

**مرفولوژی حشرات**  
**گروه گیاهپزشکی-دانشگاه تهران**

**ماهیه ها در حشرات**

**Muscles in insects**

**وحید حسینی نوه**

توانایی حرکت و ویژگی جانوران زنده است.

- ماهیچه ها: پرواز، راه رفتن، پریدن، خزیدن، حفر کردن، شنا کردن و...

- همه ماهیچه های حشرات مخطط هستند.

- ماهیچه های حشرات در دو گروه قرار می گیرند:

1- ماهیچه های اسکلتی (skeletal muscles)

- وظیفه: به حرکت در آوردن قسمتی از اسکلت نسبت به قسمت دیگر

- معمولا بصورت جفت های آنتاگونیست

- یک ماهیچه از جفت ماهیچه زائده را خم می کند (flexor).

- یک ماهیچه از جفت ماهیچه زائده را باز می کند (extensor).

- تعداد کمی از ماهیچه ها بصورت جفت آنتاگونیست نیستند.

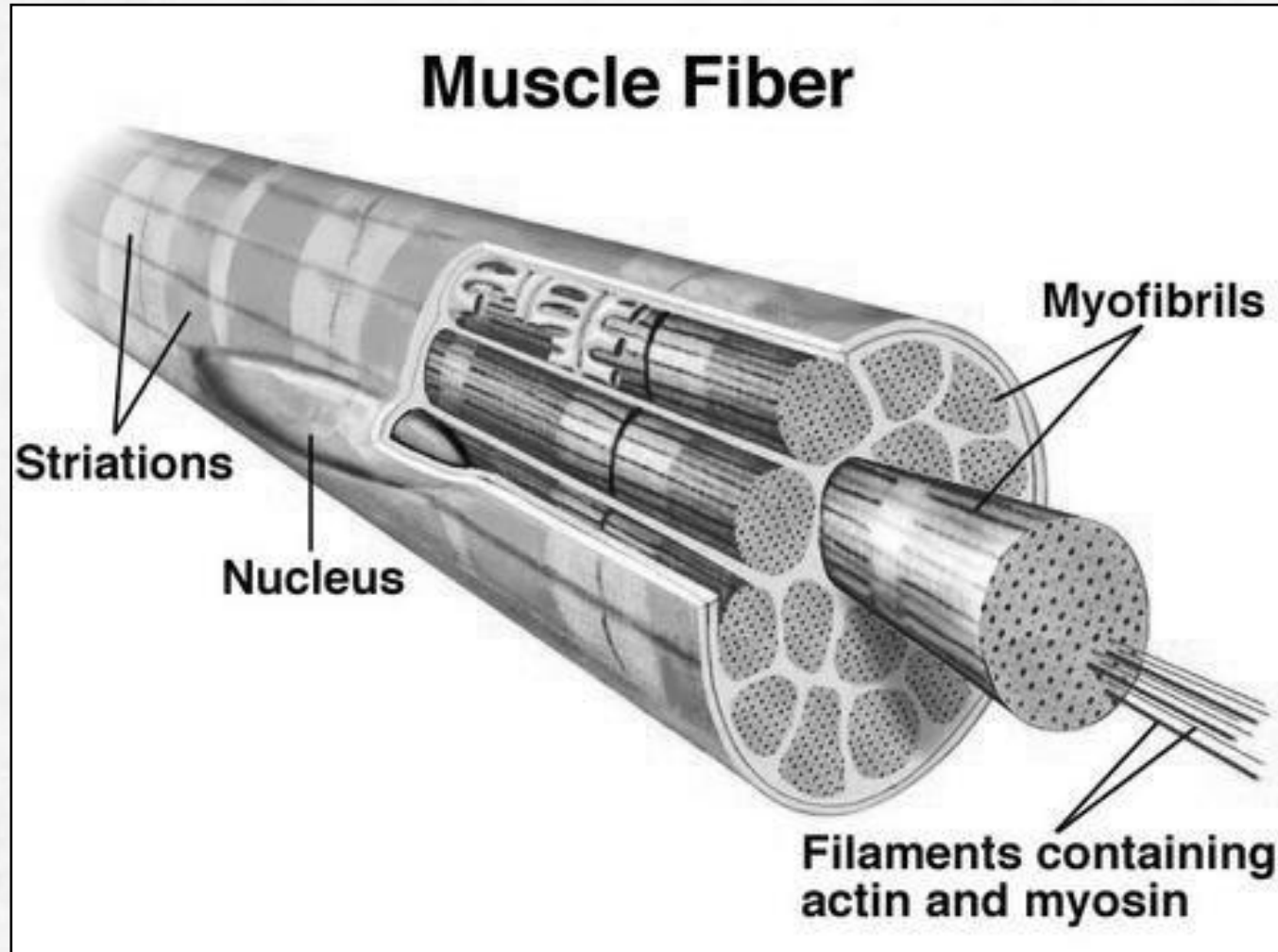
- ماهیچه های شنوایی در زنجیره ها

- معمولا ماهیچه های synchronous هستند.

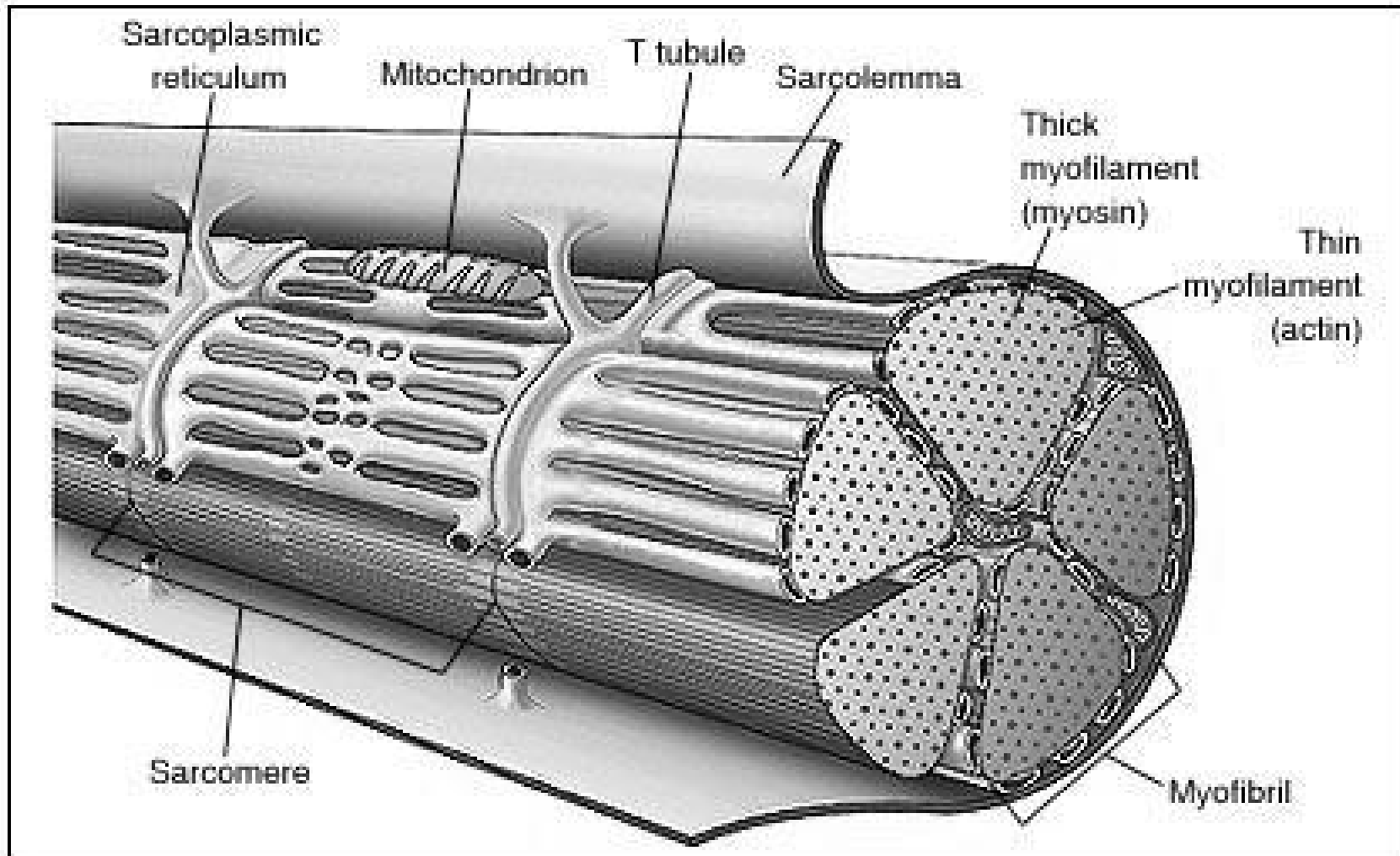
2- ماهیچه های احشایی (visceral muscles)

- در اندامهای داخلی مانند قلب، لوله گوارش و دستگاه تولید مثل.

