به نام خدا

بیوشیمی و متابولیسم ورزشی

فصل اول

عضلات اسکلتی

آرزو فرزانه

دکترای تخصصی بیوشیمی و متابولیسم ورزشی

https://www.jeyfit.ir/

https://www.jeyfit.ir/

ساختمان عضلات:

عضلات بدن ما به سه نوع عضلات مخطط (اسکلتی) ، صاف و قلبی تقسیم می شوند.
بیش از ششصد عضله اسکلتی در بدن ما وجود دارد که در این مبحث به شرح ساختار ماهیچه اسکلتی یا مخطط می پردازیم.

https://www.iefit.ir/

عملکردهای سیستم عضلانی اسکلتی

- ✓ محافظت از اعضای حیاتی بدن
- ✓ امکان تحرک
- ✓ تولید گرما و حفظ درجه حرارت بدن توسط انقباض عضلات متصل به اسکلت
- ✓ مخزنی برای ذخیره املاح معدنی ضروری از جمله P, Ca Mg,
- ✓ کمک به بازگشت خون وریدی به سمت راست قلب توسط ماساژعروق وریدی در هنگام حرکت

https://www.jcfit.ir/

✓ ویژگی های عضلات اسکلتی یا مخطط :

۱–از سلول های استوانه ای شکل مخطط و چند هسته ای تشکیل شده است که به صورت دراز و نازک از طول کنار هم قرار گرفته اند.
۲–بعد از تولد سلول های عضلات اسکلتی با افزایش حجم رشد می کنند.
۳–انقباضات تند و کوتاه به صورت ارادی دارند.
۴–اعصاب پیکری این نوع از عضلات را کنترل می کنند.
۵–استخوان ها محل اتصال و تکیه گاه ماهیچه اسکلتی هستند.
۶–با انتقال نیروی انقباض خود به استخوان باعث حرکت اندام می شوند.
۷– انقباض آن تنها باعث کشیده شدن اندام می شود نه هل دادن آن.
۹–جفت ماهیچه های اسکلتی عکس هم عمل می کنند. یعنی زمانی که یکی با انقباض خود اندام را می کشد، دیگری در حال استراحت است و بالعکس

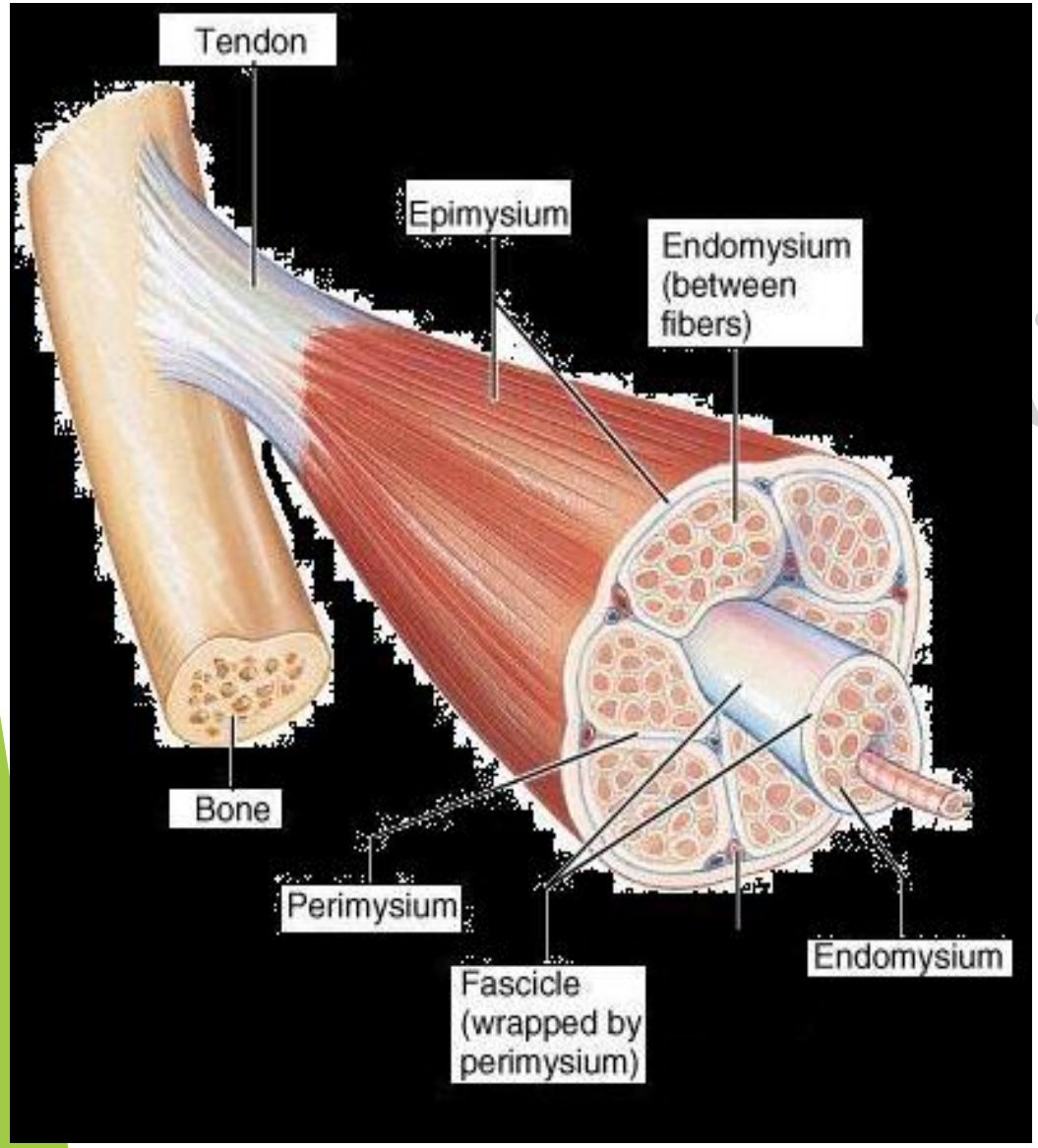
https://www.jeyfit.ir/

عضلات

www.jeyfit.ir/

- عضله اسکلتی
- عضله صاف
- عضله قلب

عضله اسکلتی



فاشیا در عضلات اسکلتی Fascia in skeletal muscles

www.jeyfit.ir/

در یک عضله اسکلتی دو نوع بافت وجود دارد:

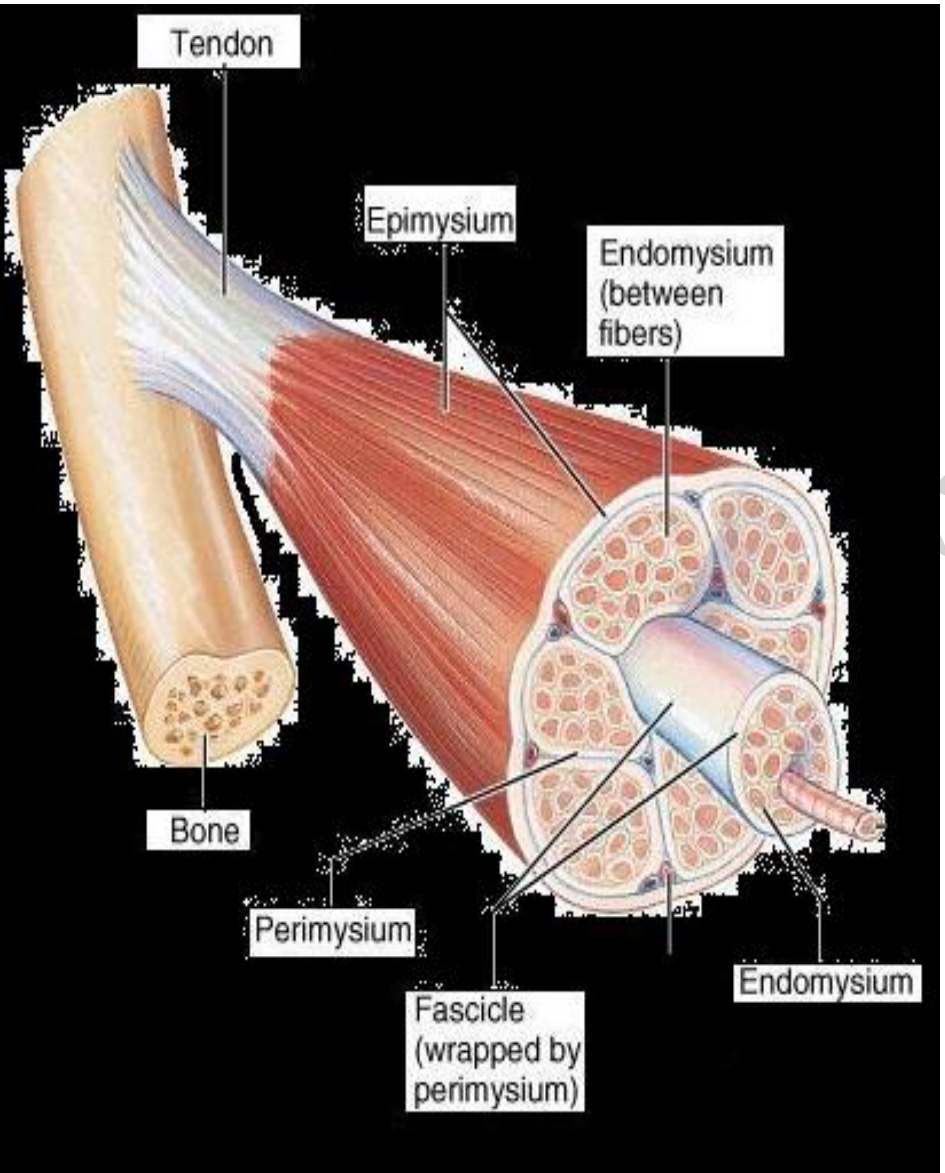
- **بافت همبند که شامل غلاف ها است**
- **بافت عضلانی که شامل فیبرهای عضلانی است**

سه لایه از بافت همبند به عنوان فاشیا در هر عضله اسکلتی وجود دارد که عبارت اند از:

- **اپی میزیوم (غلاف خارجی)**
- **پری میزیوم (غلاف مرکزی)**
- **اندومیزیوم (غلاف داخلی)**

عضله اسکلتی

فاشیا در عضلات اسکلتی Fascia in skeletal muscles



www.jeyfit.ir/

- **اپی میزیوم (Epimysium):**

اپی میزیوم، یک لایه متراکم از فیبرهای کلاژن است که کل عضله اسکلتی را احاطه می‌کند.

