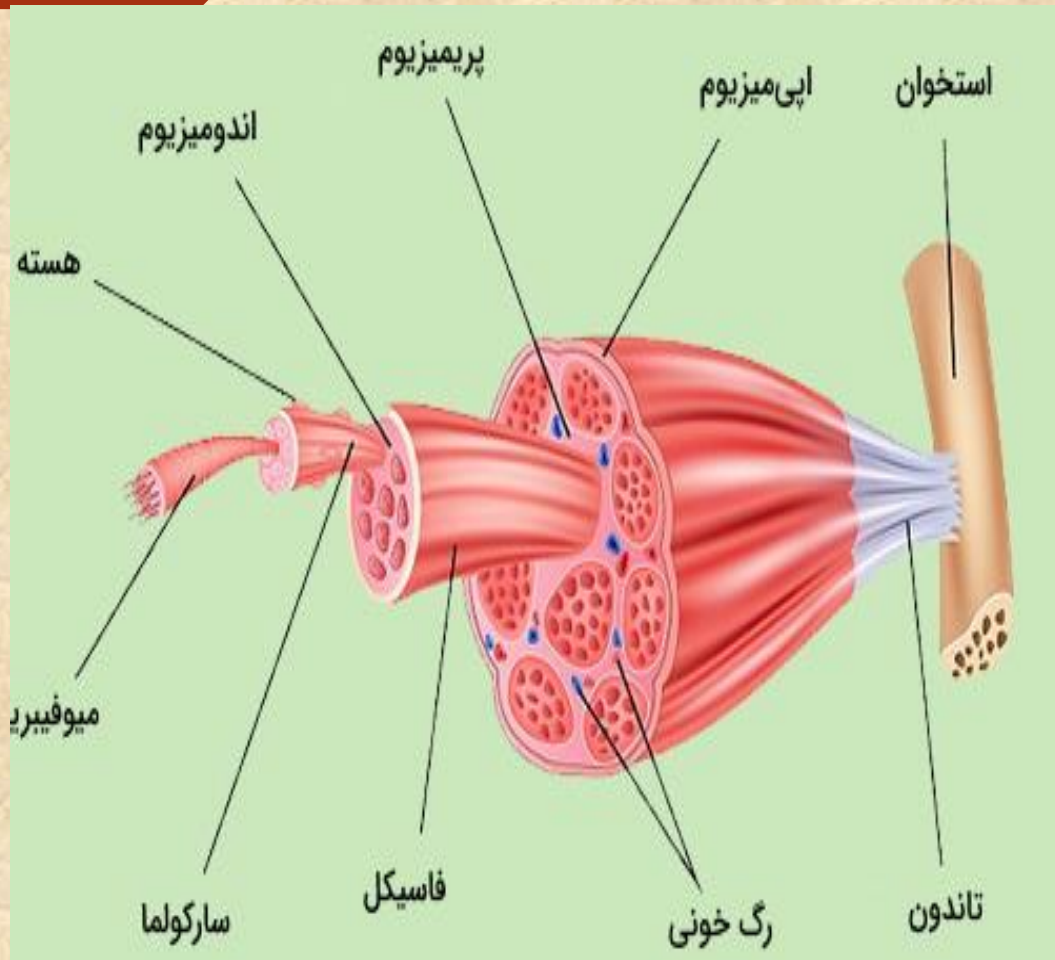


بسیاری از ماهیچه‌ها به صورت جفت باعث حرکات اندام‌ها می‌شوند؛ زیرا ماهیچه‌ها فقط قابلیت انقباض دارند. انقباض هر ماهیچه فقط می‌تواند استخوانی را در جهتی خاص بکشد، ولی آن ماهیچه نمی‌تواند استخوان را به حالت قبل برگرداند، این وظیفه بر عهده ماهیچه متقابل آن است. برای مثال، ماهیچه روی بازو می‌تواند ساعد را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



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

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

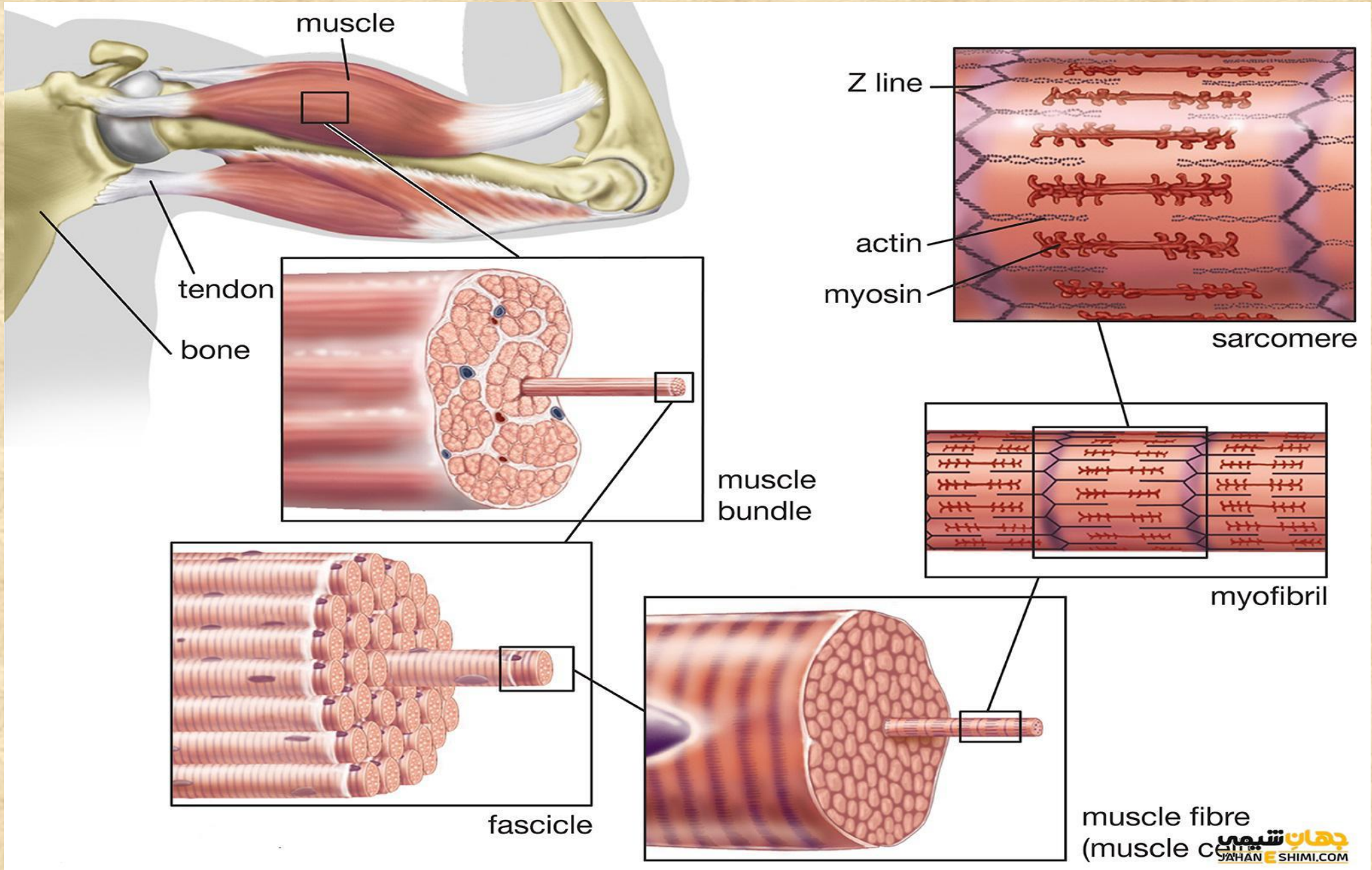


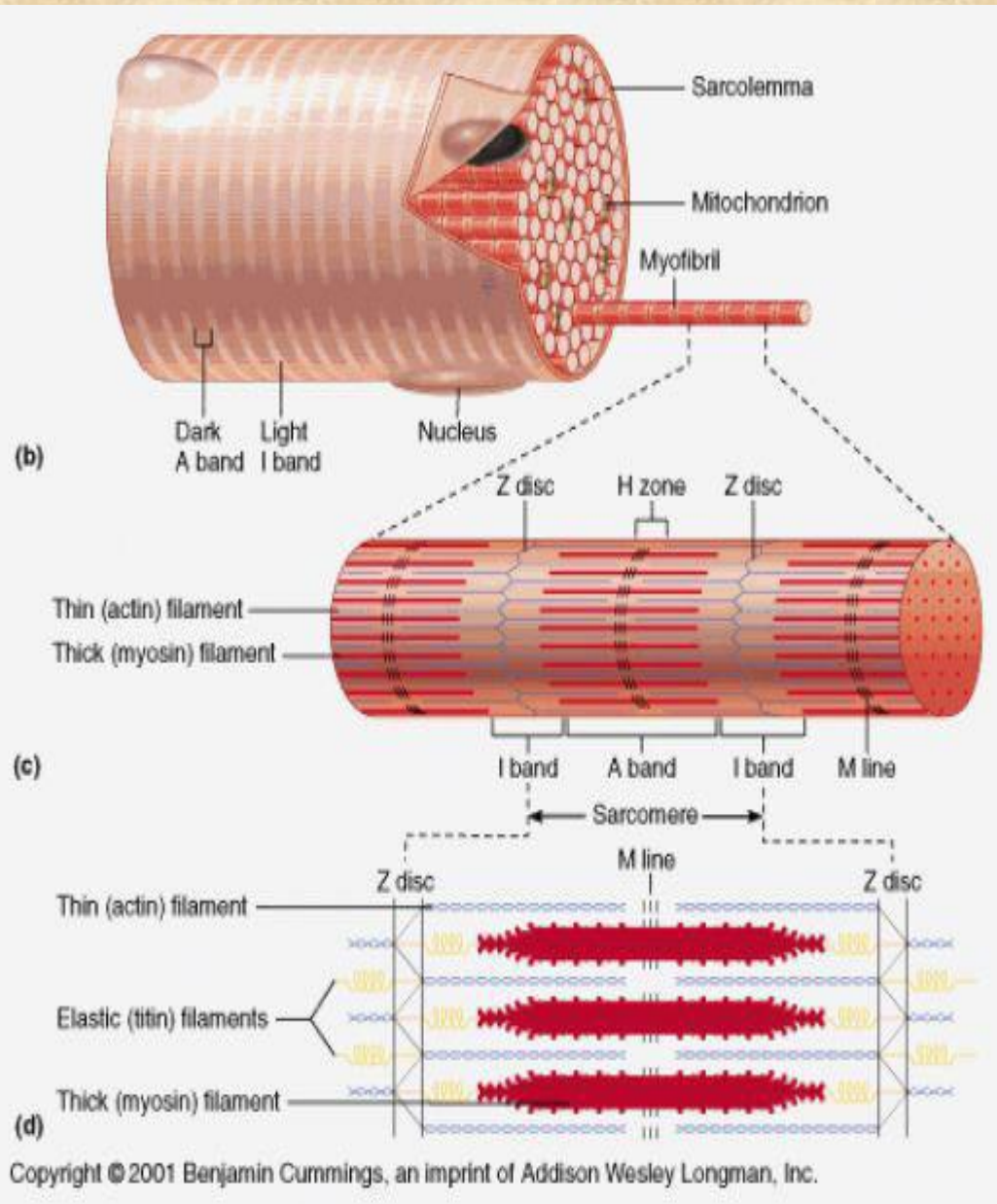
## ساختار ماهیچه اسکلتی

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 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 (شکل ۱۱). 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 سانتی‌متر ماهیچه جلوی بازو، ساعد دست به اندازه زیادی حرکت می‌کند.