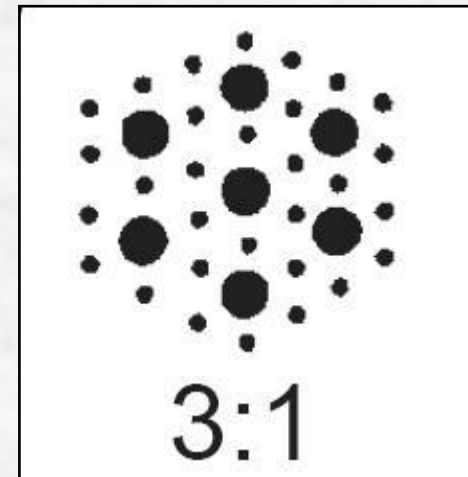
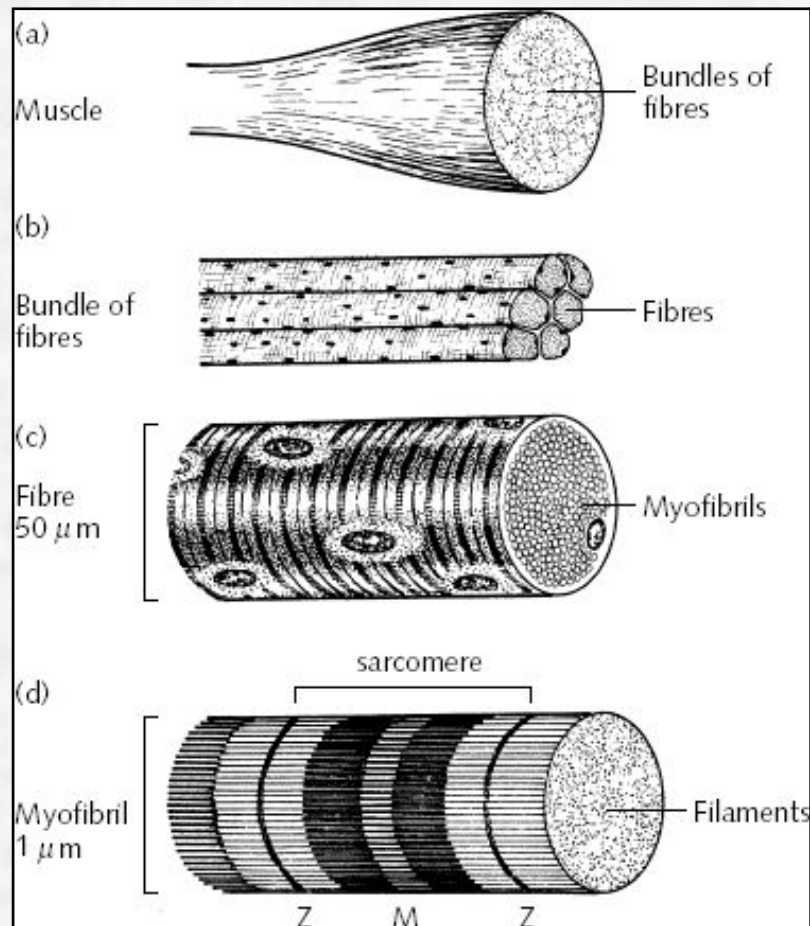
- در حشرات یک ماهیچه معمولا از چندین **muscle fibers** طويل تشكيل می شود (10 تا 20 واحدی).
- هر فیبر ماهیچه ای از سلولهای طويل چند هسته ای بنام فیبر (fiber) تشكيل شده است (ماهیچه های اسکلتی).
- در ماهیچه های احشایی فیبر ماهیچه ای تک هسته ای است.

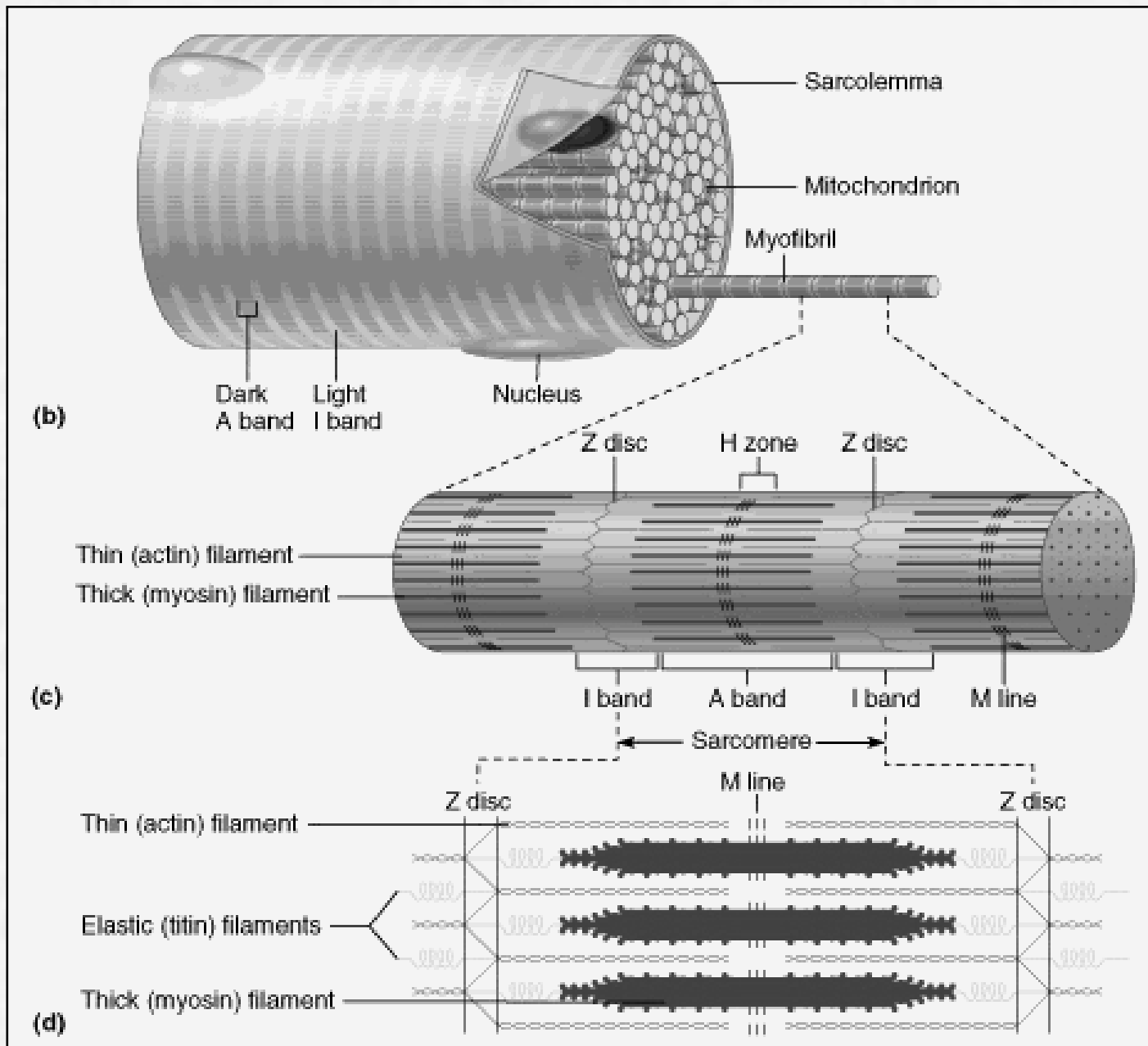


- سیتوپلاسم هر فیبر (sarcooplasm) حاوی چندین میتوکندری (sarcosome) است.
- در واقع هر فیبر حاوی تعداد زیادی (myofibrils (= fibrillae = sarcostyles) است که بطور موازی در سارکوپلاسم سلول قرار گرفته اند.