- **پری میزیوم (Perimysium):**

این لایه، دسته‌های عضلانی (فاسیکل عضلانی) را در بر می‌گیرد که هر دسته خود حاوی مجموعه‌ای از فیبرهای عضلانی (Muscle fibers)است. هر فیبر عضلانی، یک سلول عضلانی است.

- **اندومیزیوم (Endomysium):**

اندومیزیوم، بافت همبند ظریفی است که فیبرهای عضلانی اسکلتی منفرد از یک فاسیکل را احاطه می‌کند

عضله اسکلتی

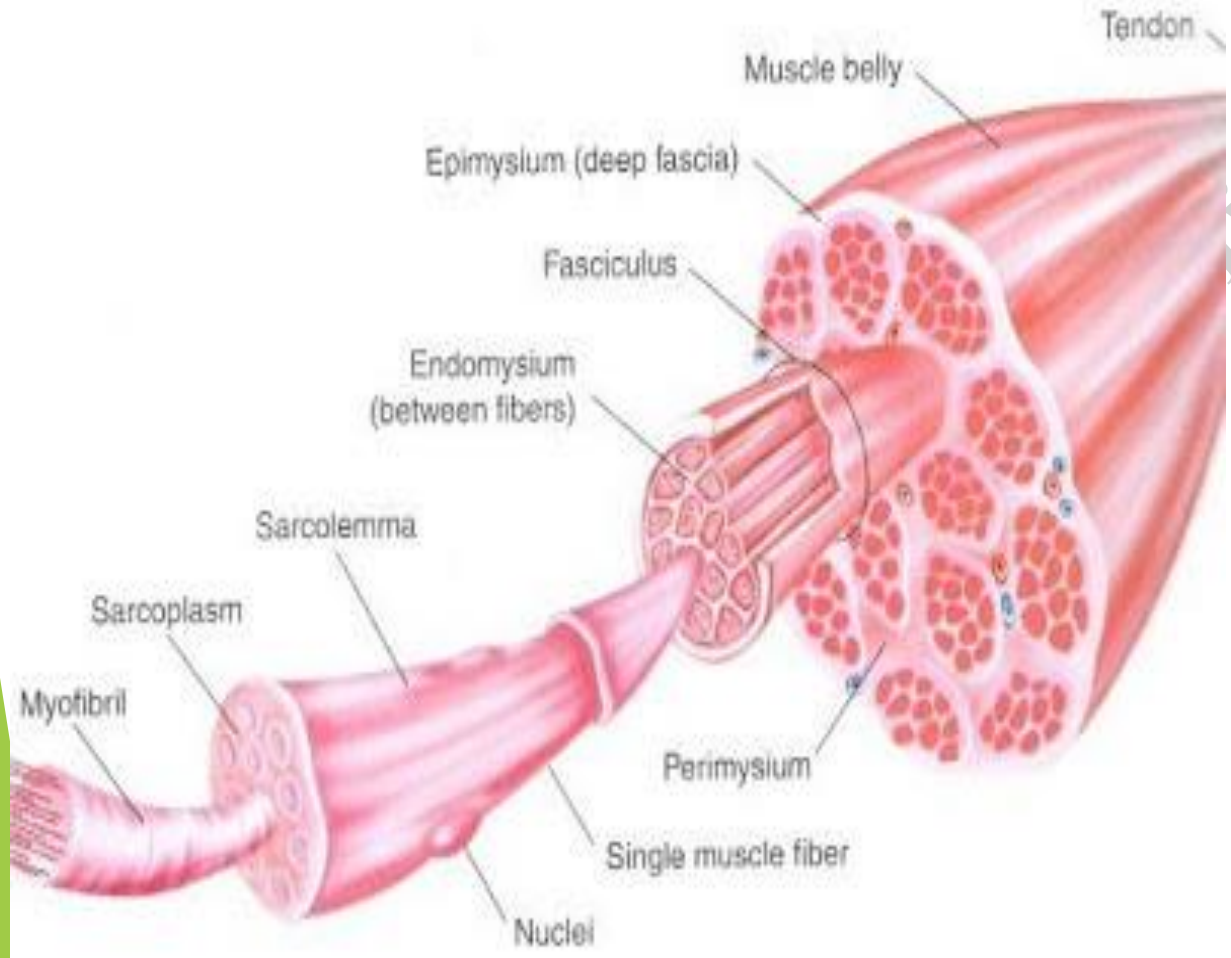
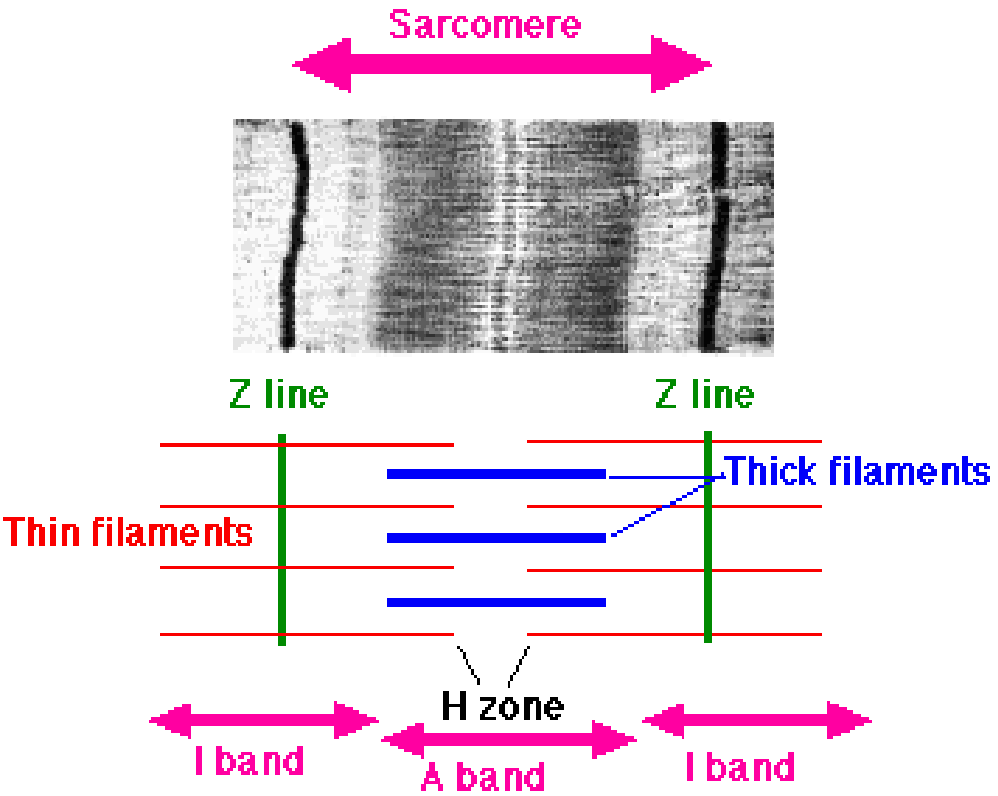


Figure 1: Muscle belly split into various component parts (from Essentials of Strength Training & Conditioning, National Strength & Conditioning Association)

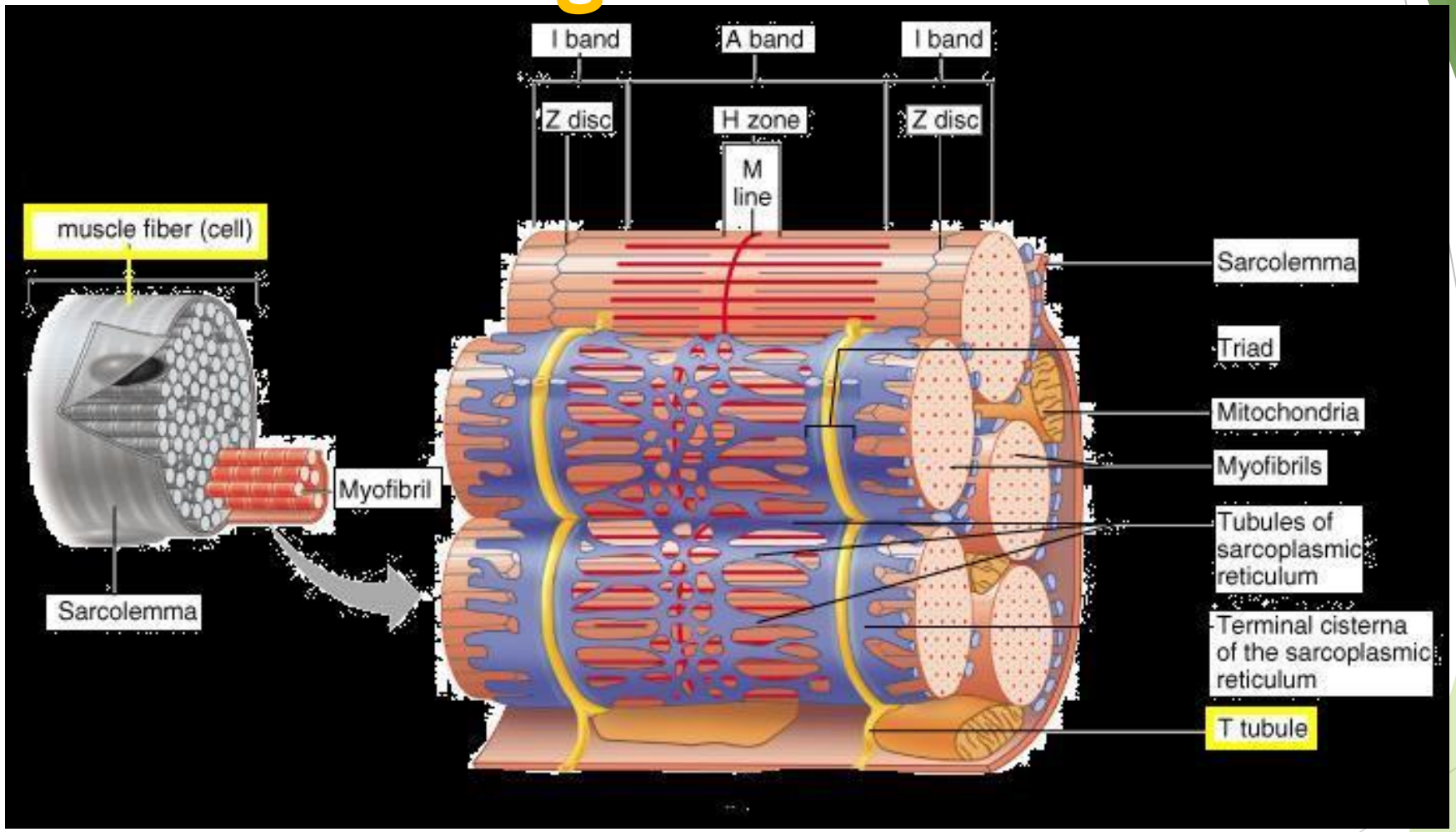
- **تشریح فیبر عضلانی:**
- **هر فیبر عضلانی محتوی صدها تا هزارها میوفیبریل است. و هر میوفیبریل به نوبه خود از ۱۵۰۰ فیلامان میوزین و ۳۰۰۰ فیلامان اکتین تشکیل شده است.**
- **سلولهای دوکی شکل بافت عضله– دارای یک غشای پلاسمایی تحت عنوان سارکولم می باشند و یک پوشش خارجی محتوی فیبرهای نازک کلاژن این سلولها را در انتها توسط وتر به استخوان متصل می سازند.**