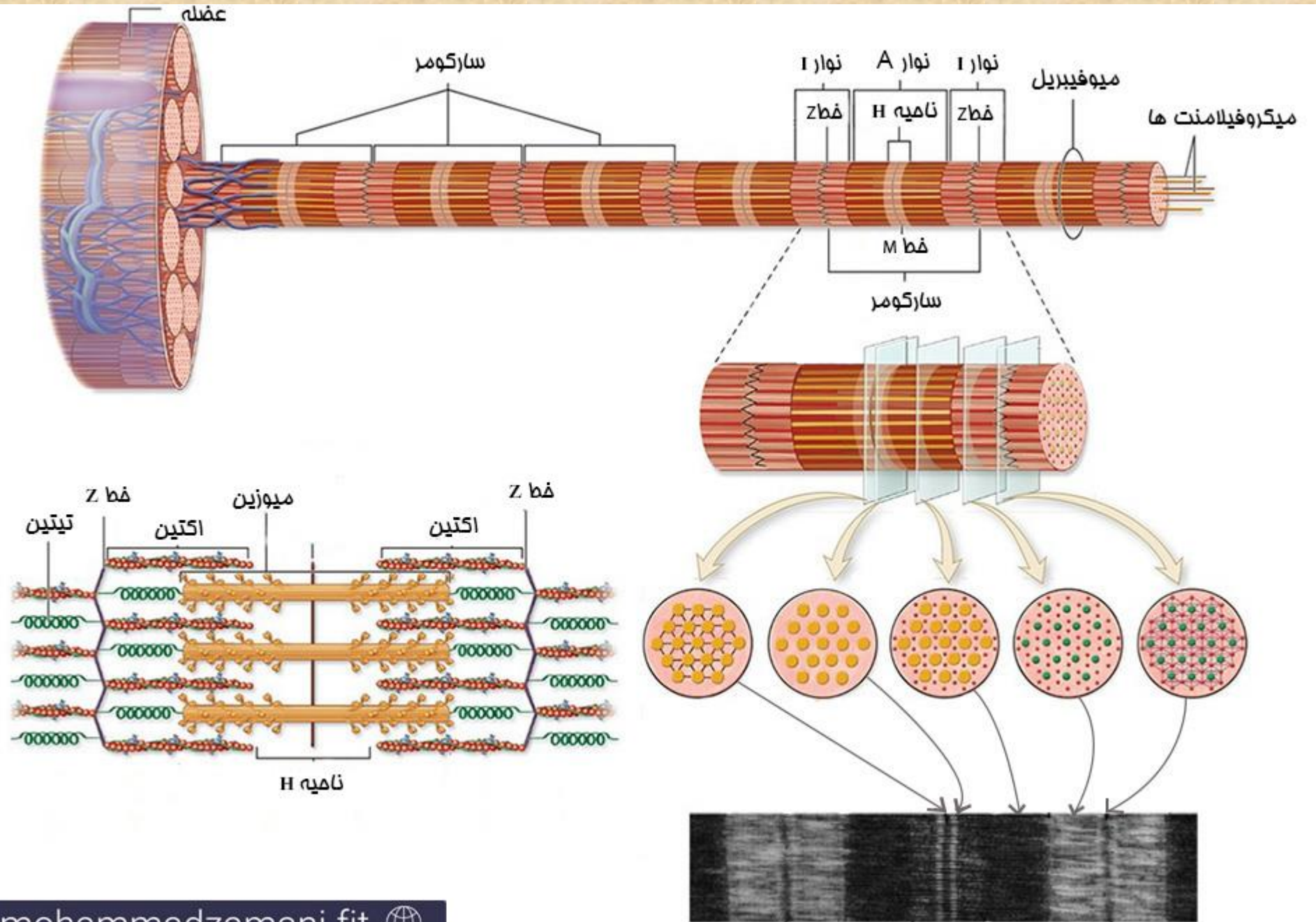


**یاخته (تار) ماهیچه اسکلتی:** در شکل ۱۲، یاخته‌های ماهیچه‌ای مانند استوانه‌ای با چندین

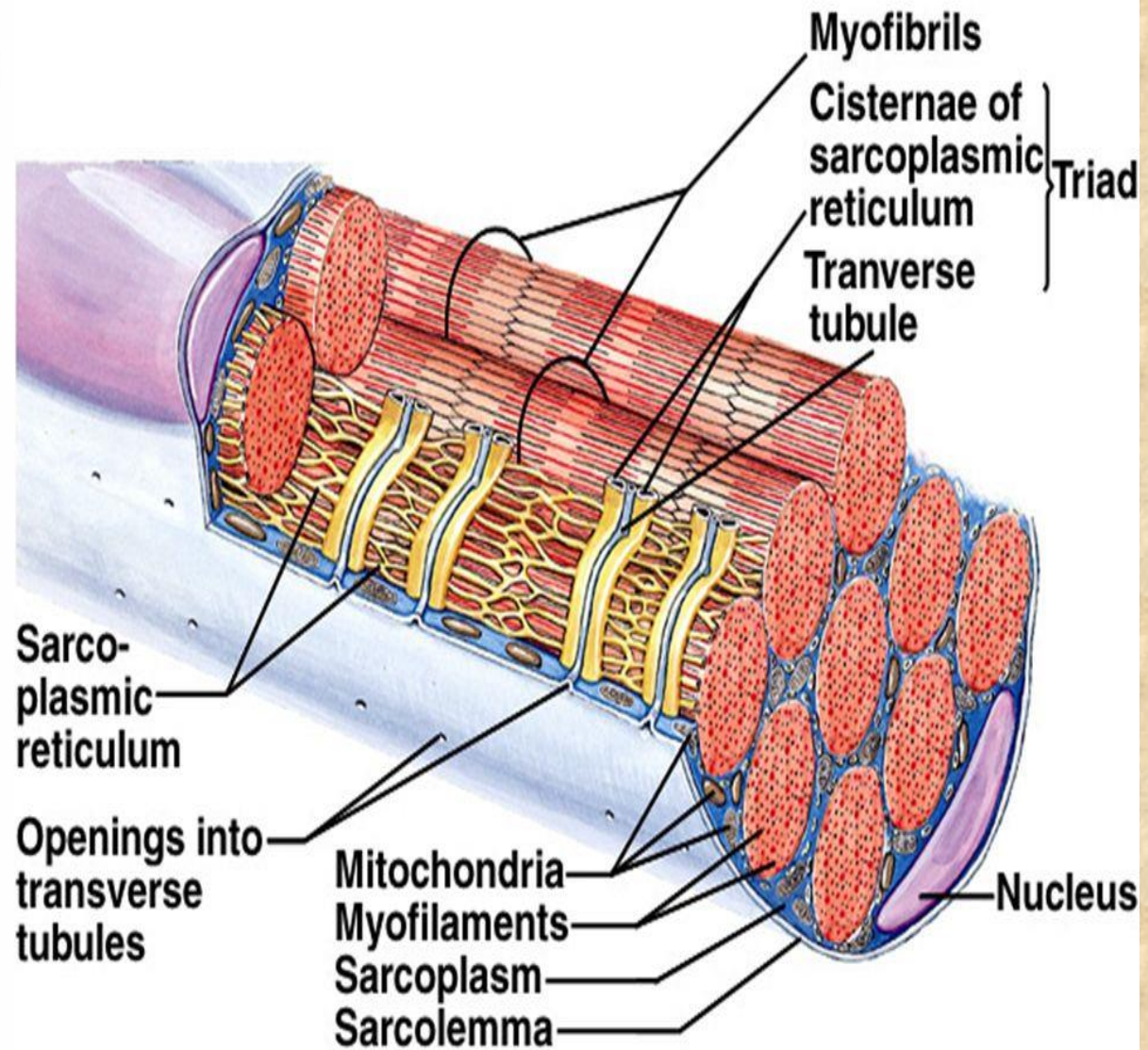
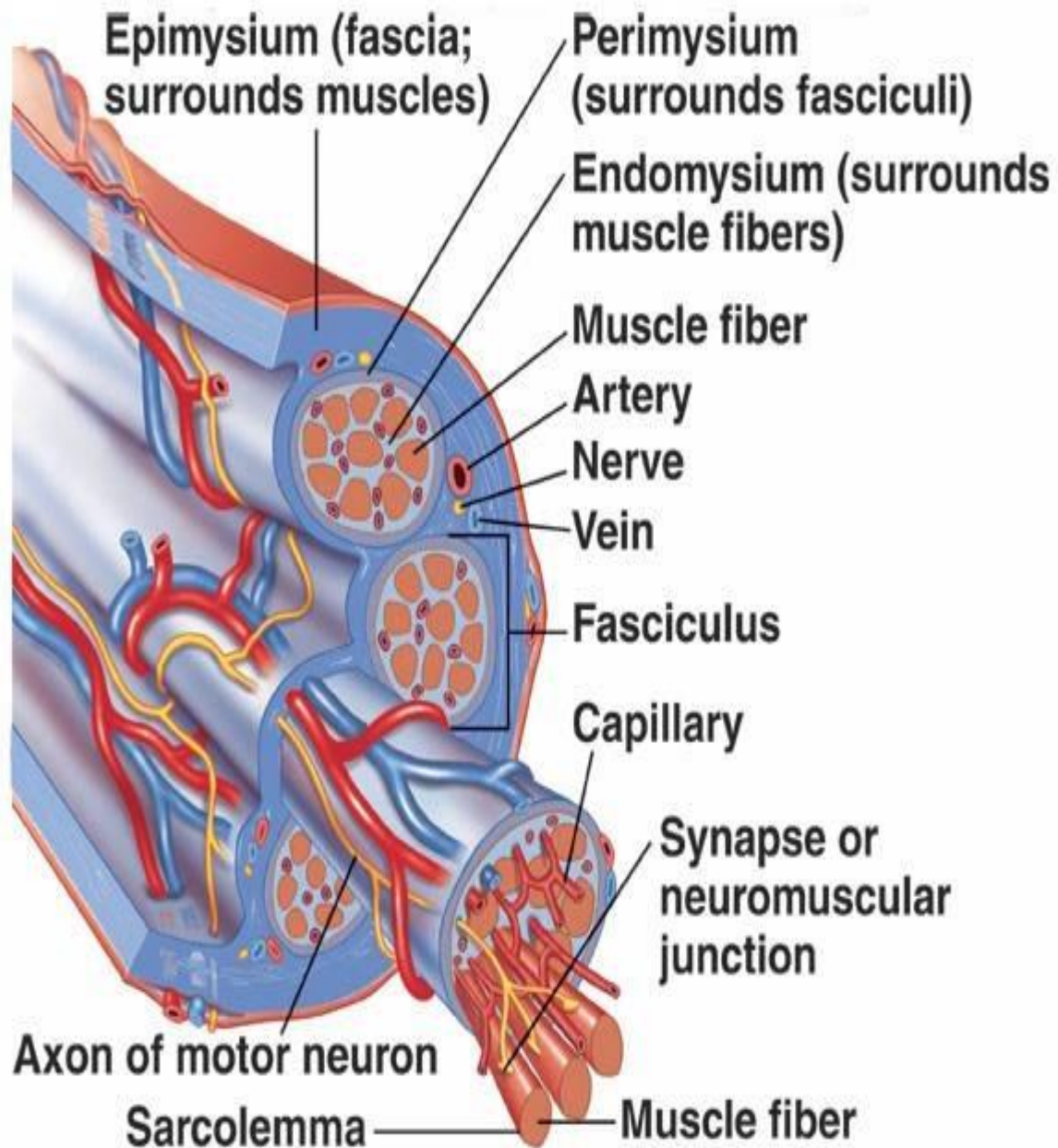
هسته دیده می‌شوند. در واقع هر یاخته از به هم پیوستن چند یاخته در دوره جنینی ایجاد می‌شود و به همین علت چند هسته دارد. درون هر یاخته، تعداد زیادی رشته به نام تارچه ماهیچه‌ای وجود دارد که موازی هم در طول یاخته قرار گرفته‌اند (شکل ۱۲).