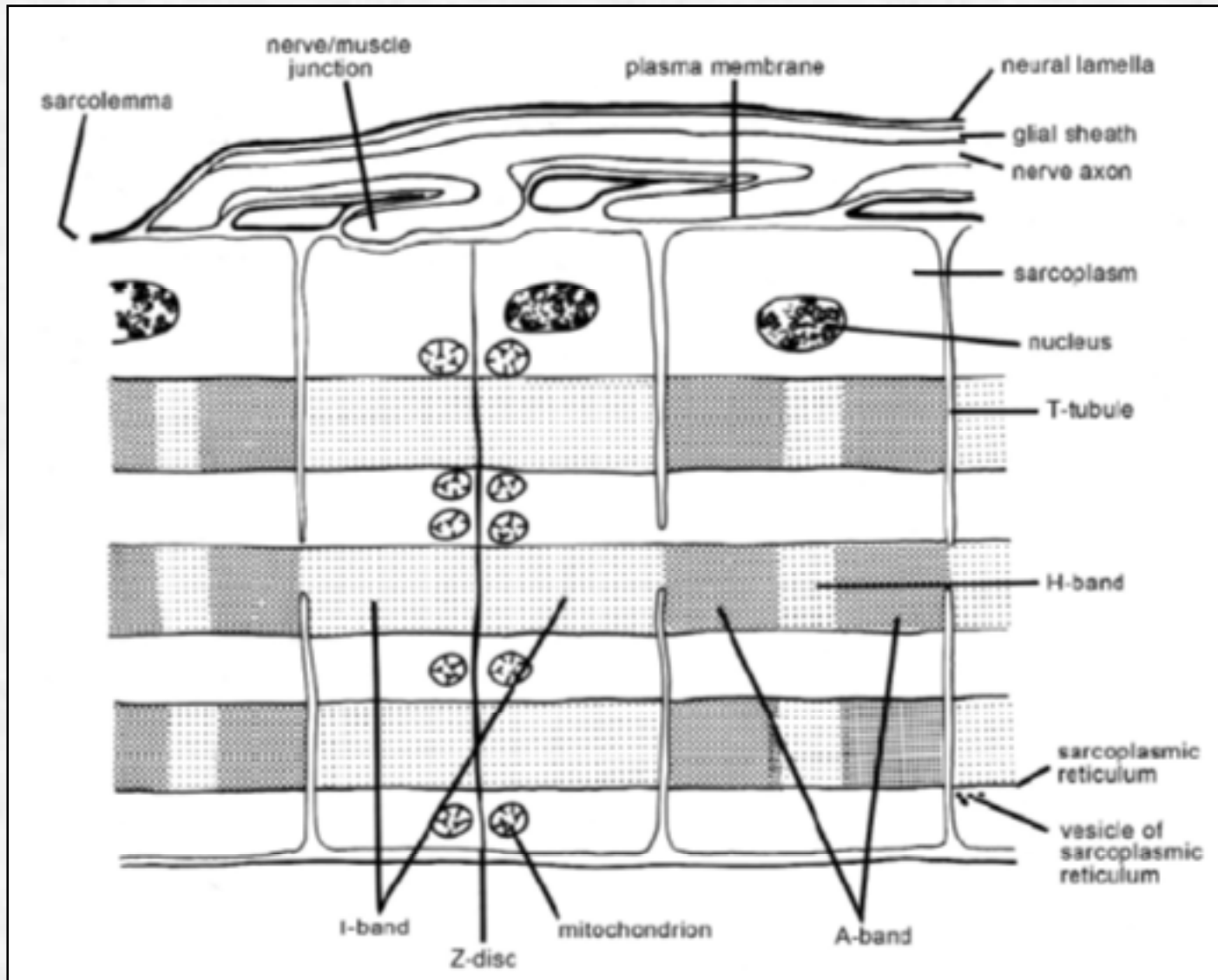


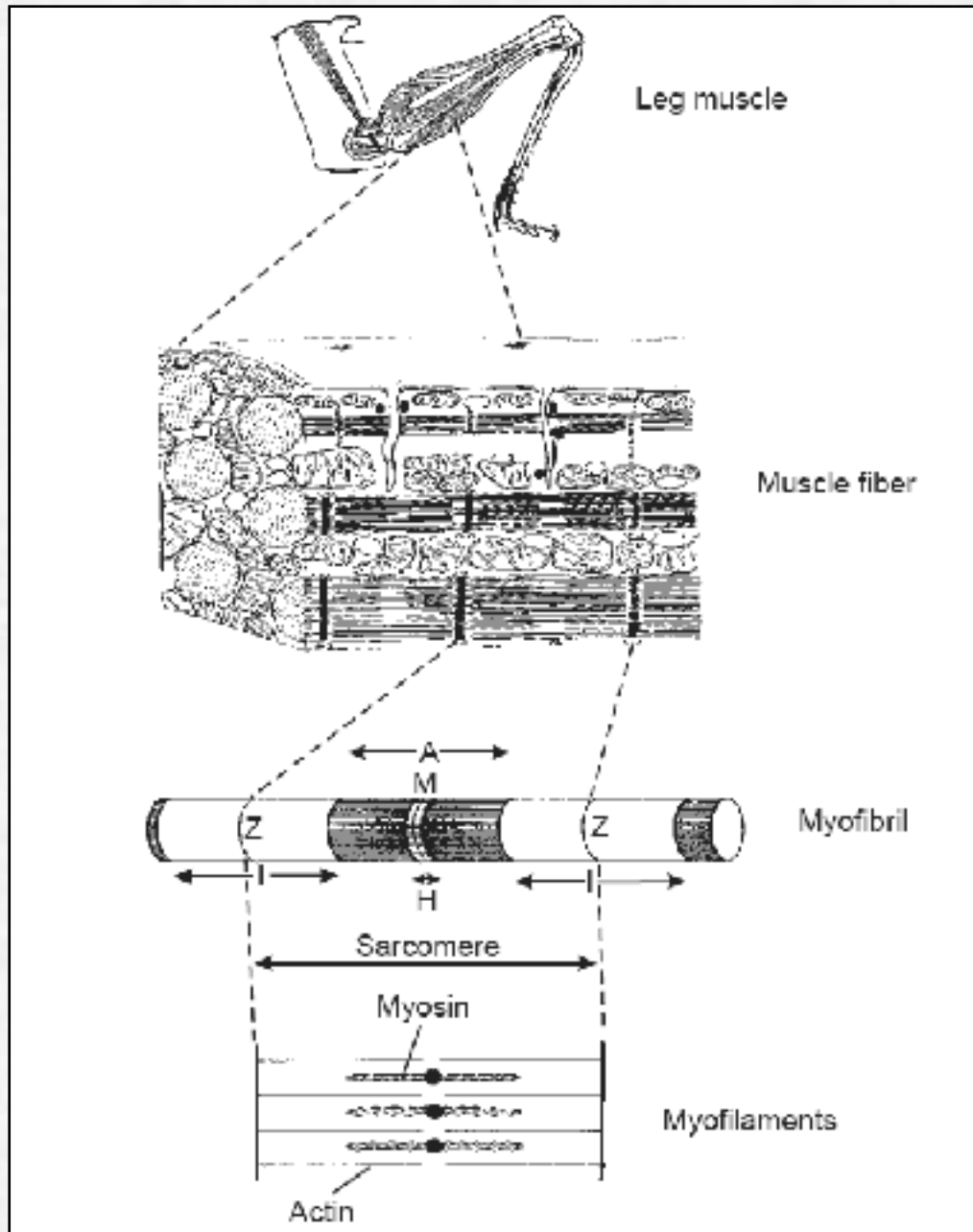
- هر میوفیبریل از رشته های قابل انقباض (contractile filaments) بنام myofilament که از دو پروتئین اکتین (actin) و میوزین (myosin) تشکیل شده است.
- فیلامنتهای ضخیم تر (میوزین) توسط تعداد زیادی فیلامنتهای باریکتر (actin) احاطه شده اند.
- میوفیلامنتهای اکتین همراه با پپتیدهای تنظیمی tropomyosin و troponin است.
- هر میوفیلامنت ضخیم (Myosin) معمولا توسط 6 میوفیلامنت باریک (Actin) احاطه شده است (نسبت 3 به 1).





- باندهای تاریک (A bands) نواحی که اکتین و میوزین همپوشانی دارند و باندهای روشن تر مشخص کننده نواحی است که فقط اکتین (I bands) یا میوزین (H bands) وجود دارد.