- **تشریح فیبر عضلانی:**
- **فیلامانهای اکتین و میوزین در بین یکدیگر فرورفته اند و نوارهای نازک تیره و روشنی را بر روی میوفیبریل ها تشکیل می دهند.**
- **نوارهای روشن تنها دارای فیلامان اکتین است و با I نمایش داده میشوند. نوارهای تیره دارای فیلامانهای میوزین و مقداری از انتهای فیلامانهای اکتین است و با A نمایش داده می شوند.**

انتهای فیلامان اکتین به صفحه Z متصل می شود.



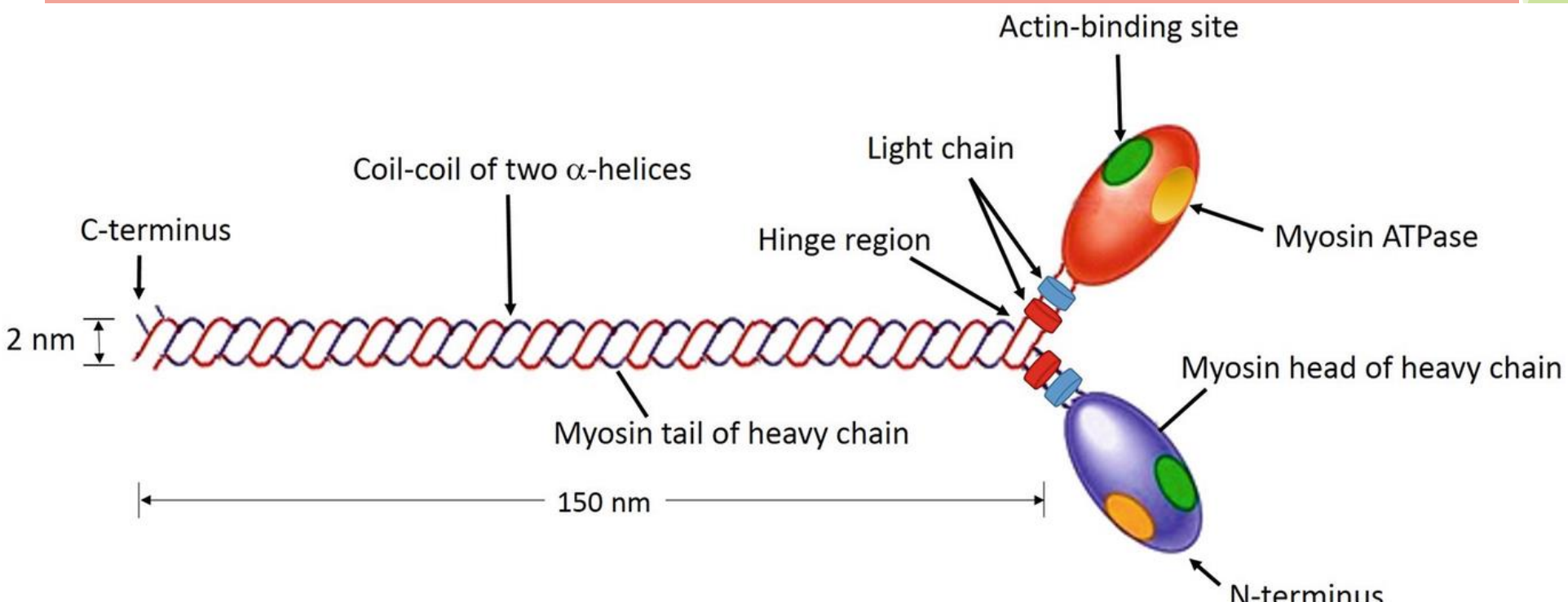
عضله اسکلتی



- سارکوپلاسم تعداد زیادی میتوکندری دارد که مقادیر زیاد انرژی مورد نیاز سلول را تامین می کنند
- همچنین دارای یک شبکه سارکوپلاسمیک گسترده دارد که در کنترل انقباض عضله نقش مهمی دارد.

ساختار مولکولی عضله اسکلتی

- ملکولهای میوزین از ۶ زنجیره پلی پپتیدی (۲ زنجیره سنگین و ۴ زنجیره سبک) تشکیل شده است.
- ساختار ملکول بصورت یک بخش طویل بنام دم میوزین و یک بخش بر آمده و روی شکل بنام سر میوزین آرایش یافته است.



ساختار مولکولی عضله اسکلتی

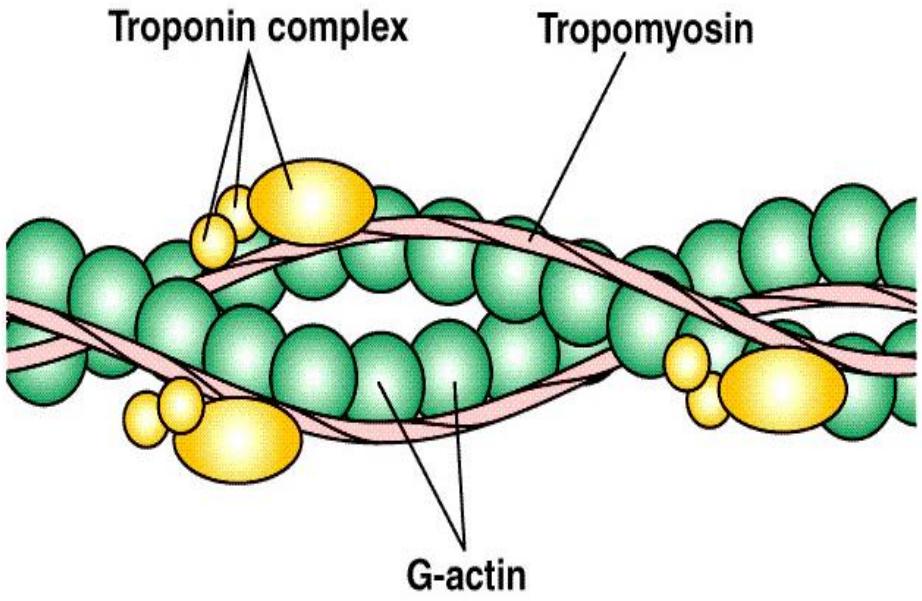
- فیلامانهای اکتین از ۳ زیر واحد زیر تشکیل شده اند:
- اکتین
- تروپومیوزین
- تروپونین
- دو رشته اکتین بصورت مارپیچ به دور یکدیگر پیچ خورده اند.
- مولکولهای اکتین به صورت منومرهای G اکتین وجود دارند که کنار هم قرار گرفته و به صورت تارهای اکتین F پلیمره می شوند.
- در حالت استراحت تروپومیوزین محلهای فعال رشته های اکتین را احاطه می کند بطوری که نیروی جاذبه نمی تواند بین رشته های اکتین و میوزین ایجاد شود و موجب انقباض گردد.
- در طول رشته های تروپومیوزین ملکولهای تروپونین مستقر شده اند.