تارچه‌ها از واحدهای تکراری به نام سارکومر تشکیل شده‌اند که به تار ماهیچه‌ای ظاهر مخطط (خط خط) می‌دهند. دو انتهای هر سارکومر خطی به نام خط Z دیده می‌شود. آیا با توجه به شکل ۱۲ می‌توانید علت این نام‌گذاری را حدس بزنید؟ ظاهر مخطط این یاخته‌ها به دلیل وجود دو نوع رشته پروتئینی اکتین و میوزین است که با آرایش خاصی در کنار هم قرار گرفته‌اند. رشته‌های اکتین نازک و از یک طرف به خط Z متصل‌اند. این رشته‌ها به درون سارکومر کشیده شده‌اند. رشته‌های میوزین، ضخیم و بین رشته‌های اکتین جاگرفته‌اند. 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؟

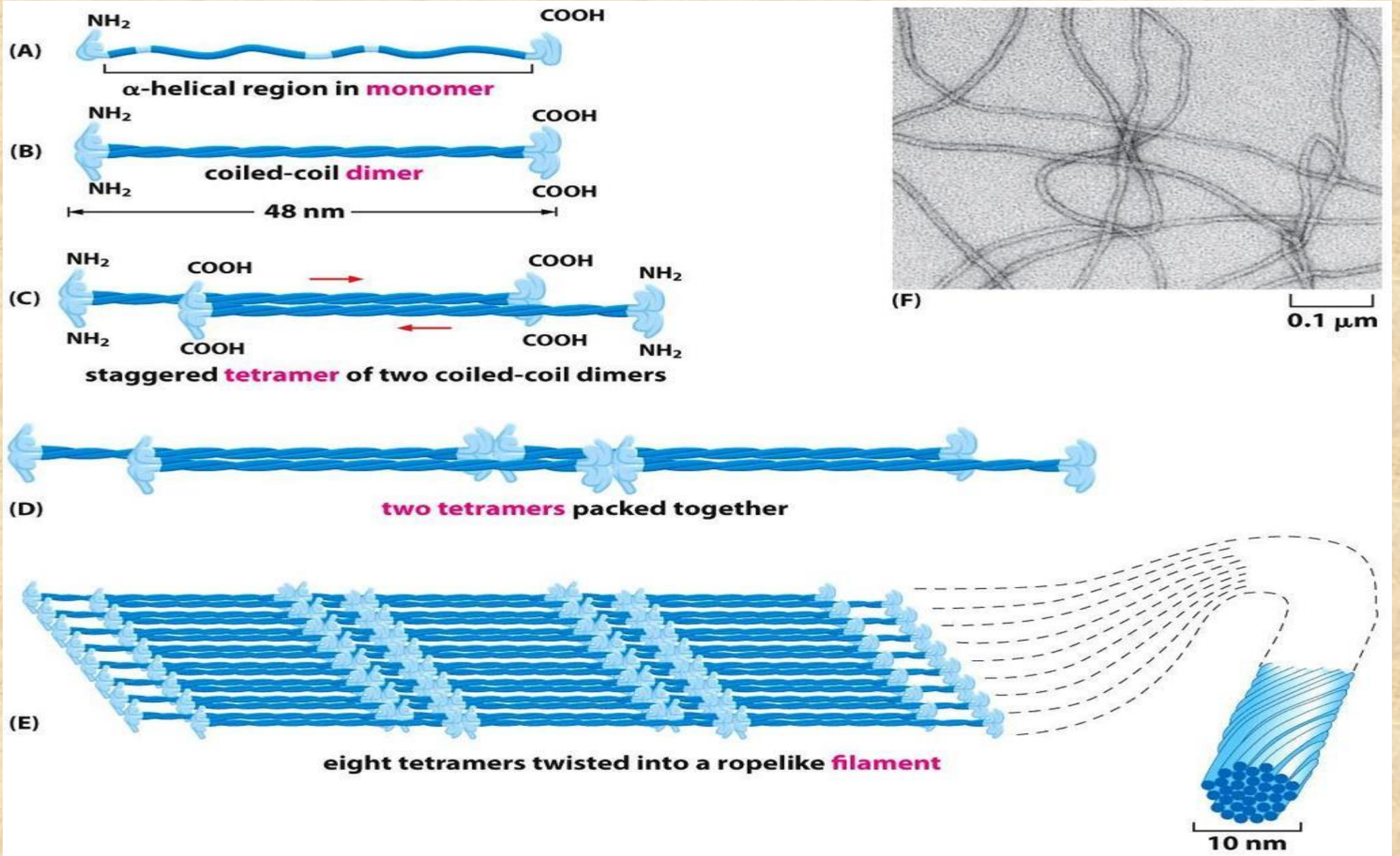


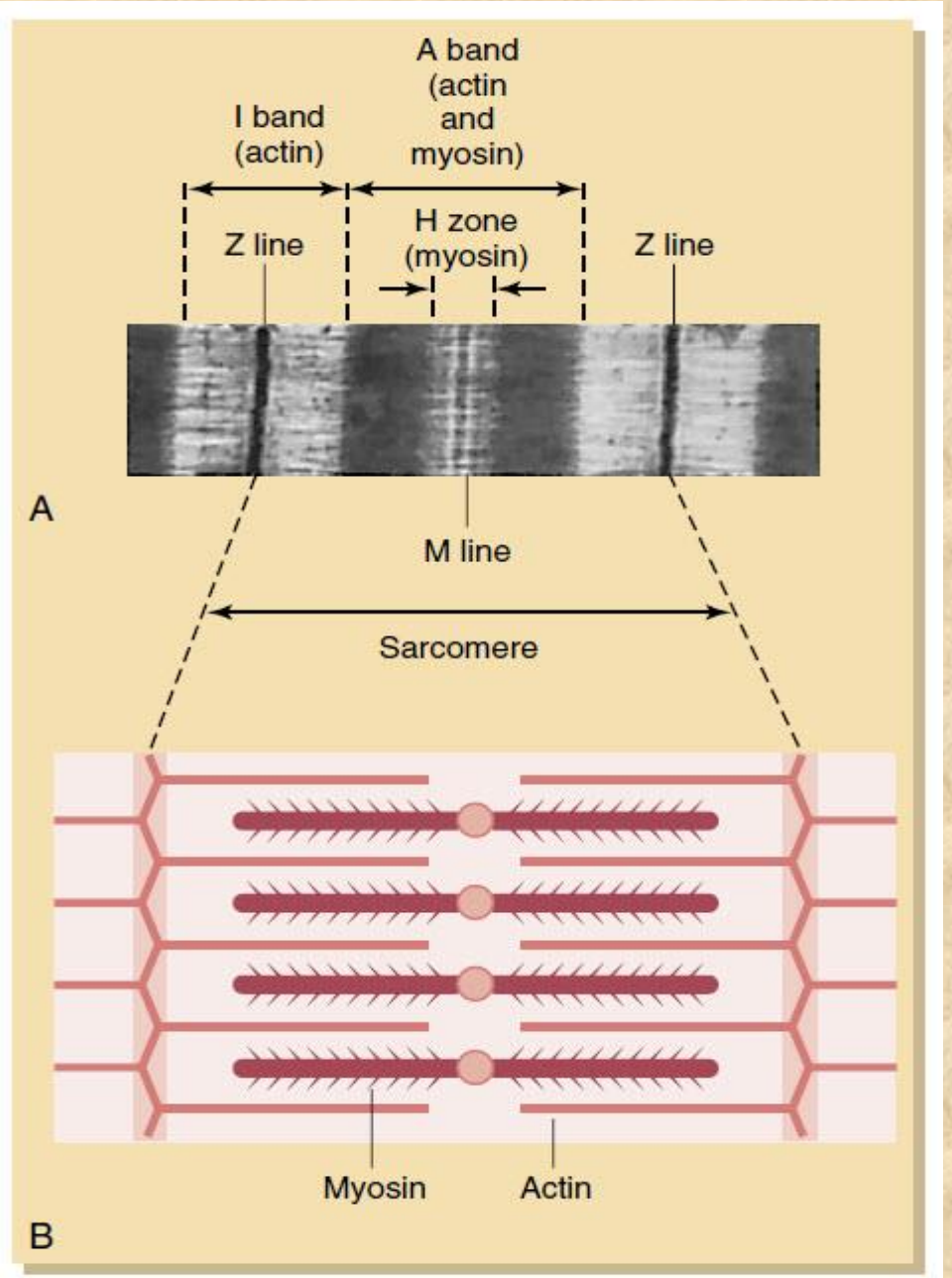














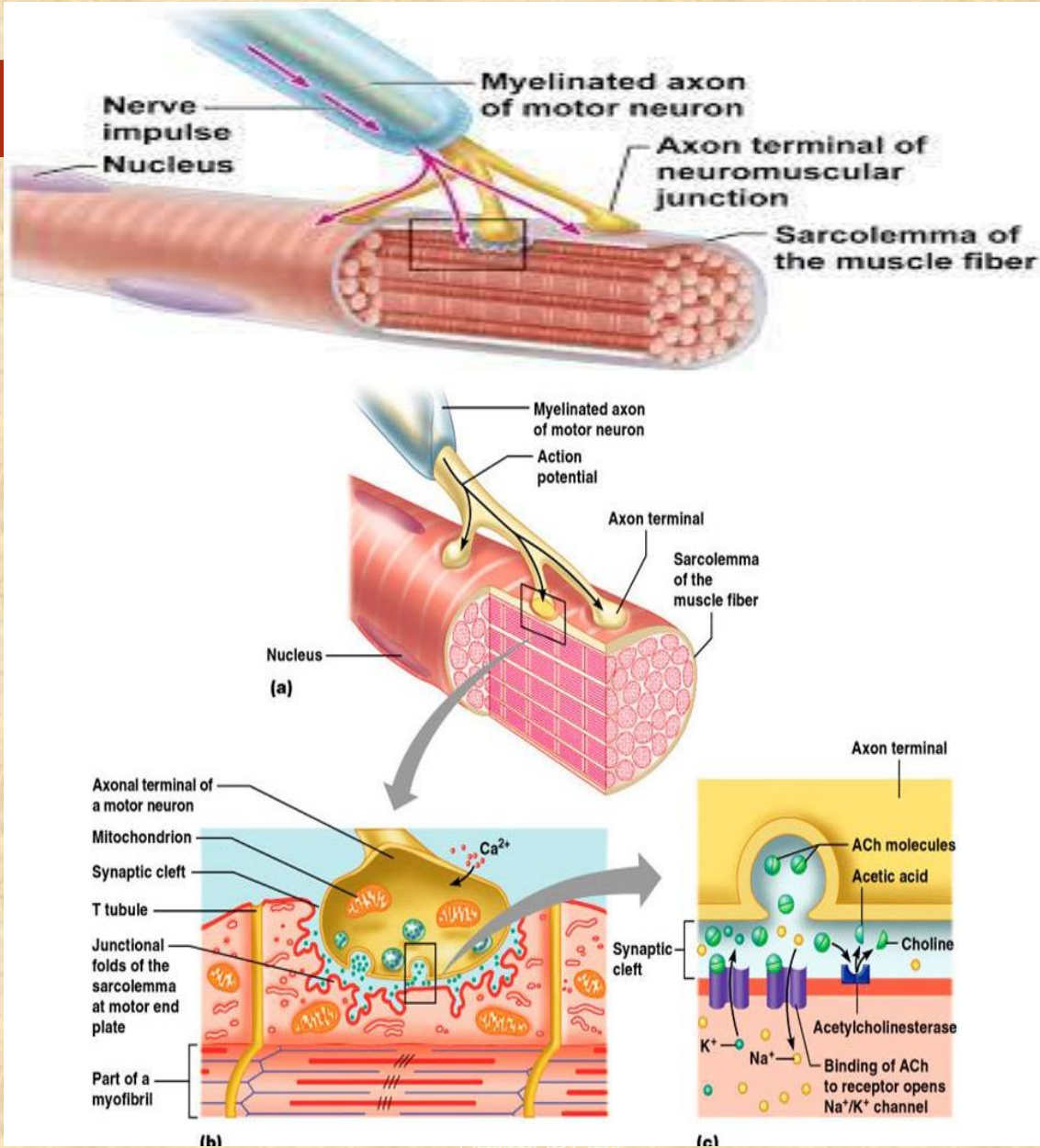
## مکانیسم انقباض ماهیچه

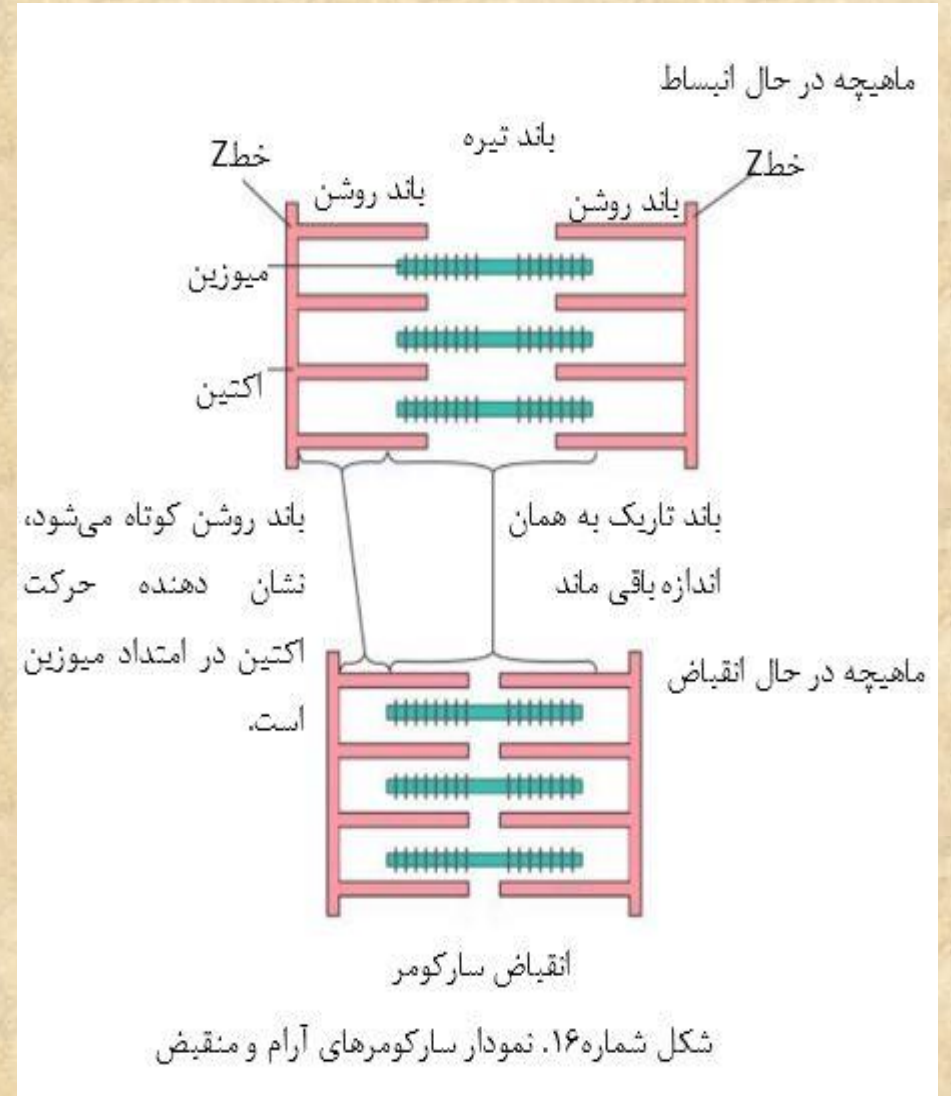
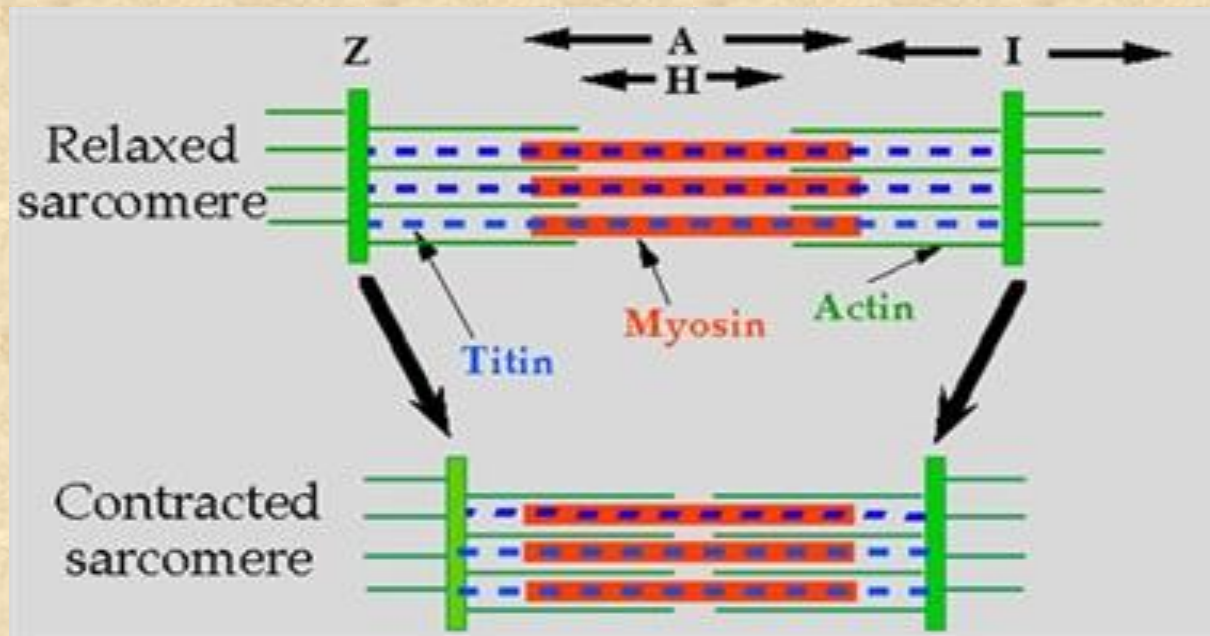
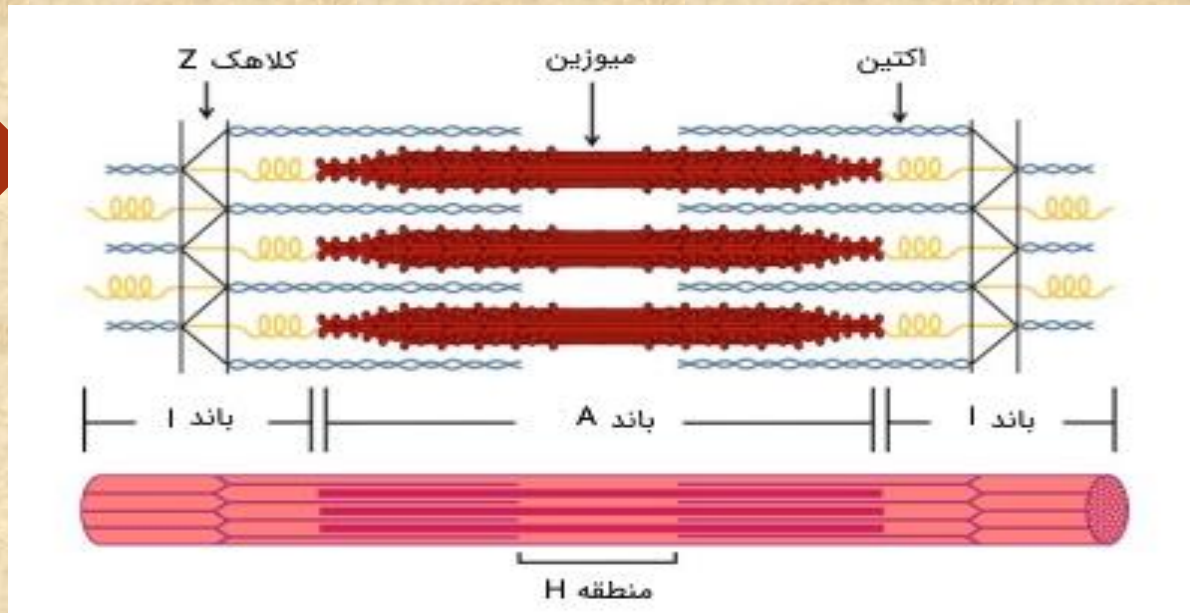
با رسیدن پیام از مراکز عصبی، تحریک از طریق همایه ویژه‌ای از یاخته عصبی به یاخته ماهیچه‌ای می‌رسد و ناقل عصبی از پایانه یاخته عصبی آزاد می‌شود. با اتصال این ناقلین به گیرنده‌های خود در