**H-zone**: در مرکز باند A

**A**: anisotropic

**I**: isotropic

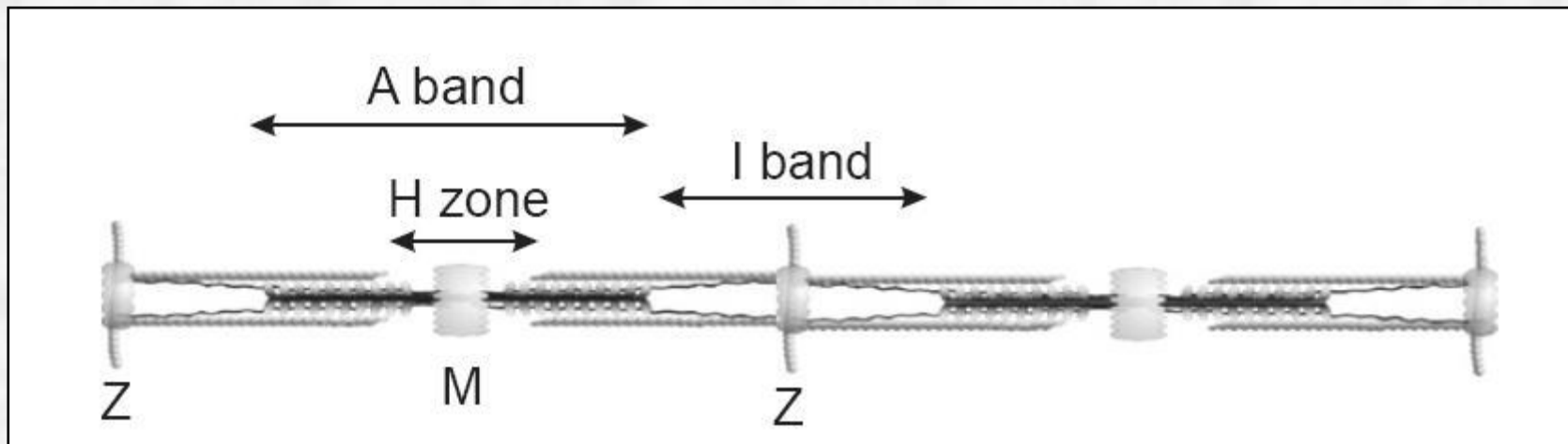
**H**: helle (german): bright

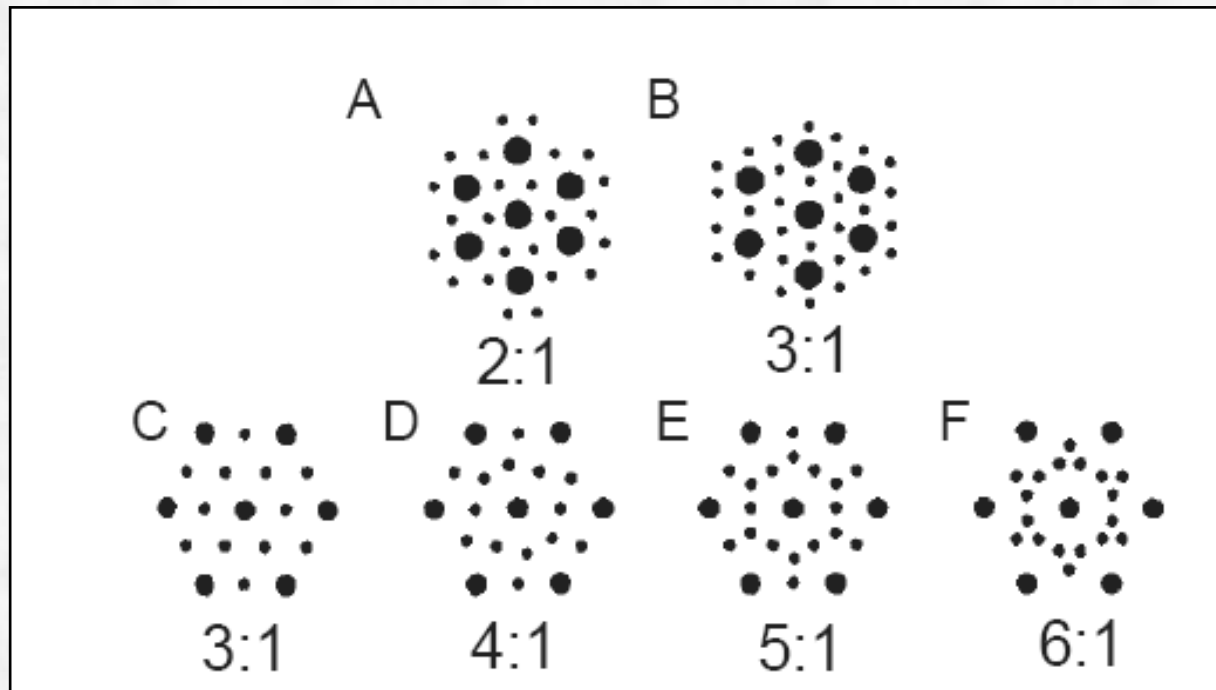
**M**: middle

-----  
**M line** - اتصال عرضی میوزینها به هم در وسط سارکومر



- علاوه بر این باندها، میکروسکوپ الکترونی نشان داده است که ساختارهای باریک متقاطعی در فیبر ماهیچه ای وجود دارد (Z-line, Z-disc, Z-body).
- هر یک از این خطوط Z در مرکز باندهای I از عرض فیبر می گذرد و بخش های قابل انقباض جداگانه ای بنام سارکومر (sarcomere) را تفکیک می کند (ناحیه بین دو خط Z را سارکومر گویند).
- یک میوفیبریل از هزاران سارکومر (بطول 2 میکرون) تشکیل شده است.
- سارکومرهای ماهیچه های احشایی بلندتر هستند (7 تا 10 میکرون).
- سارکومر در ماهیچه های به سرعت منقبض شونده کوتاه تر هستند.
- چسبیده به هر طرف خط Z فیلامنتهای اکتینی هستند که به فیلامنتهای میوزین متصل هستند.





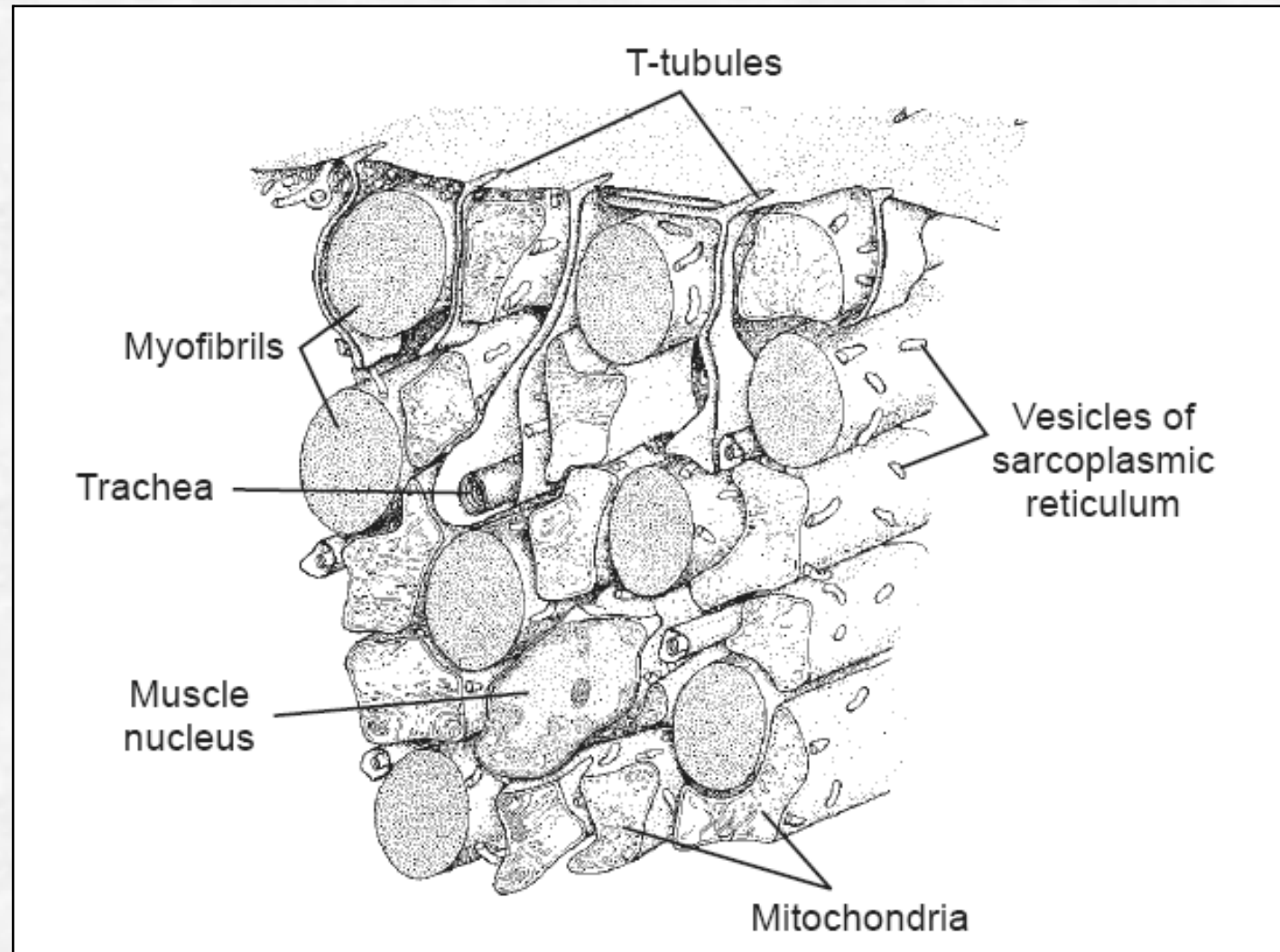
**Cross section of actin (small circles) and myosin (large circles) from various muscles. A. 2 : 1 ratio from vertebrate skeletal muscles. B. and C. 3 : 1 ratio from insect flight muscle. D. 4 : 1 ratio from flight muscle E. 5 : 1 ratio from insect skeletal muscle. F. 6 : 1 ratio from insect visceral muscle.**