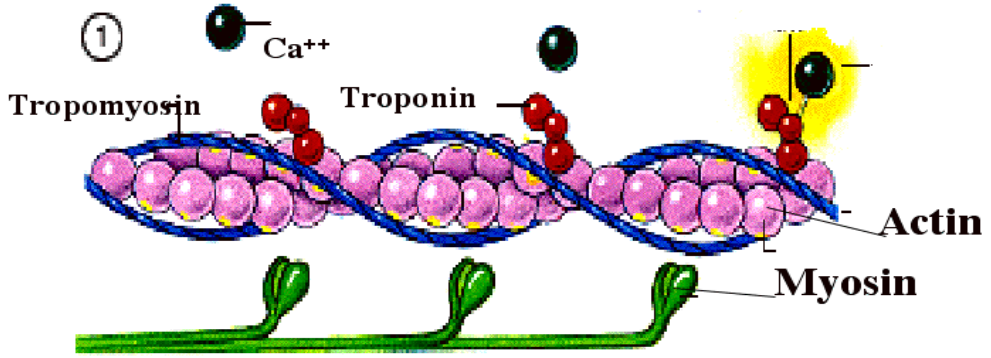
https://www.jeyfit.ir/

ساختار مولکولی عضله اسکلتی

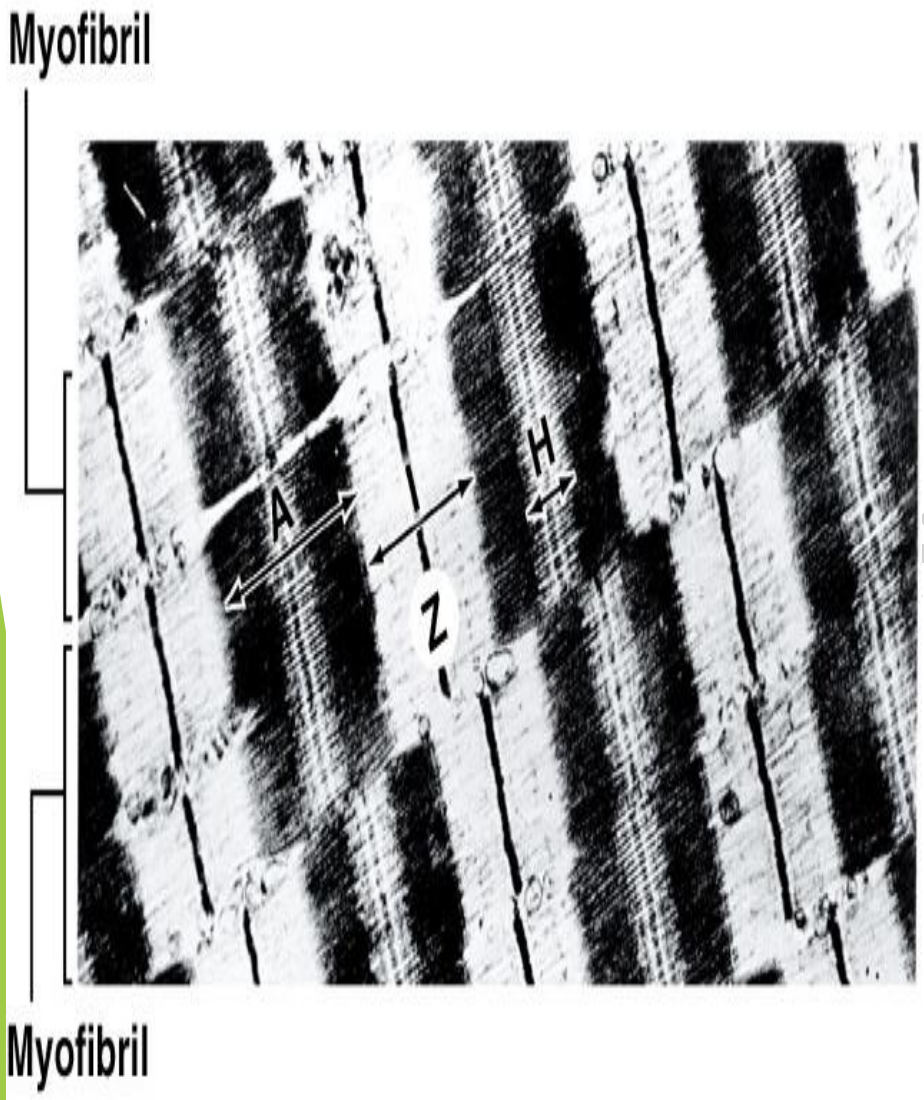
تروپونین از ۳ زیر واحد تحت عناوین:

- تروپونین I (میل ترکیبی شدید برای اکتین)
- تروپونین T (میل ترکیبی شدید برای تروپومیوزین)
- تروپونین C (میل ترکیبی شدید برای یونهای کلسیم)



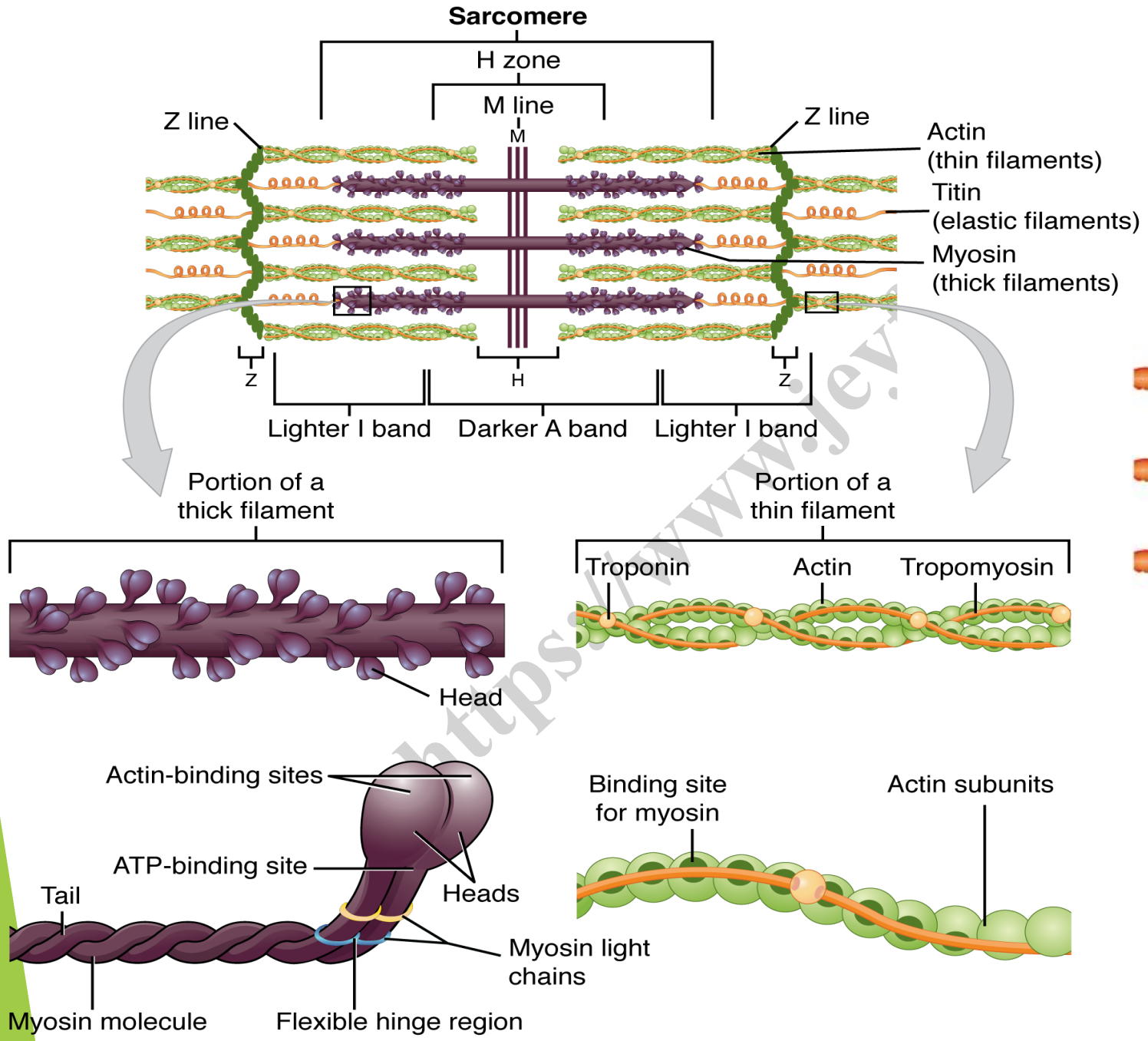


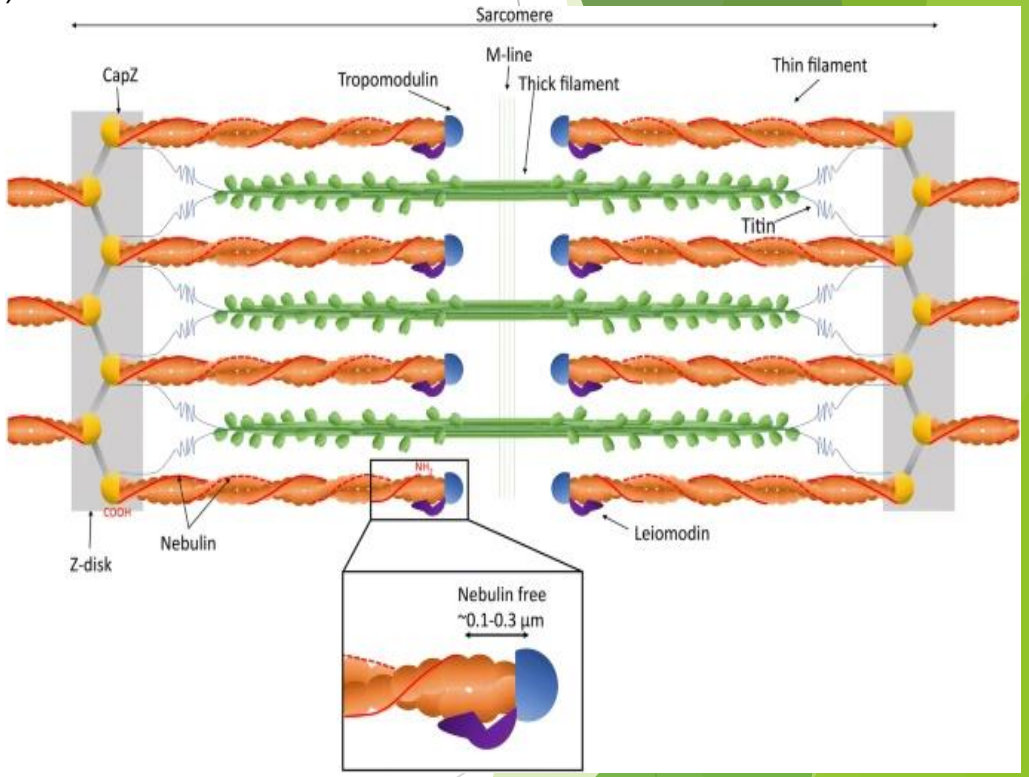
عضله اسکلتی



- بخشی از میوفیبریلها که در بین دو صفحه Z متوالی قرار دارند سارکومر (sarcomer) نامیده می شوند.
- بدنبال انقباض باند I کوتاه می شود اما باند A تغییری در طول نمی کند.
- رشته های میوزین (واکتین) توسط داربستهایی به نام titin در درون سارکوپلاسم کنار یکدیگر نگهداشته می شوند.