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

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

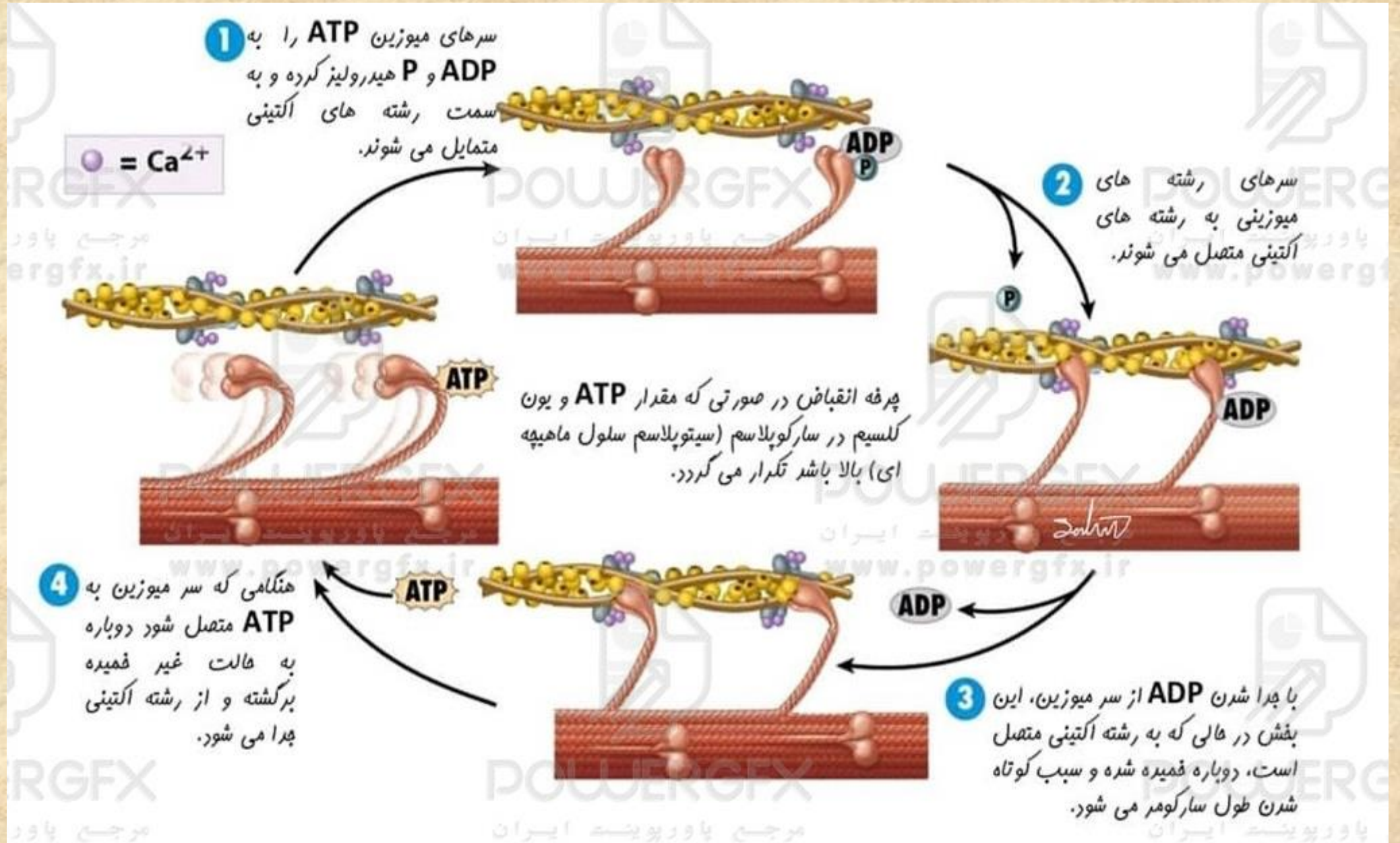
لغزیدن میوزین و اکتین در مجاورت هم به انرژی نیاز دارد. برای این کار، باید پل‌های اتصال میوزین و اکتین دائماً تشکیل و با حرکتی مانند پارو زدن، خطوط Z به سمت هم کشیده شوند؛ سپس سرهای متصل جدا و به بخش جلوتر وصل شوند. این لیز خوردن، اتصال و جدا شدن سرهای میوزین صدها مرتبه در ثانیه تکرار و در نتیجه ماهیچه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