**-high ratio associated with a slower contraction**

Muscle type	I:A ratio
Vertebrate skeletal muscle	2:1
<i>Lethocerus</i> flight muscle	3:1
<i>Neoconocephalus</i> flight muscle	3:1
<i>Calliphora</i> heart muscle	4:1
Cockroach flight muscle	4:1
Butterfly flight muscle	4:1
Locust retractor muscle	5:1
Locust extensor muscle	5:1
Cockroach leg muscle	5.4:1
Cockroach intersegmental muscle	6:1
<i>Carausius</i> visceral muscle	6:1

**Ratios of I : A bands found in the muscles**

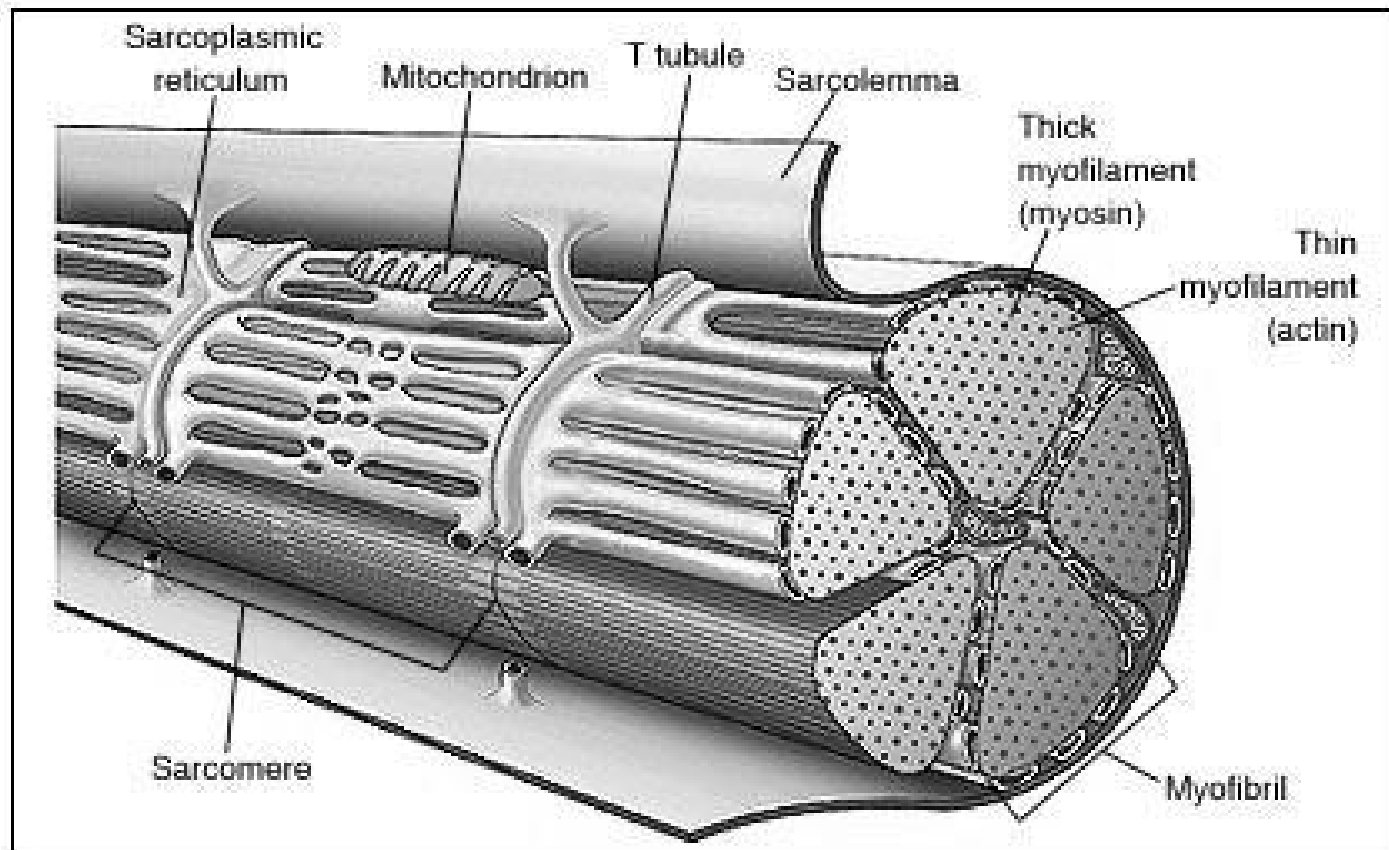
T - در فواصل معین غشا پلاسمایی (sarcolemma) فیبر ماهیچه ای فرورفتگی های عمیقی پیدا می کند و سیستم (transverse system=transverse tubules) را تشکیل می دهد (انتقال تحریک الکتریکی از سطح به داخل ماهیچه).



- شبکه سارکوپلاسمیک (sarcoplasmic reticulum=SR) شبکه گسترده ای از غشا های داخلی بصورت وزیکولهای است که بطور طولی روی سطح میوفیبریل های ماهیچه قرار می گیرد (منبع یون کلسیم).

- SR نقش مهمی در فرایند انقباض ماهیچه ای ایفا می کند.

- Transverse tubules و sarcoplasmic reticulum در کنار یکدیگر به هم می چسبند و dyad یا triad را تشکیل می دهند.



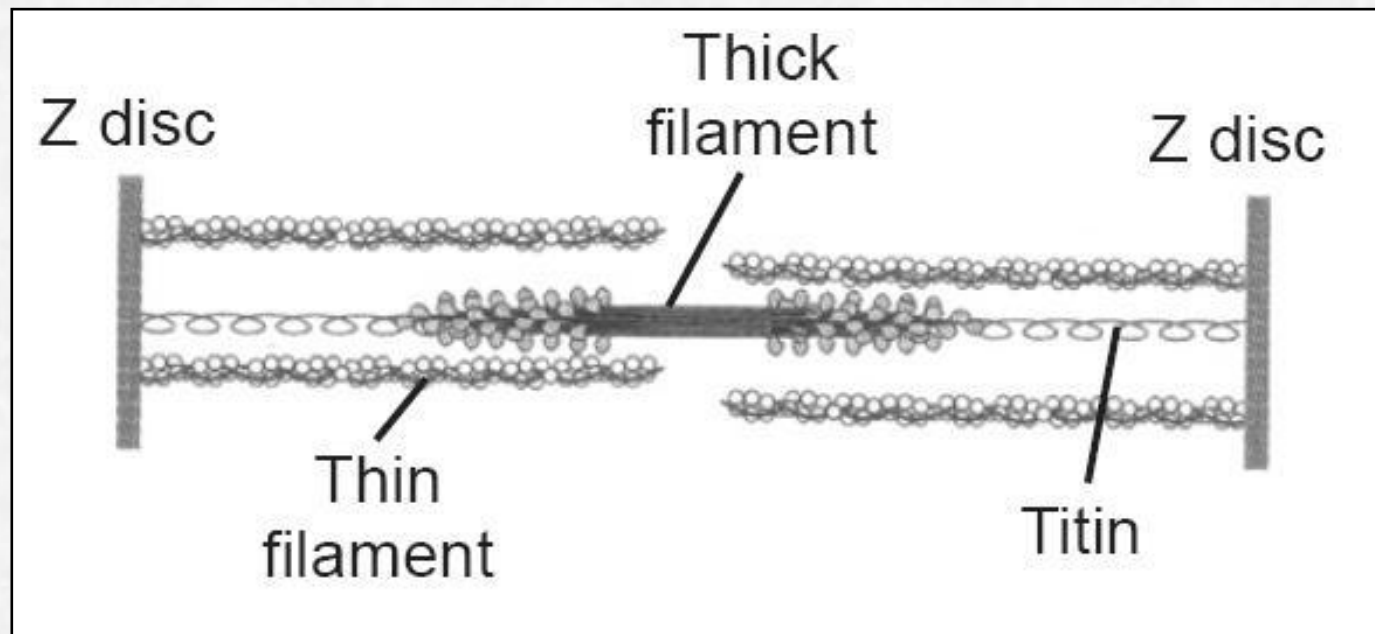
- چندین پروتئین دیگر در سارکومر حشرات وجود دارد:

1 - paramyosin: فسفوپروتئینی است که یک بخش اصلی ساختمانی رشته های ضخیم را تشکیل می دهد.

- نسبت پارامیوزین به میوزین با توجه به مرحله زندگی حشره متفاوت است.