www.jeyfit.ir

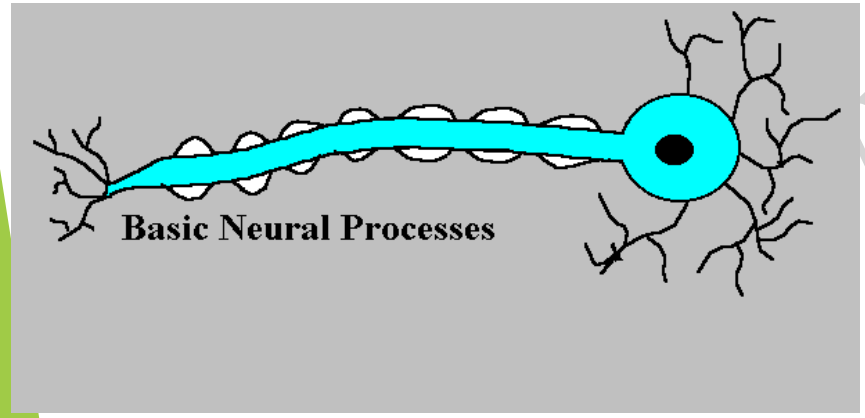


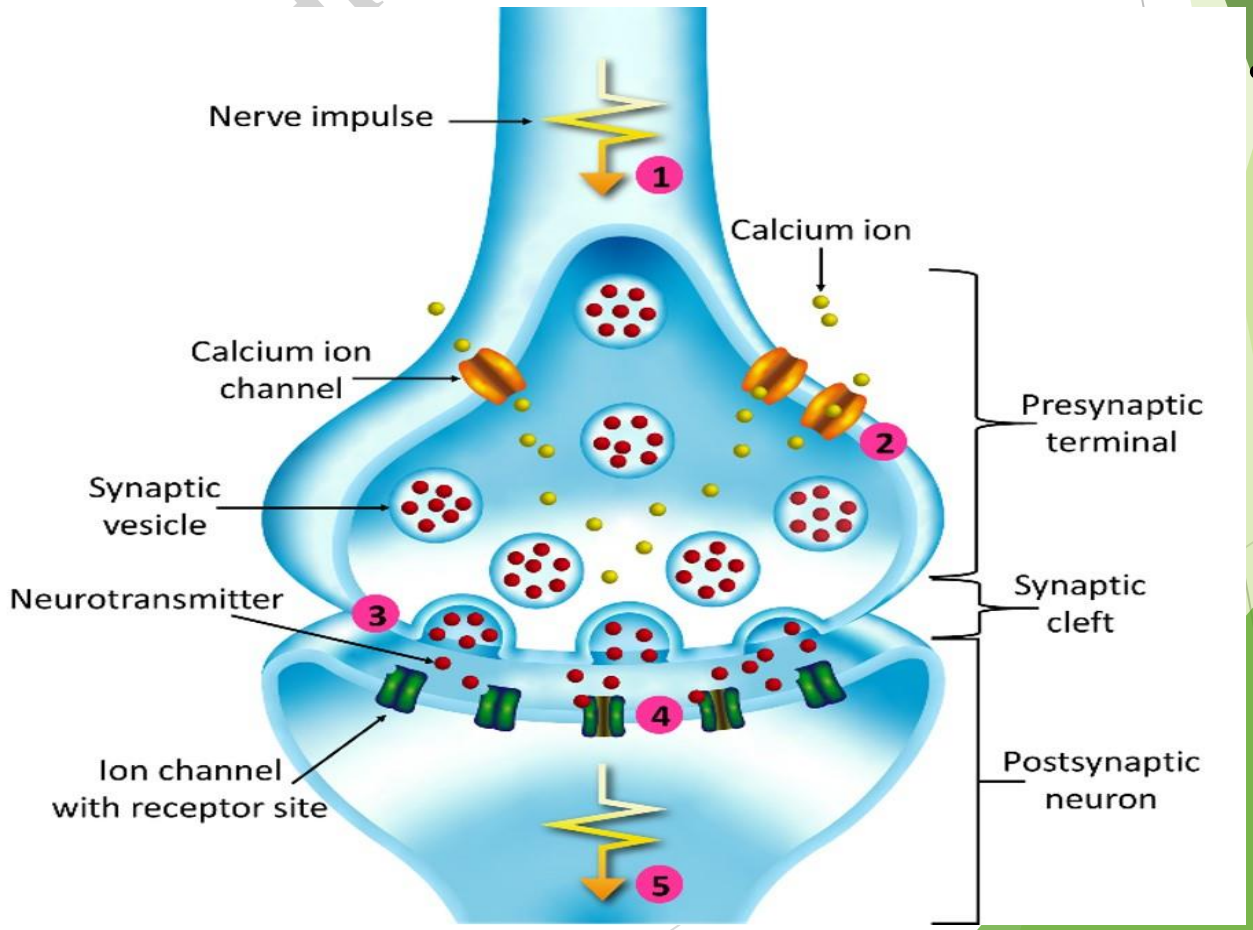


https://www.jev

مکانیسم عمومی انقباض

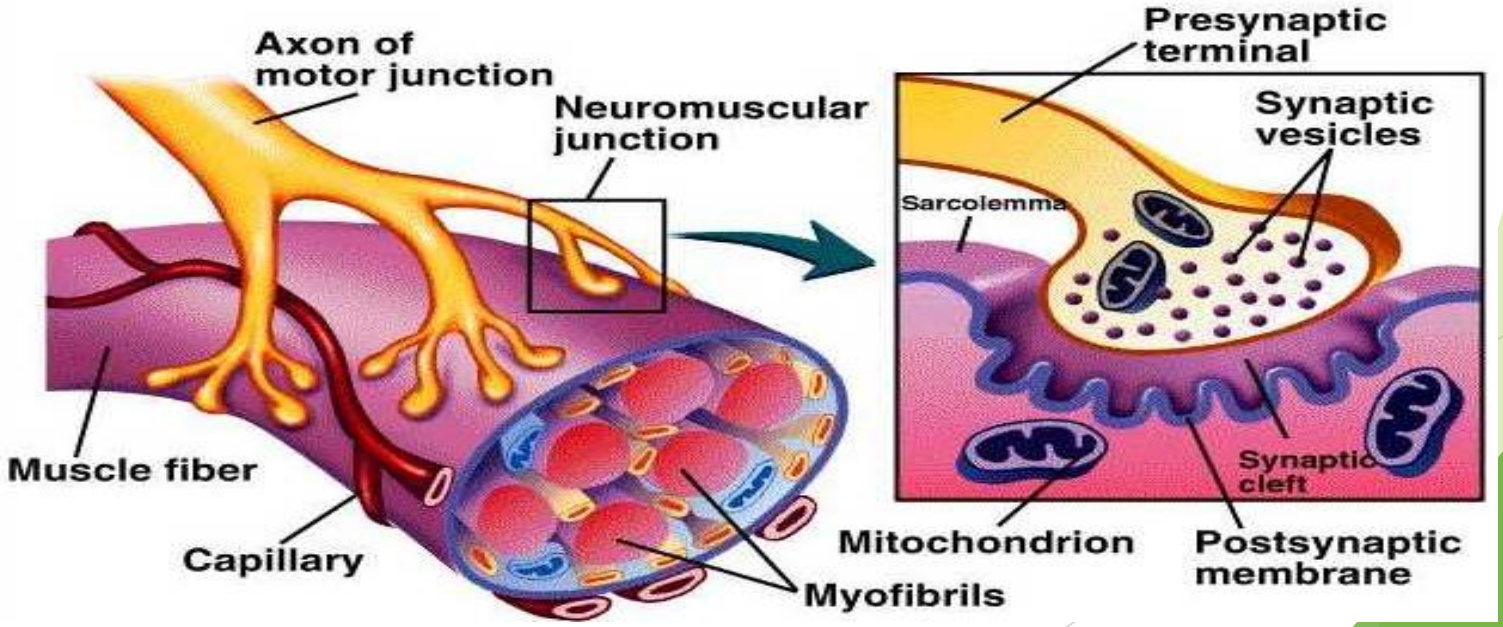
- در شاخ قدامی نخاع نورونهای حرکتی بزرگی وجود دارد که دستور انقباض صادره از طرف مغز را به عضله می رسانند.
- عصب در هر انتهای خود اندکی ماده میانجی عصبی استیل کولین ترشح می کند.





مکانیسم عمومی انقباض

- استیل کولین روی غشای فیبر عضلانی اثر کرده و کانالهای متعدد دریچه دار حساس به استیل کولین در غشاء فیبر عضلانی را باز می کند.
- بدنبال باز شدن این کانالها مقادیر زیادی سدیم وارد سارکوپلاسم می شود و یک پتانسیل صفحه انتهایی و سپس پتانسیل عمل در فیبر عضلانی آغاز می شود.