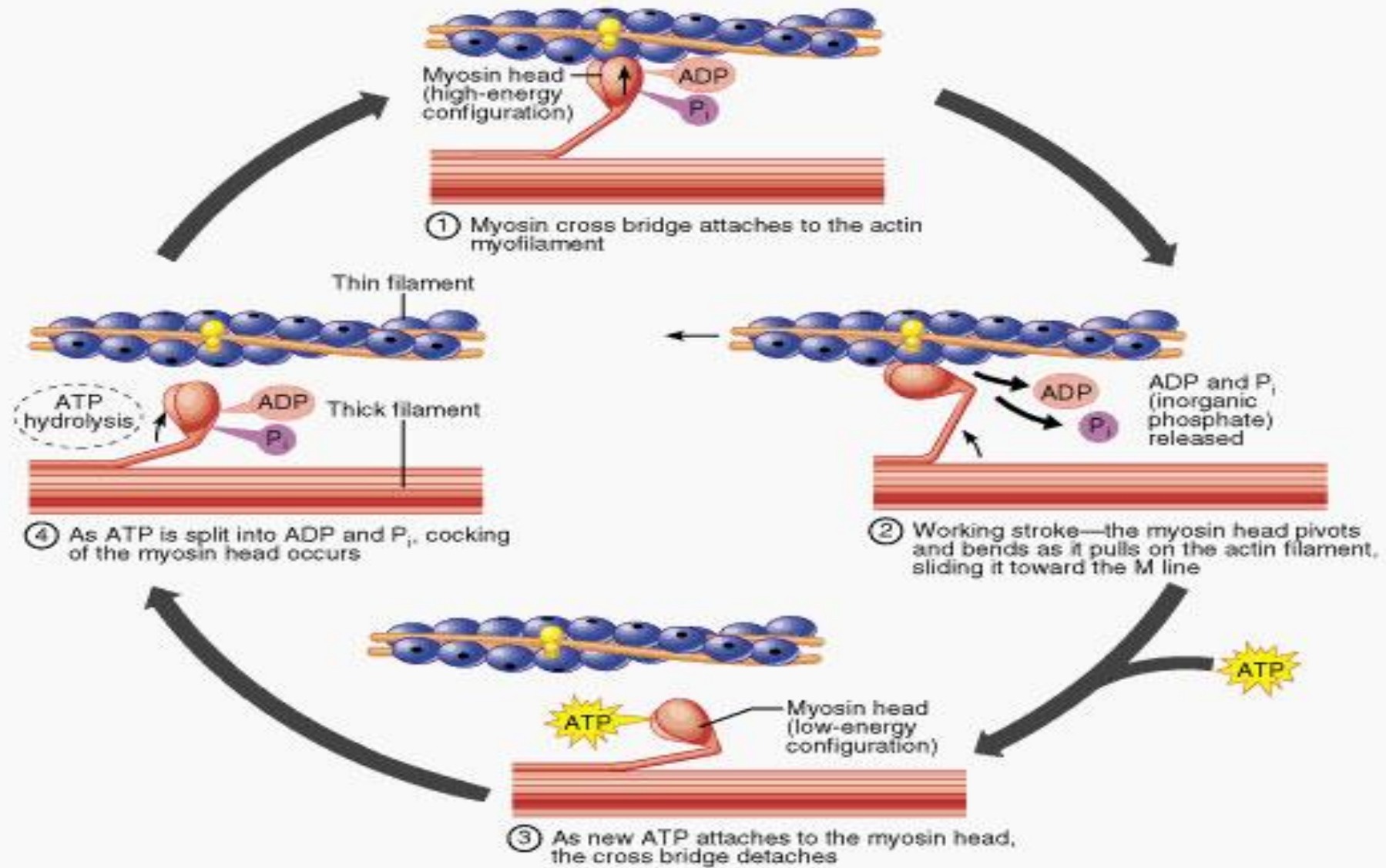




شکل شماره ۱۶. نمودار سارکومرهای آرام و منقبض

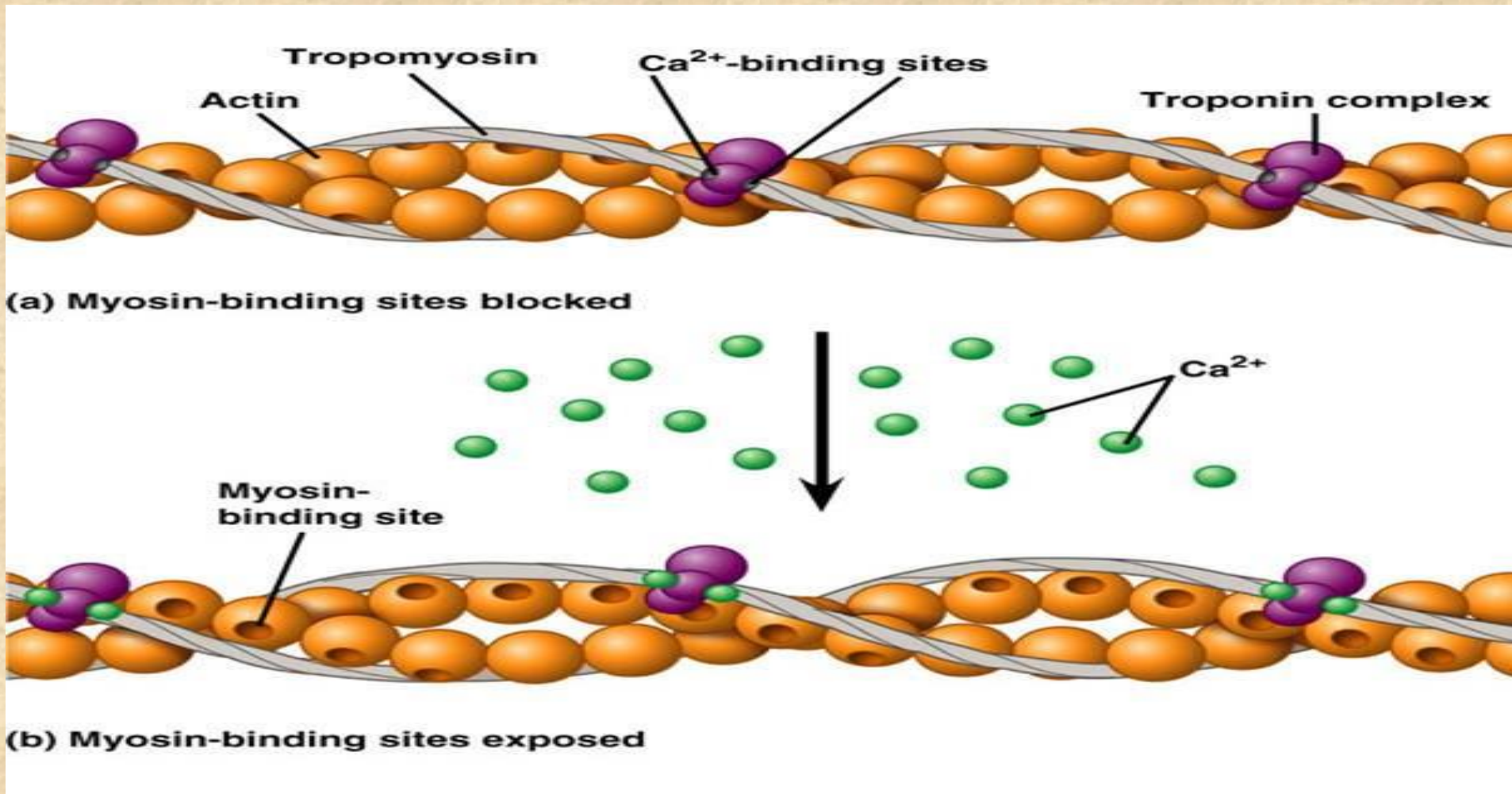
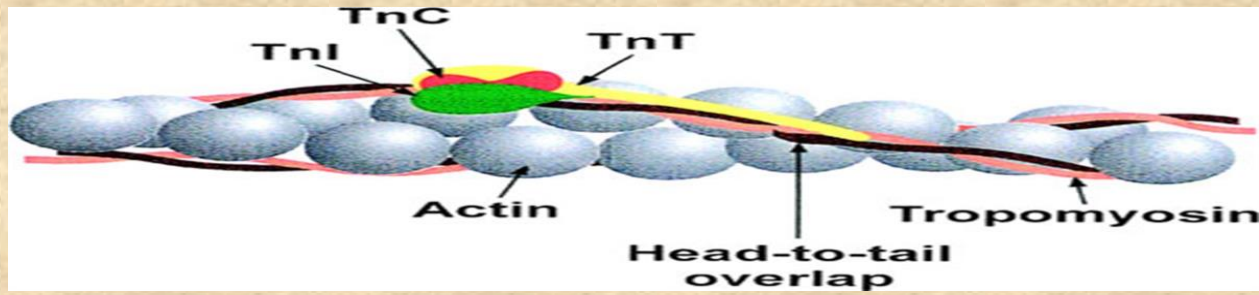