- در مگس سرکه کامل (1 به 34) و در لارو (1 به 6) (پارامیوزین به میوزین)

2 - titin: پروتئینی است که از Z disc ها به باند میوزین در مرکز سارکومر متصل می شود.

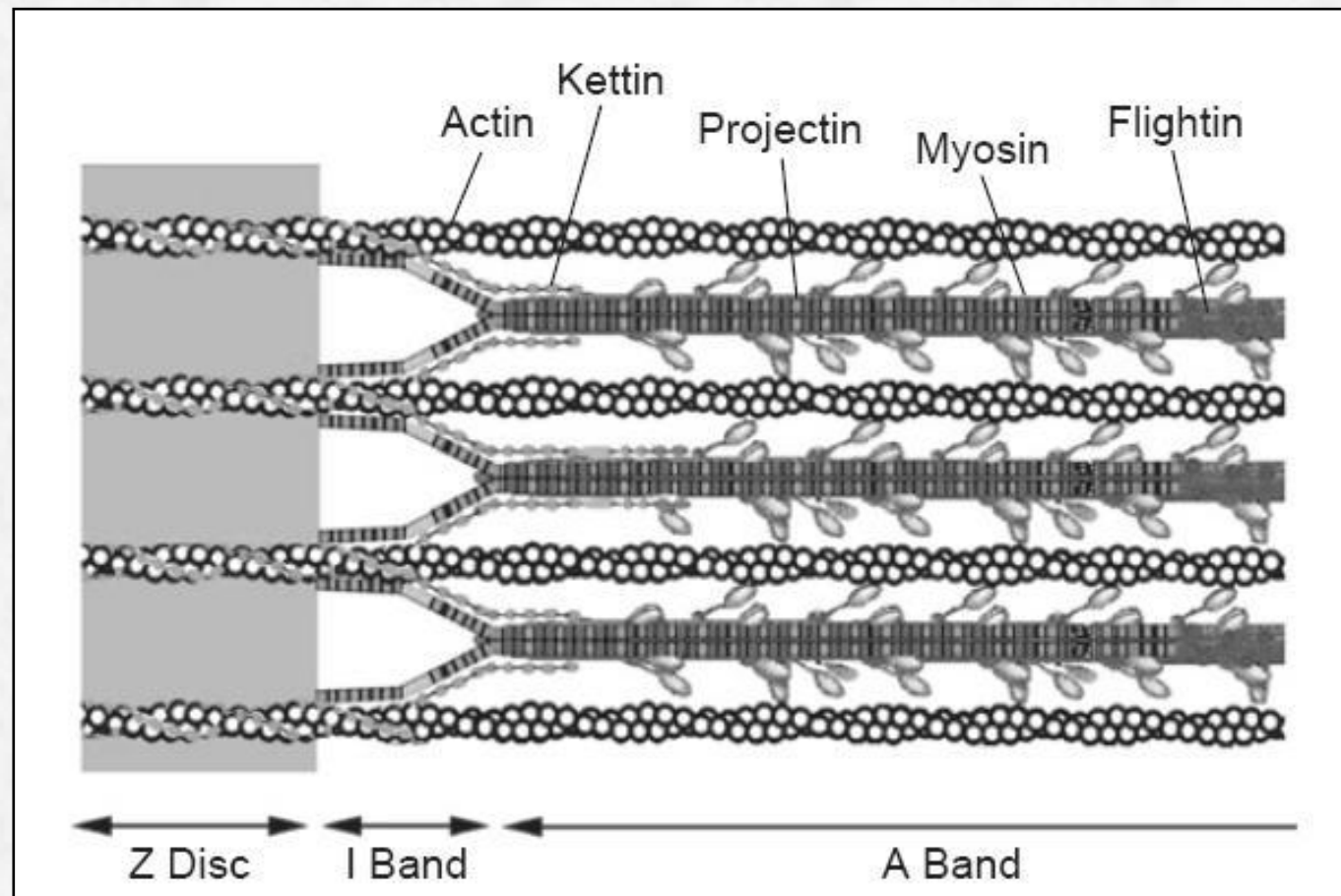


- چندین پروتئین دیگر در سارکومر حشرات وجود دارد:

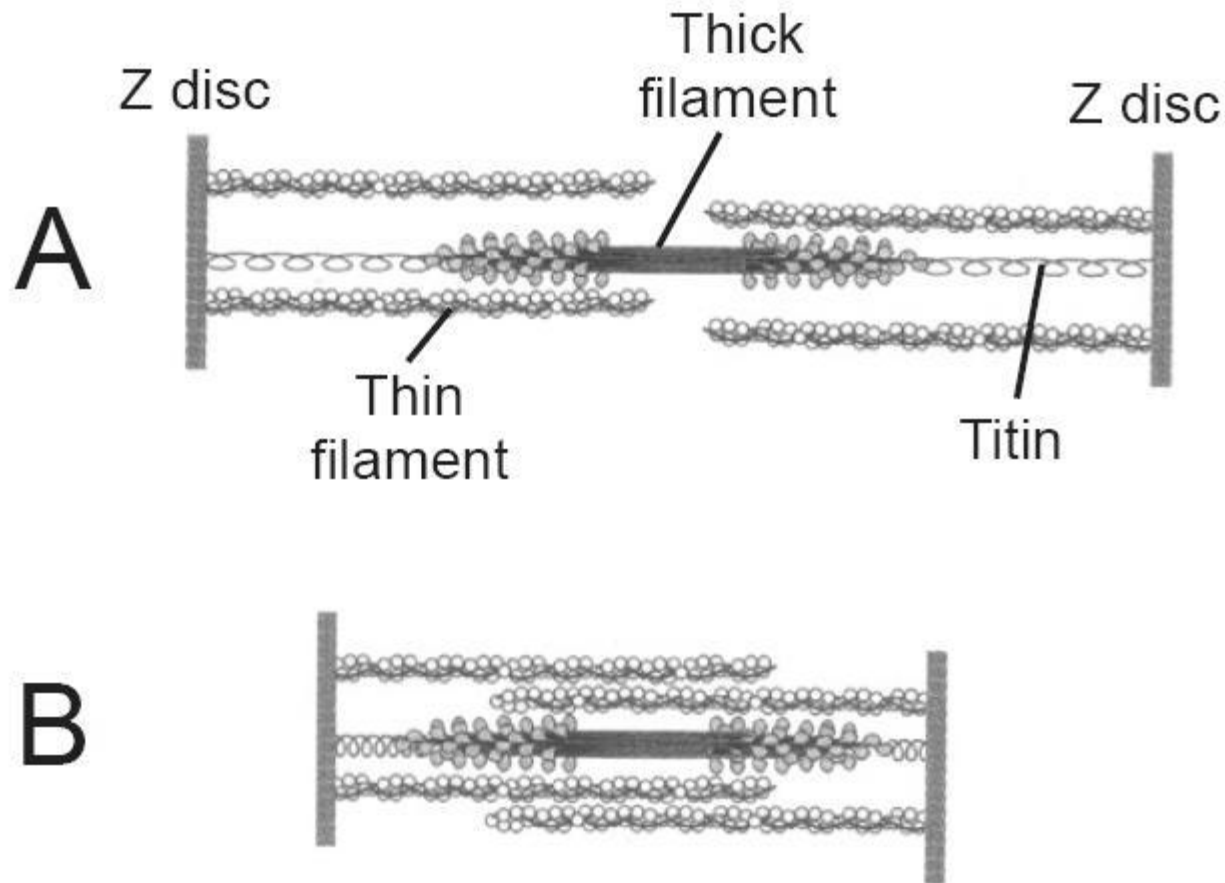
3 - projectin: از z-disc های ماهیچه های غیرمستقیم پرواز

4 - flightin: پروتئین متصل شونده به میوزین در ماهیچه های غیرمستقیم پرواز

5 - kettin: پروتئینی شبیه تیتین که پایداری و اتصال باندا را به Z disc فراهم می آورد.