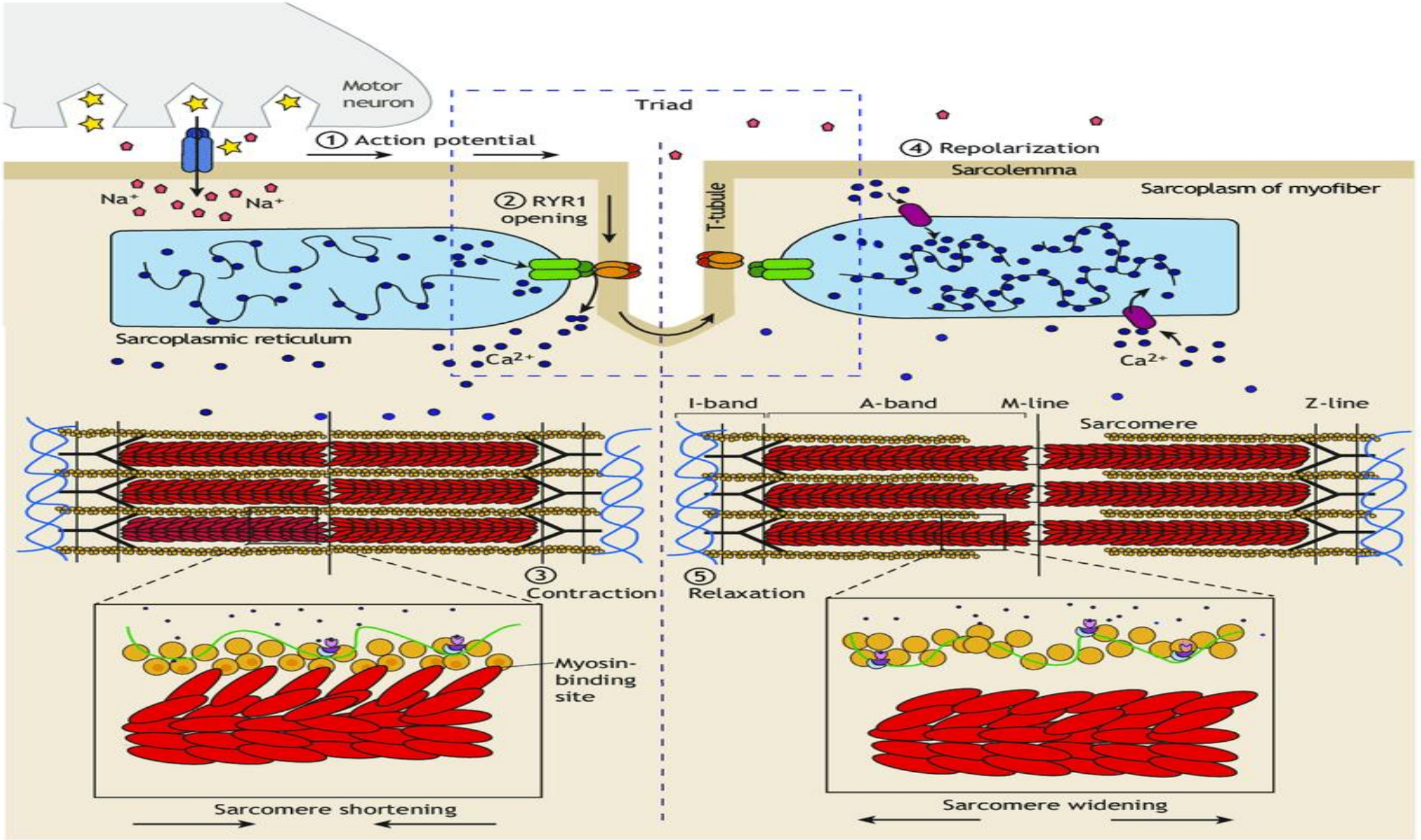


مکانیسم عمومی انقباض

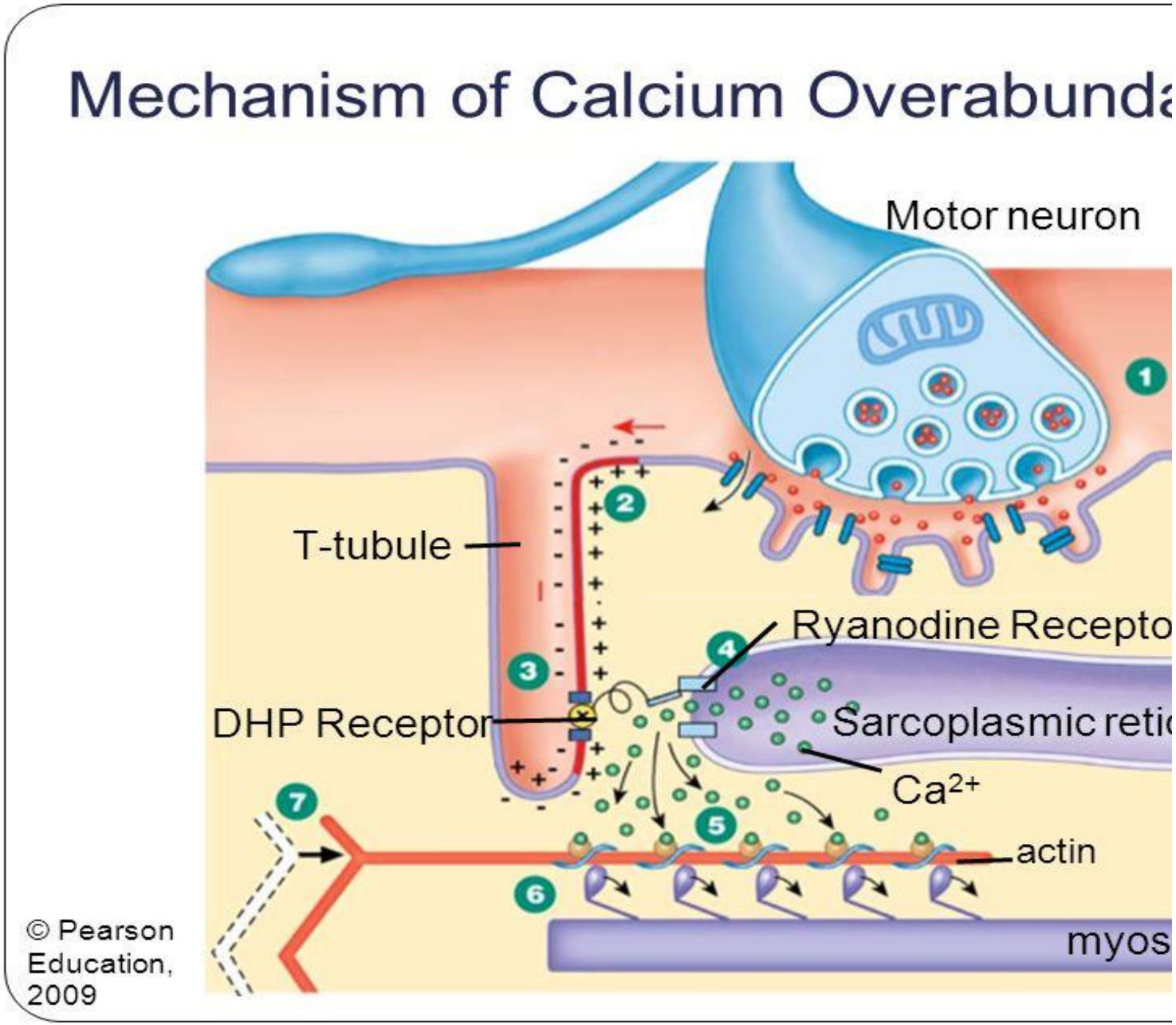
- پتانسیل عمل در طول فیبر عضلانی سیر می کند. با توجه به ضخامت زیاد عضله اسکلتی، پتانسیل عمل از طریق لوله های عرضی یا توبول های T به همه قسمتهای عضله می رسد.
- با دپلاریزاسیون غشای رتیکولوم سارکوپلاسمیک مقادیر زیادی از یونهای کلسیم را که داخل خود ذخیره کرده به داخل میوفیبریل ها آزاد می کند.

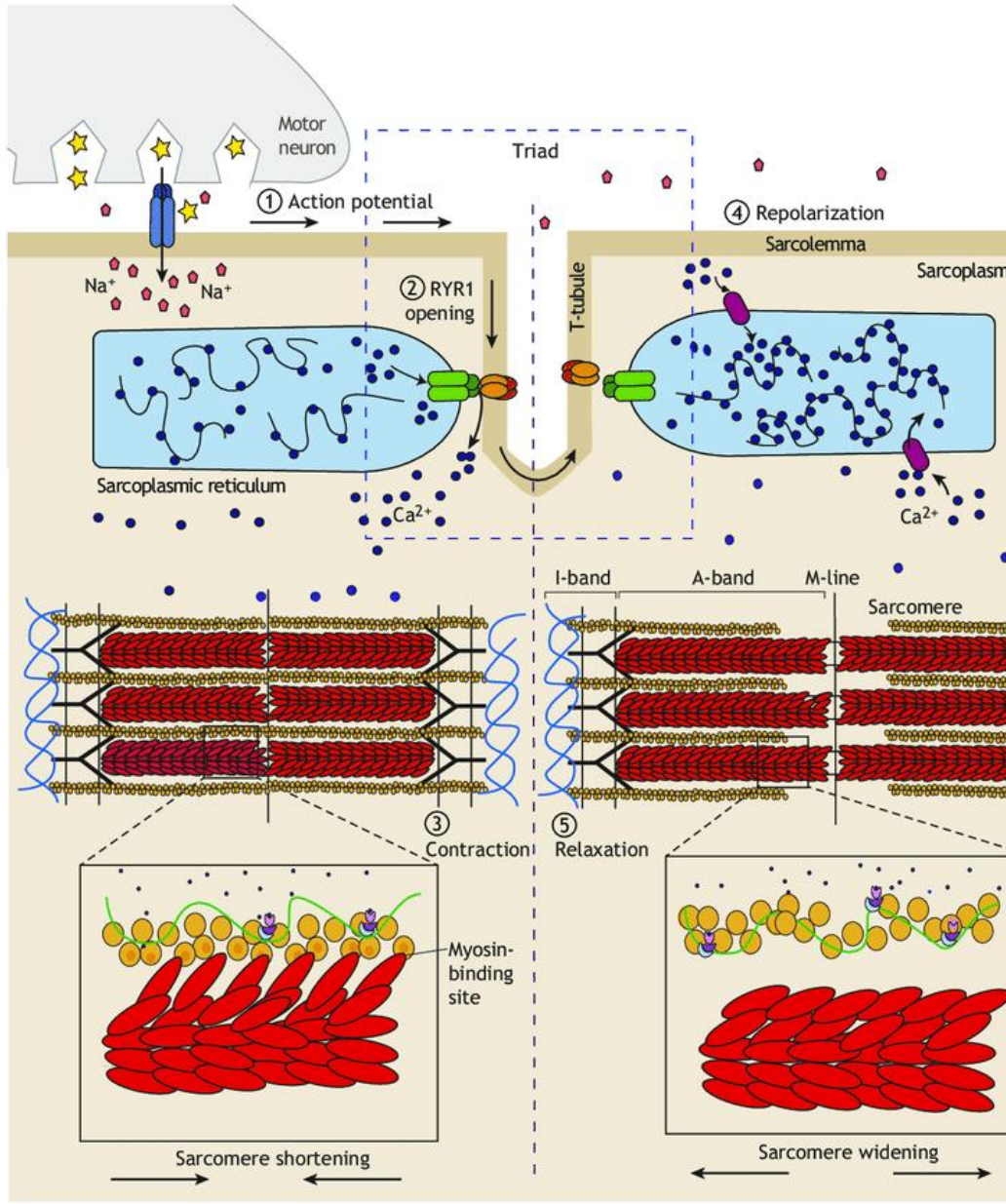
https://www.jvpt.ir/

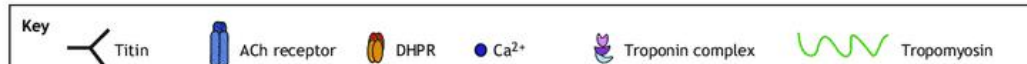
مکانیسم عمومی انقباض



مکانیسم عمومی انقباض







مکانیسم عمومی انقباض

- **گیرنده های رایانودین:**

باعث رهاسازی یون های کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی می شوند ، این یک مرحله اساسی در انقباض عضله است. در عضله اسکلتی تصور می شود که فعال سازی از طریق اتصال فیزیکی به گیرنده دی هیدروپیریدین اتفاق می افتد ، در حالی که در عضله قلب ، مکانیسم اصلی آزاد سازی کلسیم ناشی از کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی است.