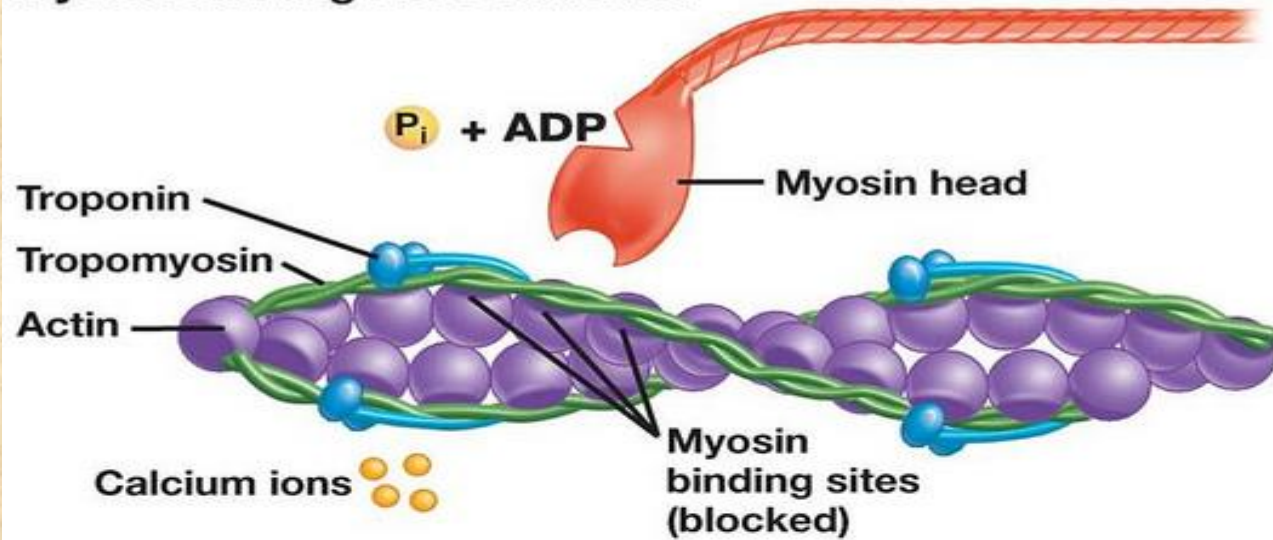


Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

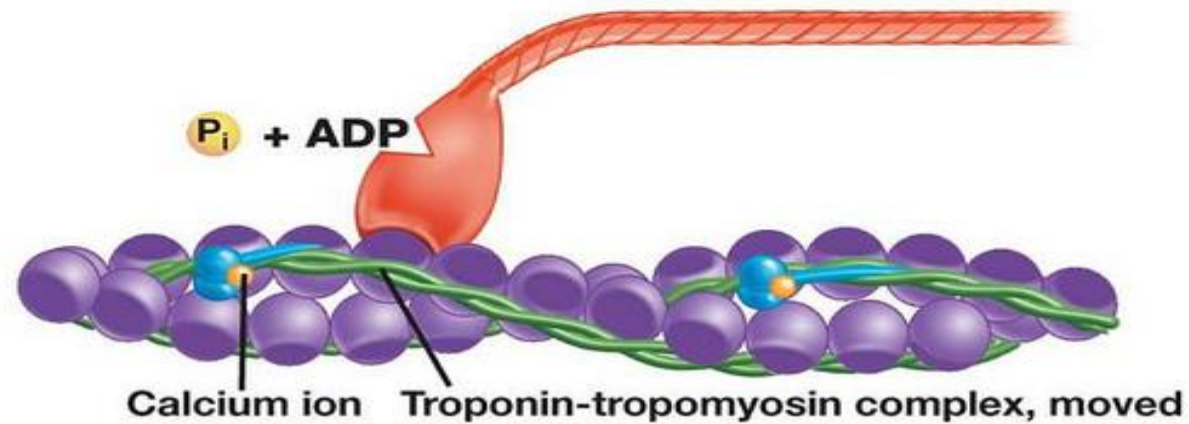




**(a) Tropomyosin and troponin work together to block the myosin binding sites on actin.**

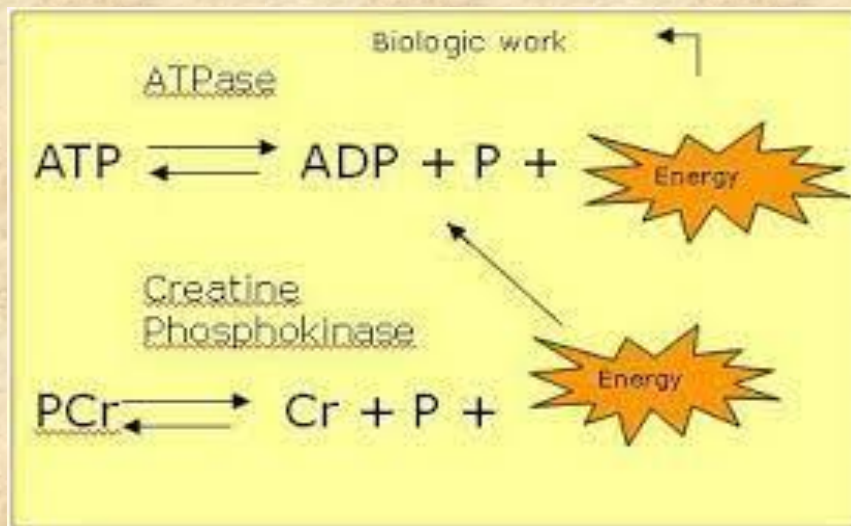
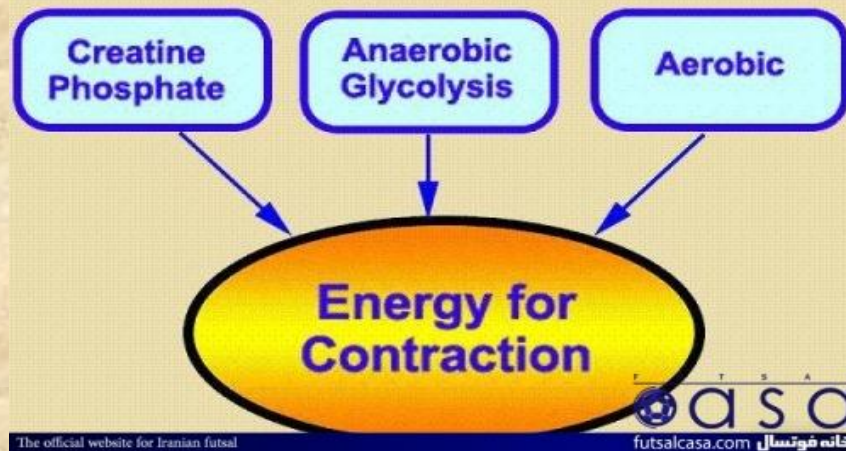


**(b) When a calcium ion binds to troponin, the troponin-tropomyosin complex moves, exposing myosin binding sites.**





# Energy Systems



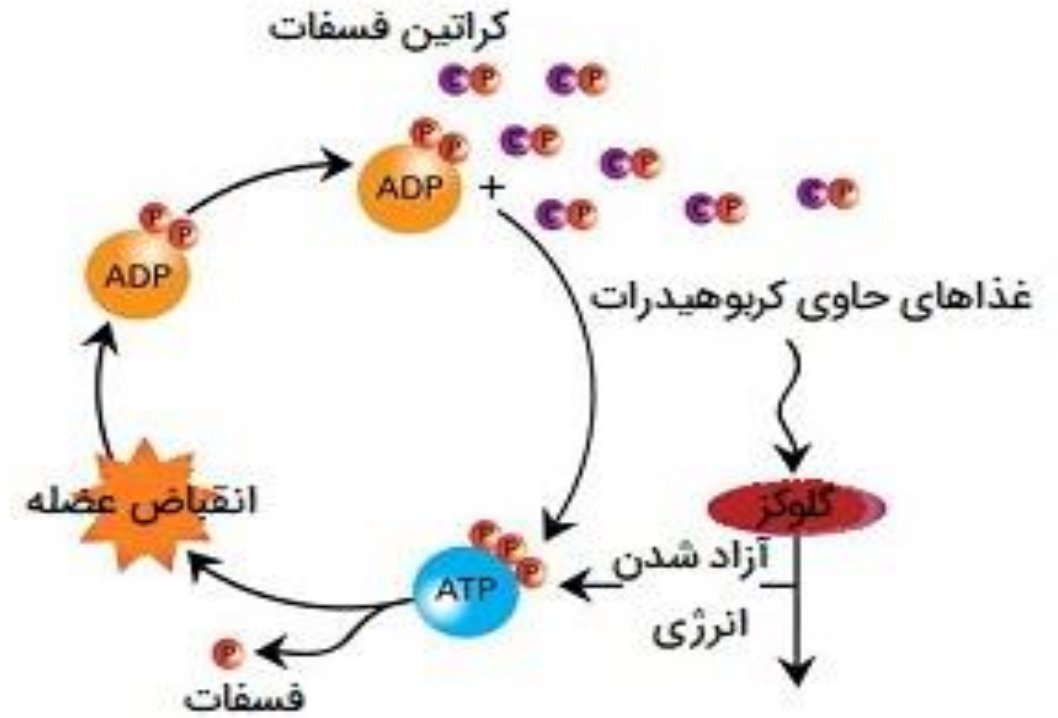
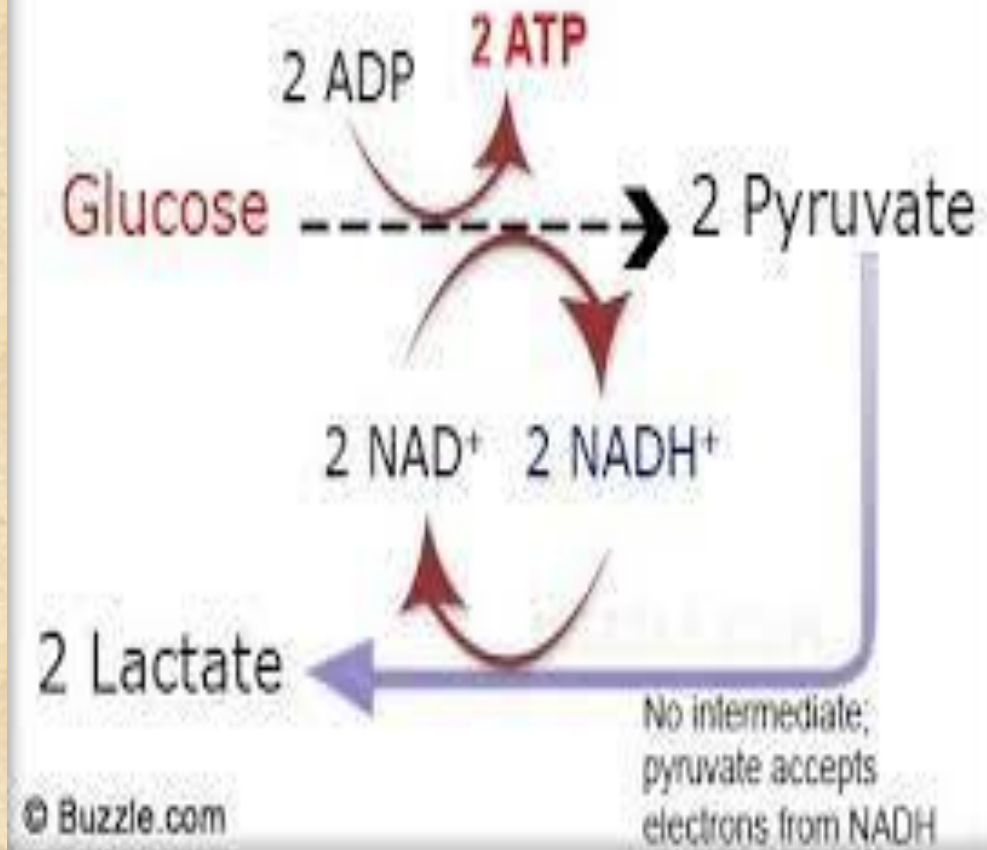
## تأمین انرژی انقباض

بیشتر انرژی لازم برای انقباض ماهیچه‌ها از سوختن گلوکز به دست می‌آید. در ماهیچه‌ها گلیکوژن به صورت ذخیره وجود دارد و در صورت لزوم به گلوکز تجزیه می‌شود. در صورت وجود اکسیژن، تجزیه گلوکز می‌تواند تا چند دقیقه انرژی لازم برای ساخت ATP را فراهم کند. برای انقباض طولانی‌تر، ماهیچه‌ها از اسیدهای چرب استفاده می‌کنند. ماده دیگر کراتین فسفات است که طبق واکنش زیر می‌تواند با دادن فسفات خود، مولکول ATP را به سرعت بازتولید کند.