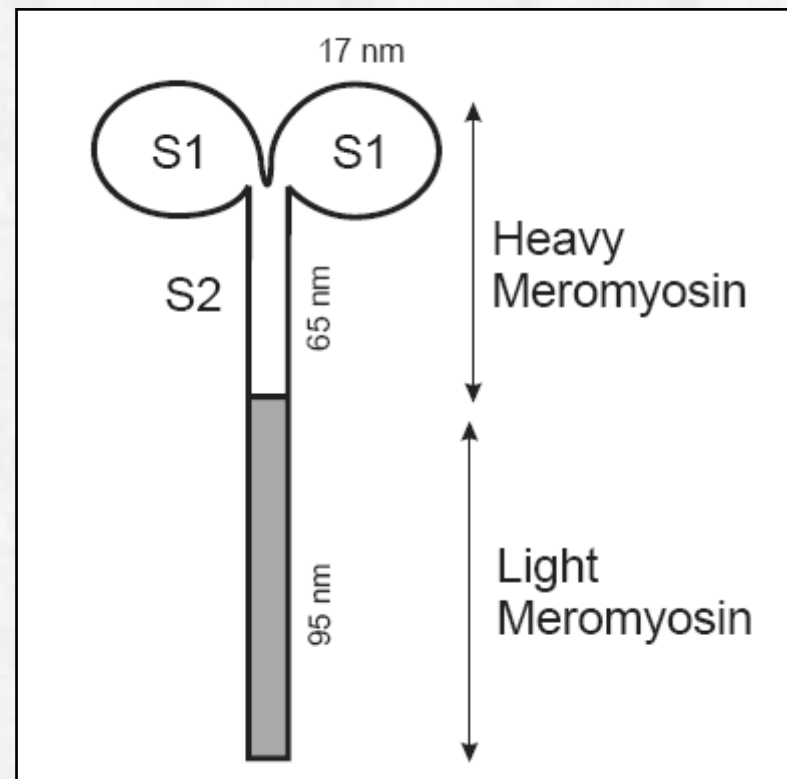
انقباض ماهیچه:



The location of titin stabilizing the myosin thick filaments and the sliding filament model of muscle contraction. A. Uncontracted. B. After contraction. The end plates of the sarcomere move closer together when the actin and myosin filaments slide past each other. The A band does not change in size, but both the I band and H zone decrease in size as the overlap between the myofilaments is altered

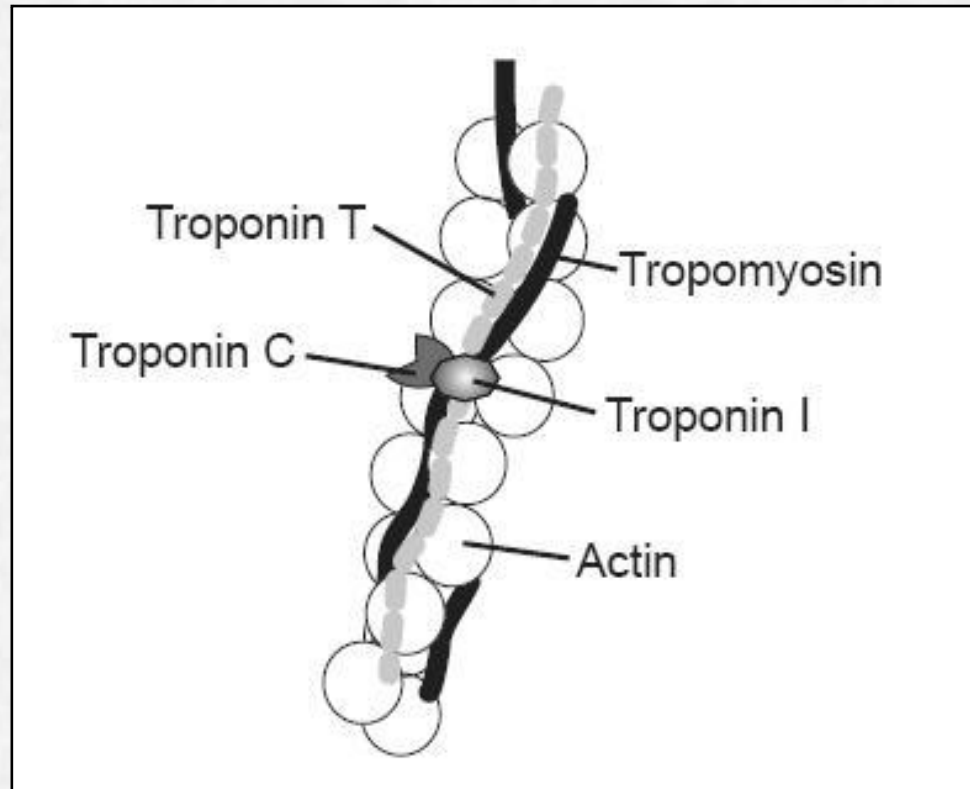


## انقباض ماهیچه:



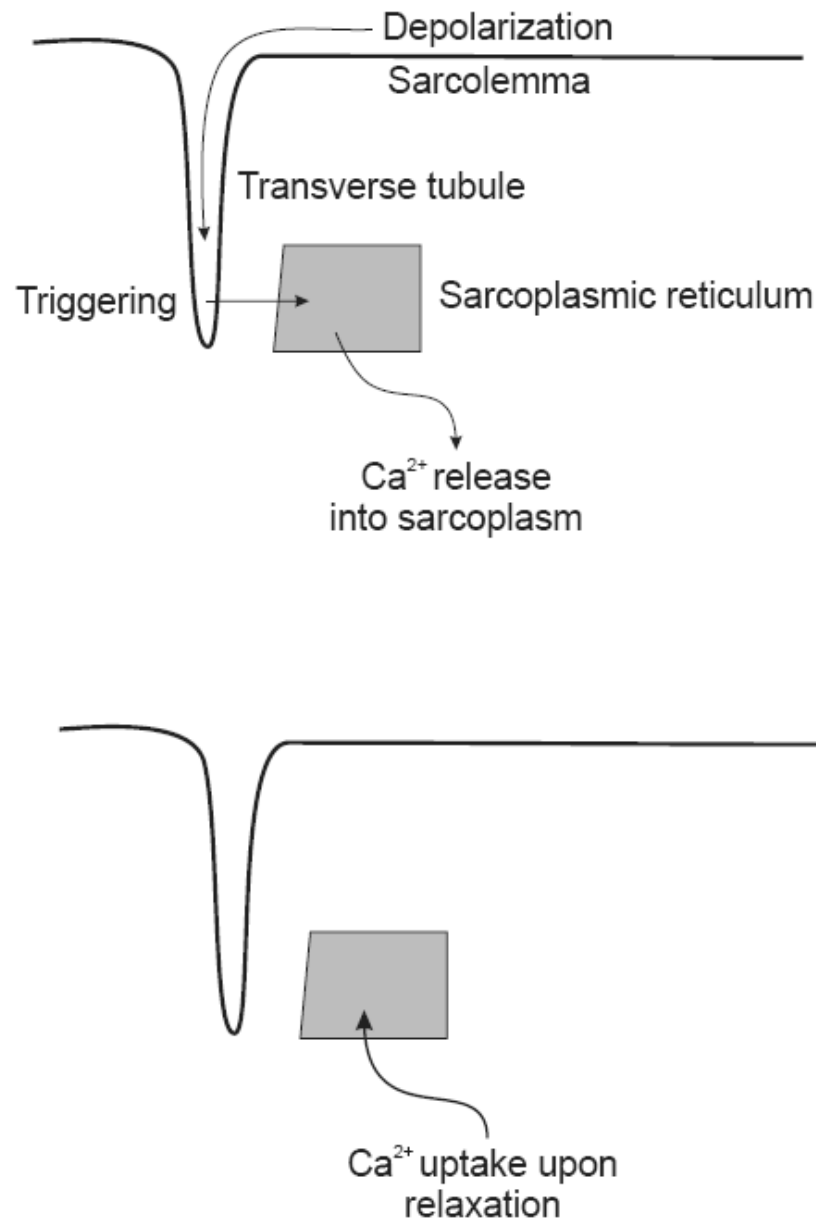
- The large myosin molecule consists of a number of polypeptide chains, and it is composed of light meromyosin filaments and a heavy meromyosin head.
- The heavy meromyosin generates the force during muscle contraction. It can be further divided into two components: a globular S1 that makes up the heads and has ATPase activity and a rod-shaped S2 region that links the heads with the filaments.