- **گیرنده دی هیدروپیریدین:**

گیرنده های حساس به ولتاژ هستند که با انتقال پتانسیل عمل غشا از طریق توبولهای T به این گیرنده ا فعال شده و از طریق مکانیسم ناشناخته ای باعث فعال شدن گیرنده های ریانودین می شوند که در نهایت باعث خروج کلسیم از شبکه سارکوپلاسمیک به سیتوزول می شود.

https://www.lovfitir/

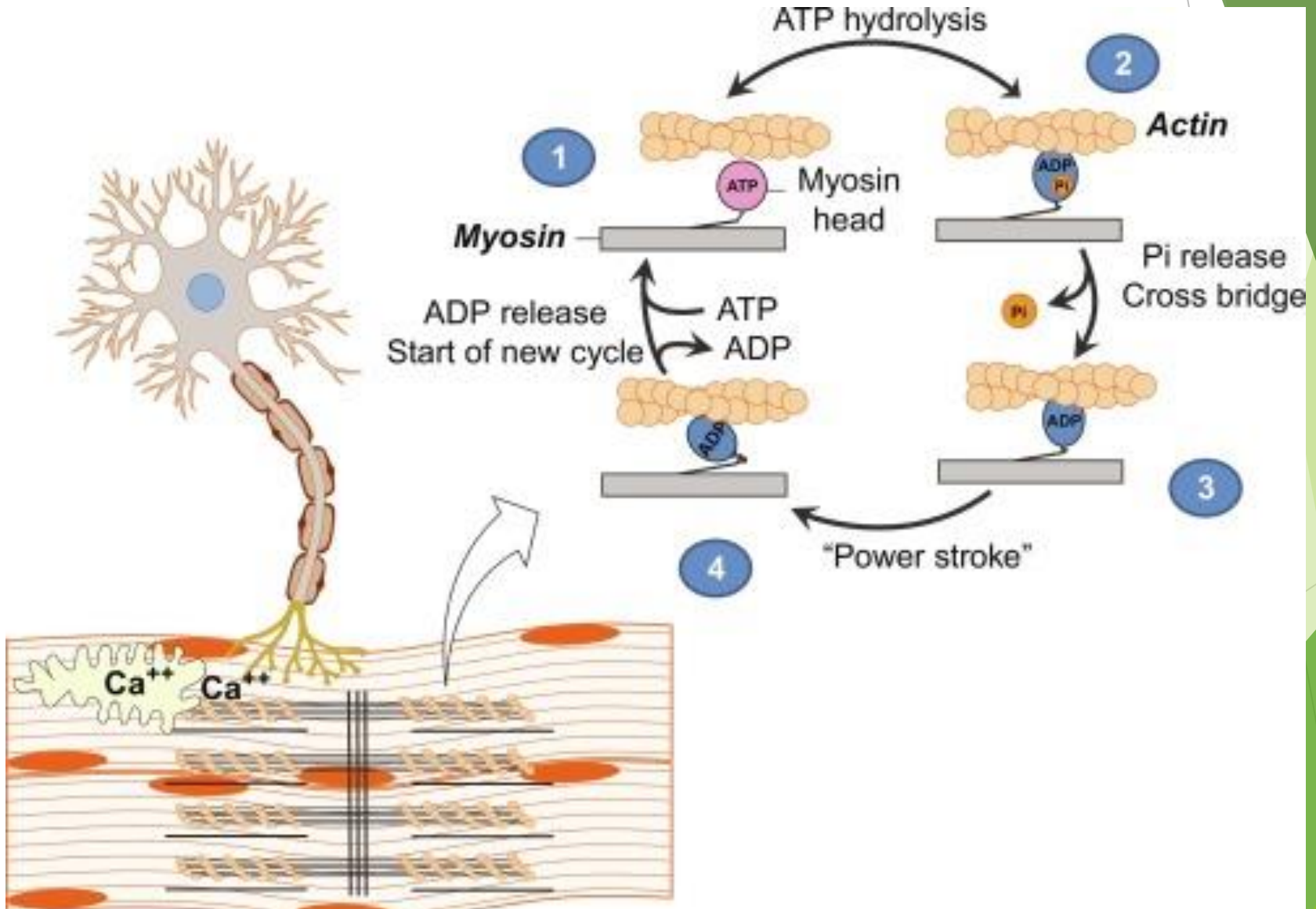
مکانیسم عمومی انقباض

- یونهای کلسیم با اتصال به تروپونین و کنار زدن تروپومیوزین نیروی جاذبه میان فیلامان های اکتین و میوزین ایجاد کرده و موجب لغزیدن آنها در کنار یکدیگر می شود که همان روند انقباض است.

- بعد از مدت زمان نزدیک به یک ثانیه دوباره یونهای کلسیم توسط پمپ کلسیمی به داخل رتیکولوم سارکوپلاسمیک تلمبه زده می شود و در آنجا به صورت ذخیره شده باقی می ماند تا زمانی که پتانسیل عمل بعدی از راه برسد. (با حذف یون کلسیم انقباض از بین می رود)

https://www.joyfit.ir/

مکانیسم عمومی انقباض



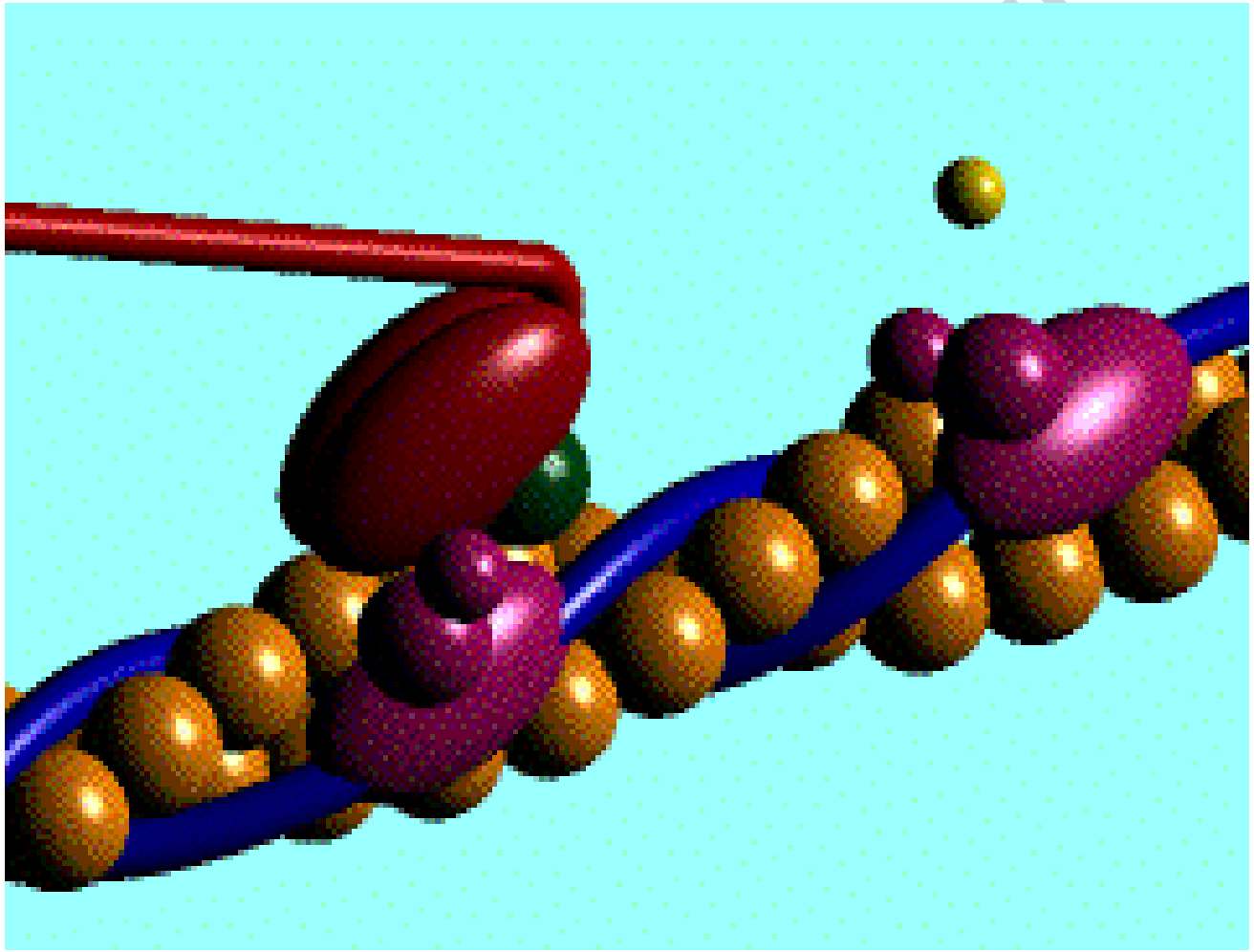
سرنوشت استیل کولین ترشح شده در ترمینال عصبی عضلانی:

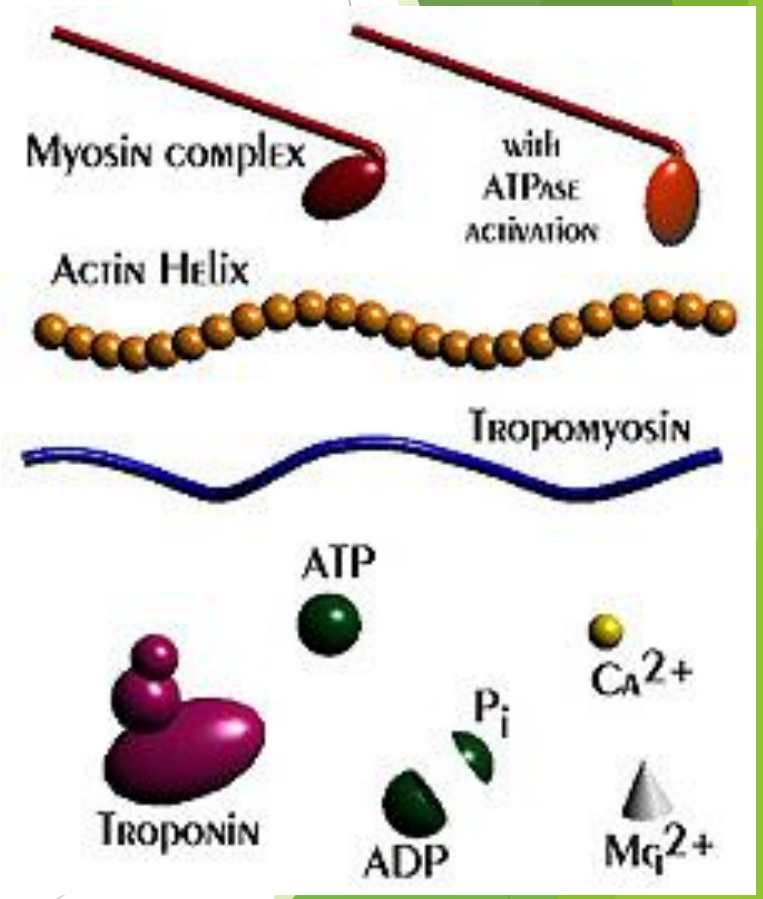
- هنگامی که یک ایمپالس عصبی به محل تماس عصبی عضلانی میرسد حدود ۱۲۵ وزیکول استیل کولین از سلول عصبی به داخل شکاف سیناپسی آزاد می شود و با باز کردن کانالهای یونی دریچه دار وابسته به استیل کولین مقادیر زیادی سدیم وارد سلول عضلانی شده و یک پتانسیل صفحه انتهایی در غشائ فیبر عضلانی در محل پیوستگاه بوجود می آورد.