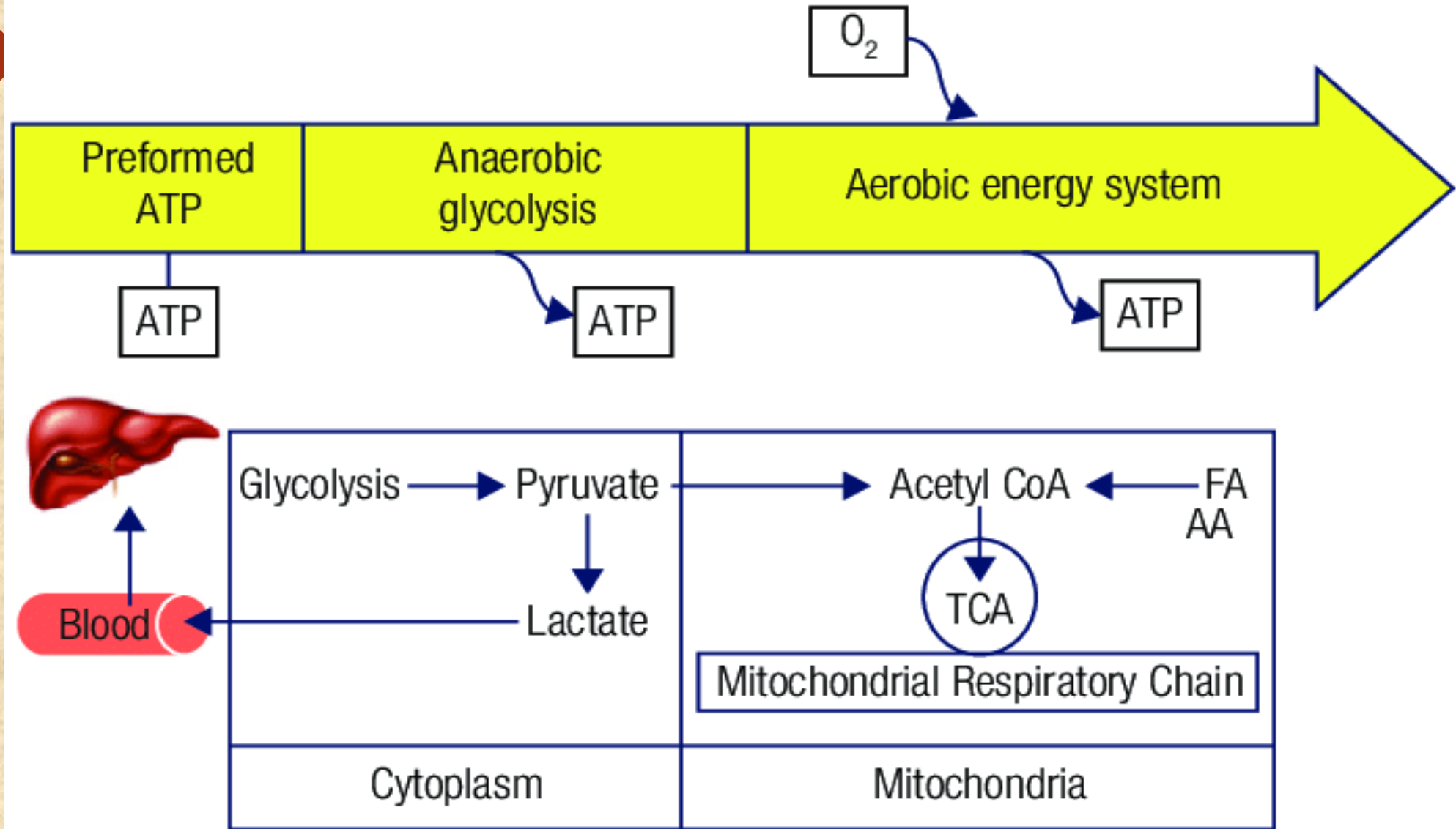


ماهیچه‌ها برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند. در فعالیت‌های شدید که اکسیژن کافی به ماهیچه‌ها نمی‌رسد، تجزیه گلوکز به صورت بی‌هوازی انجام می‌شود. در اثر این واکنش‌ها لاکتیک اسید تولید می‌شود که در ماهیچه انباشته می‌شود. انباشته شدن لاکتیک اسید پس از تمرینات ورزشی طولانی، باعث گرفتگی و درد ماهیچه‌ای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

## Lactic Acid System







یاخته‌های ماهیچه‌ای را می‌توان به دو نوع یاخته‌های تند و کند تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی براساس سرعت انقباض است. بسیاری از ماهیچه‌های بدن هر دو نوع یاخته را دارند. تار ماهیچه‌ای نوع کند، برای حرکات استقامتی مانند شنا کردن ویژه شده‌اند. این تارها مقدار زیادی 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 (شکل ۱۷).

تارهای ماهیچه‌ای تند (یا سفید) سریع منقبض می‌شوند. این تارها مسئول انجام انقباضات سریع مثل دوی سرعت و بلند کردن وزنه‌اند. این تارها تعداد میتوکندری کمتری دارند و انرژی خود 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 کم‌تحرک، دارای تار ماهیچه‌ای تند بیشتری هستند که با ورزش، تارهای نوع تند به نوع کند تبدیل می‌شوند (شکل ۱۷).

### انواع سلولهای بافت ماهیچه‌ای

تند (یا سفید)	کند (یا قرمز)
انقباضات سریع مثل دوی سرعت و بلند کردن وزنه	برای حرکات استقامتی مانند شنا کردن
مقدار میوگلوبین کمتر	دارای مقدار زیادی رنگدانه قرمز به نام میوگلوبین (شبه هموگلوبین)
افراد کم‌تحرک تار ماهیچه‌ای تند بیشتر	افراد پر تحرک تار ماهیچه‌ای کند بیشتر
تعداد کمتری میتوکندری دارند	تعداد بیشتری میتوکندری دارند
انرژی خود را بیشتر از راه تنفس بی‌هوازی به دست می‌آورند.	بیشتر انرژی خود را به روش هوازی به دست می‌آورند.
سریع انرژی خود را از دست می‌دهند و خسته می‌شوند.	دیر انرژی خود را از دست می‌دهند و خسته می‌شوند.
با ورزش، تارهای نوع تند به نوع کند تبدیل می‌شوند.	



# 11. FAST vs SLOW FIBERS

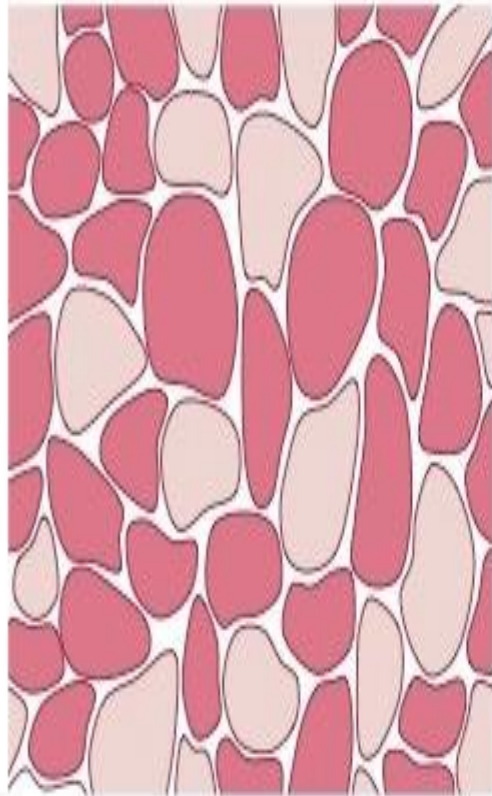
## SLOW-TWITCH/ RED/ Type I

- ✓ Small diameter
- ✓ More myoglobin
- ✓ Fatigue resistant
- ✓ Mostly Oxidative
- ✓ Slow rate of contraction
- ✓ Myosin ATPase activity LOW
- ✓ ↓ no. of myofilaments
- ✓ Red
- ✓ Posture maintenance

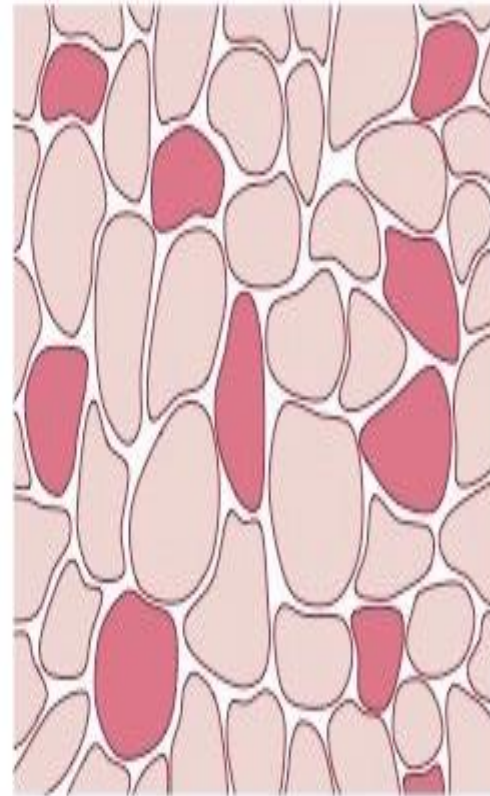
## FAST-TWITCH/ WHITE/Type II

- ✓ Large diameter
- ✓ Less myoglobin
- ✓ Easily fatigue
- ✓ Mostly glycolytic & oxidative
- ✓ Fast rate of contraction
- ✓ Myosin ATPase activity HIGH
- ✓ ↑ no. of myofilaments
- ✓ White
- ✓ Forceful & rapid movements

Slow twitch muscle fibres (red)



Fast twitch muscle fibres (white)



## ویژگی ساختاری و عملکردی تار عضلانی

نوع تار			ویژگی‌ها
نوع II <sub>x</sub>	نوع II <sub>b</sub>	نوع I	
≥ ۳۰۰	≥ ۳۰۰	≤ ۳۰۰	تعداد تار در هر واحد حرکتی
بزرگ‌تر	بزرگ‌تر	کوچک‌تر	اندازه نورون حرکتی
سریع‌تر	سریع‌تر	آهسته‌تر	سرعت هدایت عصبی
۵۰	۵۰	۱۱۰	سرعت انقباض (میلی ثانیه)
سریع	سریع	آهسته	نوع ATPase میوزین
بالا	بالا	پایین	گسترش شبکه سارکوپلاسمی



## MUSCLE FIBERS FACE OFF

SLOW TWITCH	FAST TWITCH
Efficient in using oxygen	Do not burn oxygen to create energy
Delayed muscle firing	Fast to fire; best for explosive body movements
Do <b>not</b> fatigue easily	Tire out quickly
<b>Best suited for:</b> endurance sports, including cycling, marathon running and long-distance triathlons!	<b>Best suited for:</b> short bursts of activity, including sprinting races, pole vaulting and cross fit-style events

## فعالیت ۴

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

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

پ) مقدار میوگلوبین ماهیچه‌های مؤثر در ورزش حرفه‌ای این ورزشکاران چه تفاوتی دارد؟



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

ساختار اسکلت در جانوران متفاوت است، ولی می‌توان انواع اسکلت در جانوران را به سه گروه آب‌ایستایی<sup>۱</sup>، بیرونی و درونی طبقه‌بندی کرد. اسکلت آب‌ایستایی در اثر تجمع مایع درون بدن به آن شکل می‌دهد. عروس دریایی اسکلت آب‌ایستایی دارد. ضمناً در این جانوران، با فشار جریان آب به بیرون، جانور به سمت مخالف حرکت می‌کند. این حالت مانند حرکت بادکنک هنگام خالی شدن هوای آن است و باعث رانده شدن بادکنک در خلاف جهت خروج هوا می‌شود.

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.

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.