- استیل کولین آزاد شده پس از تحریک سلول عضلانی به سرعت توسط آنزیم کولین استراز منهدم می شود.

http://www.iefit.ir/

واکنش اکتین و میوزین





عضله اسکلتی

- **انقباض ایزومتریک(isometric):**
- **هنگامی که عضله در زمان انقباض کوتاه نشود اصطلاحا انقباض ایزومتریک گویند و در این صورت هیچگونه کاری انجام نمی شود.**
- **انقباض ایزوتونیک(isotonic):**
- **در این حالت عضله در زمان انقباض کوتاه می شود یا کشیده می شود.شامل:**

انقباض عضلانی اکسنتریک(Eccentric):

یا برون گرا زمانی رخ می دهد که نیرویی که به عضله وارد می شود از نیروی لحظه ای تولید شده توسط خود عضله فراتر رود و در نتیجه باعث انقباض طولانی مدت سیستم تاندون عضله شود

درسراشیبی یا پایین آمدن از پله ها انقباض برون گرای عضلات اکستنسورزانو کاملا مشخص می شود.

انقباض عضلانی کانسنتریک(Concentric):

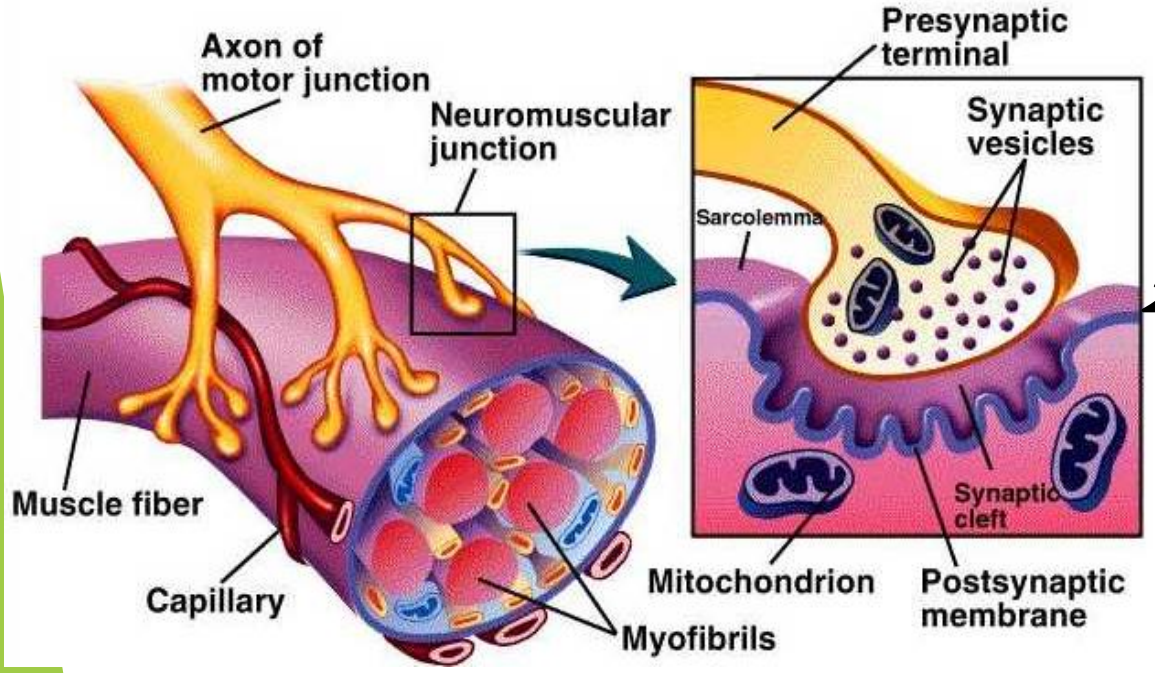
در حین انقباضات عضله در نیروی عضله بر مقاومت خارجی غلبه می کند و عضله در طی انقباض کوتاه می شود مثل حرکت دوسر بازو

https://www.jeyfit.ir/

عضله اسکلتی

- **واحد حرکتی:**
- **مجموعه فیبرهای عضلانی که از یک فیبر عصبی حرکتی عصب می گیرند بعنوان یک واحد حرکتی (motor unit) تعریف میشود.**
- **بطور کلی عضلات کوچک که واکنشهای سریع دارند و کنترل آنها دقیق است تعداد کمی فیبر عضلانی (۲–۳ فیبر) یک واحد حرکتی را تشکیل می دهد.**

یک واحد حرکتی دارای نوع یکسانی از تارهای عضلانی است.



- **ترتیب فراخوانی واحدهای حرکتی:**

از واحدهای حرکتی کوچکتر که نورونها جسم سلولی کوچکتر دارند و آستانه تحریکشان پایین تر است(فیبر های نوع یک) به واحدهای حرکتی بزرگ تر که آستانه تحریک بالاتر دارند(فیبر نوع دو) منتقل می شوند.

www.jeyfit.ir

عضله اسکلتی

https://www.jeyfit.ir/

- **منبع انرژی عضلانی:**

- ATP
- **کراتین فسفات**
- **تجزیه گلیکوژن در مسیر گلیکولیز**
- **متابولیسم اکسیداتیو**

انواع فیبر در یک عضله اسکلتی

۱) فیبرهای عضلانی تند انقباض (نوع ۲)

فیبرهای عضلانی تند انقباض که همچنین با نام فیبرهای عضلانی نوع ۲ نیز شناخته می‌شوند دارای سرعت انقباض بیشتری هستند و پتانسیل رشد آنها نسبت به فیبرهای ماهیچه‌ای کند انقباض ٪۲۵ تا ٪۷۵ بیشتر می‌باشد. به همین دلیل است که به طور کلی فیبرهای تند انقباض را برای ورزش‌هایی نظیر بسکتبال، فوتبال و دو سرعت بهتر در نظر می‌گیرند.
اما نکته منفی در مورد این فیبرهای ماهیچه‌ای این است که زود خسته می‌شوند، به این معنی که قبل از خسته شدن نمی‌توانند تعداد انقباض مورد نیاز را انجام دهند. همچنین برای کارکرد دوباره در بالاترین حد مدتی را باید صرف زمان ریکاوری آنها کرد

به فیبرهای ماهیچه‌ای تند انقباض همچنین گاهی اوقات فیبرهای ماهیچه‌ای سفید نیز گفته می‌شود زیرا دارای میتوکندری کمتری هستند. برای فیبرهای تند انقباض نیز دو نوع اصلی وجود دارد :

- ۱.فیبرهای تند انقباض Type IIx
- ۲.فیبرهای تند انقباض Type IIa

https://www.jeuit.ir/

انواع فیبر در یک عضله اسکلتی

https://www.jeyfit.ir/

۱) فیبرهای عضلانی تند انقباض (نوع ۲)

- Type IIx

را می‌توان فیبرهای تند انقباض خالص نیز نامید. آنها با سرعت بسیار زیادی منقبض می‌شوند در زمان کوتاه تری خسته می‌شوند و برای ریکاوری نیازمند زمان زیادی هستند.

- Type IIa

چیزی مابین فیبرهای ماهیچه‌ای تند انقباض و کند انقباض هستند. سرعت انقباض آنها متوسط است به سرعت خسته نمی‌شوند و همچنین زمان زیادی را نیز برای ریکاوری نیاز ندارند.

انواع فیبر در یک عضله اسکلتی

طبقه بندی تار های عضلانی			
سیستم (۱)	نوع I	نوع II_a	نوع II_x
سیستم (۲)	کند تنش (ST)	تندتنش a (FT_a)	تندتنش X (FT_x)
سیستم (۳)	اکسایشی آهسته(SO)	اکسایشی/گلیکولیتیکی سریع(FOG)	گلیکولیتیکی سریع (FG)

ویژگی انواع تارهای عضلانی			
ظرفیت اکسایشی	بالا	متوسط بالا	پایین
ظرفیت گلیکو لیتکی	پایین	بالا	بالاترین
سرعت انقباض	آهسته	سریع	سریع
مقاومت در برابرخستگی	بالا	متوسط	پایین
قدرت واحد حرکتی	پایین	بالا	بالا

عضله اسکلتی

- **خستگی عضلانی:**
- **بدنبال فعالیت شدید عضلانی افت انرژی حادث میشود و به اصطلاح خستگی عضلانی بوجود می آید.**

- **نوع دیگر خستگی عضلانی بدنبال فعالیتهای طاقت فرسا و شدید مشاهده می شود که در نتیجه کاهش تعداد وزیکولهای استیل کولین در محل سیناپس عصبی عضلانی بوجود می آید این نوع خستگی را خستگی عصبی می گویند.**

https://www.jeyfit.ir/

عضله اسکلتی

https://www.pyfit.ir/

- **هیپرتروفی:**
- **در این حالت تعداد فیلامانهای اکتین و میوزین افزایش می یابد و در طی آن توده کلی عضله زیاد می شود.**
-
- **آتروفی:**
- **در صورتیکه عضله بمدت طولانی بدون مصرف باقی بماند انهدام پروتئینهای انقباضی سریعتر از جایگزینی انجام می گیرد و در نتیجه توده کلی عضلانی کاهش می یابد که آنرا به اصطلاح آتروفی عضلانی می گویند.**

https://www.jeyfit.ir/

ممنون از توجه شما