انقباض ماهیچه:



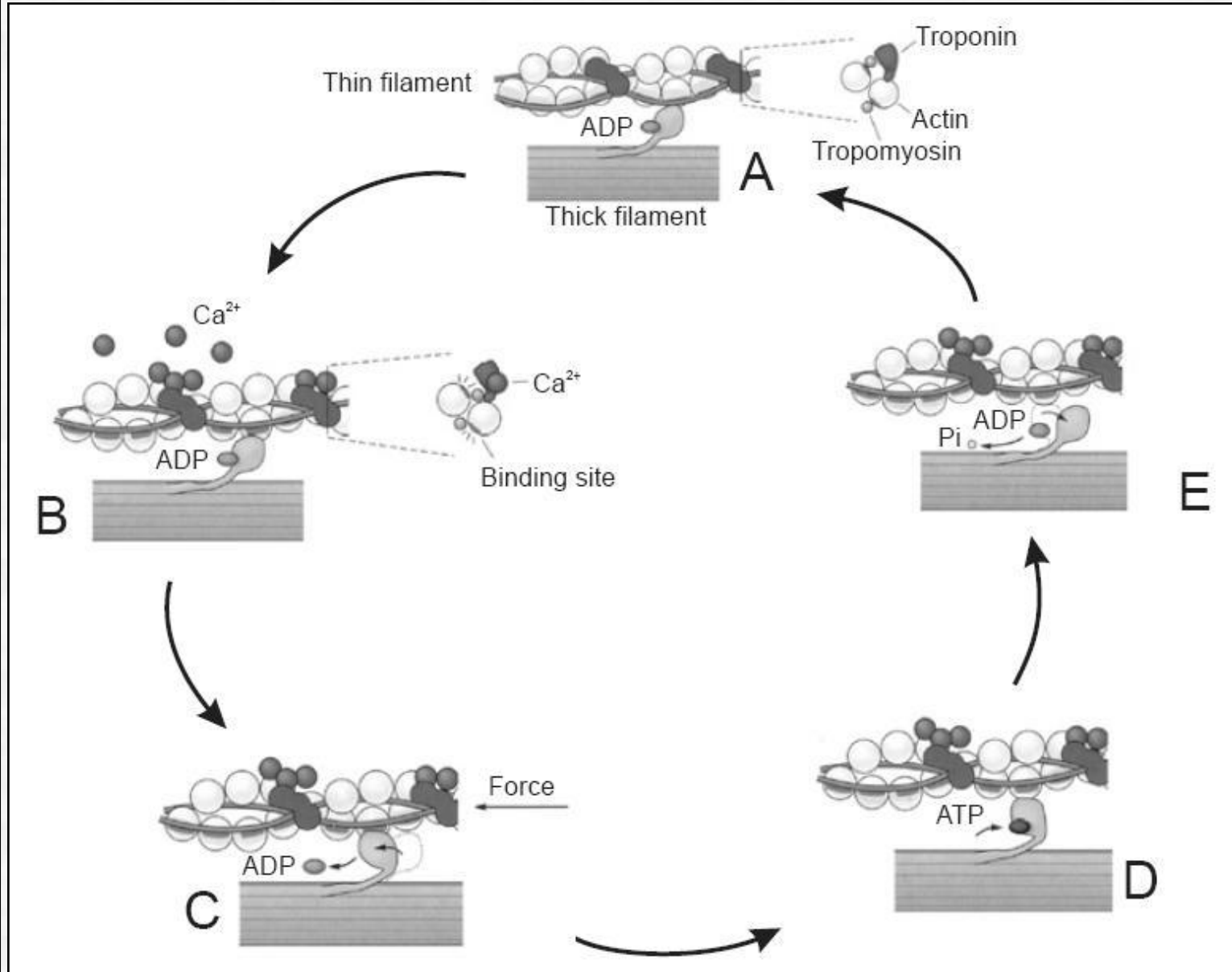
**The composition of the actin filament, complexed with troponin and tropomyosin.**

انقباض ماهیچه:



**The depolarization of the sarcolemma reaches inside the muscle fiber via the transverse tubule, causing the sarcoplasmic reticulum to release calcium into the cytoplasm. The binding of the calcium by the actin complex triggers the contraction. The calcium is taken up by the sarcoplasmic reticulum during muscle relaxation.**

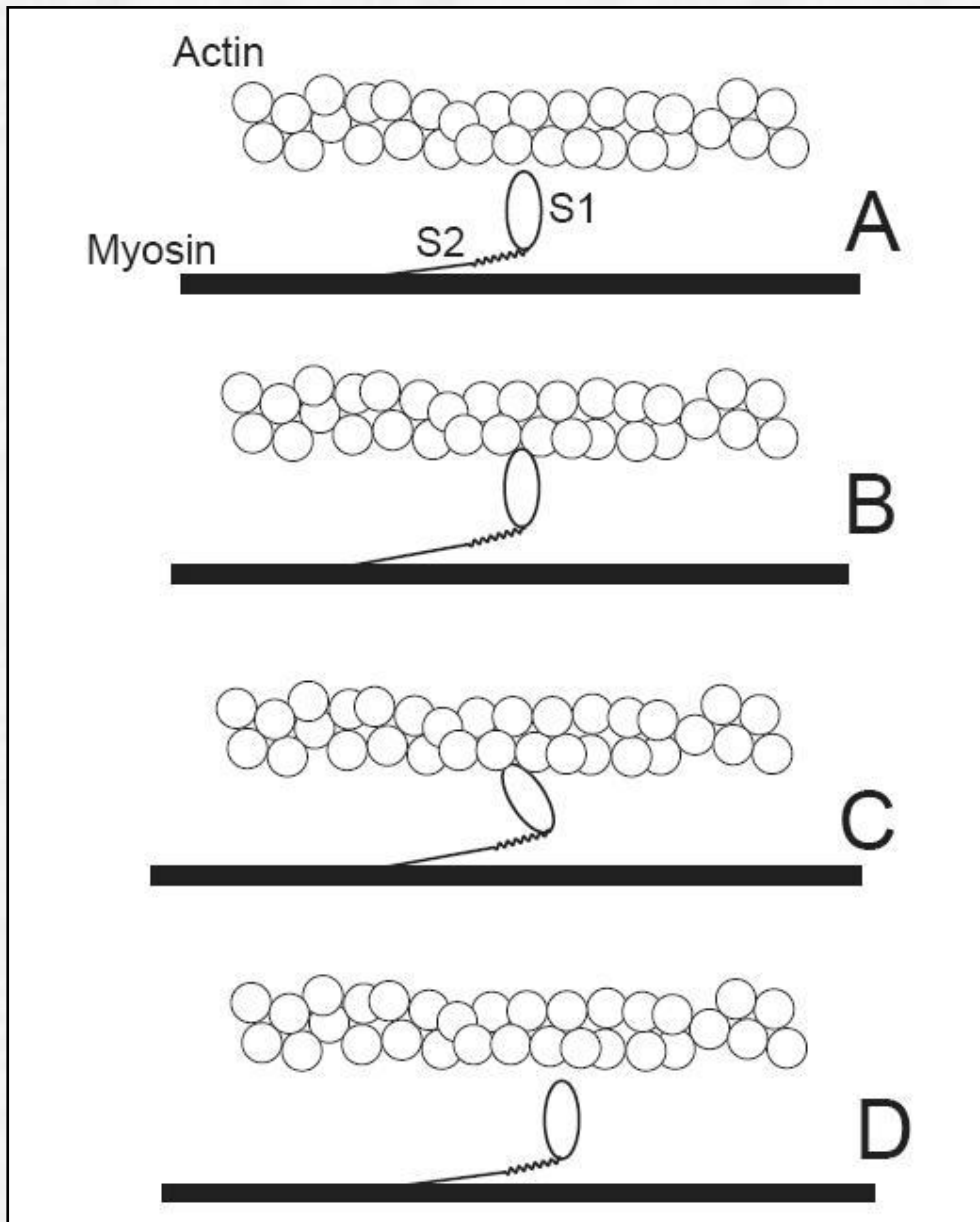
انقباض ماهیچه:



## انقباض ماهیچه:

**The steps in the cycle of muscle contraction. A. The muscle fiber at rest. Adenosine diphosphate (ADP) is bound to the myosin heads, and the troponin-tropomyosin complex has no bound calcium. B. The muscle fiber is activated when calcium is released from the sarcoplasmic reticulum and binds to the tropomyosin, causing them to expose actin binding sites. This allows the myosin heads to form cross-bridges between the thick and thin filaments. C. The attachment causes a conformational change in the myosin, and they exert forces that shorten the sarcomere by producing a greater overlap of the filaments. D. When the power stroke is completed, ATP binds to the myosin head and causes it to detach from the actin. E. The energy contributed by the ATP reconfirms the myosin head for attachment to another binding site.**

انقباض ماهیچه:



**Mechanism of attachment and detachment of the myofilaments.**  
**A.** Myosin heads are detached when the muscle is at rest. **B.** The S1 heads attach to actin. **C.** The S1 head changes in structure, causing the power stroke that pulls the filaments together. **D.** Binding of ATP causes the release of S1 from actin and reverses the structural change.

- بر اساس آرایش میوفیبریلها، میتوکندریها و هسته ها، میزان جداشدگی میوفیبریلها، میزان نمو شبکه سارکوپلاسمیک و تعداد اکتینهای احاطه کننده هر میوزین انواع مختلفی از ماهیچه در حشرات دیده می شود.

- ماهیچه های هماهنگ (synchronous) و ناهماهنگ (Asynchronous)

- بر اساس میزان انقباض بر عصب ورودی

- ماهیچه های synchronous:

- فرکانس انقباض مستقیماً بصورت 1:1 توسط تکانه عصبی از سیستم عصبی مرکزی (کمتر از 100 هرتز)

- ماهیچه های عمومی اسکلتی همه حشرات، بعضی از ماهیچه های شنوایی و تولید صدا و ماهیچه هایی که

بالهای بعضی از حشرات را به حرکت در می آورند.

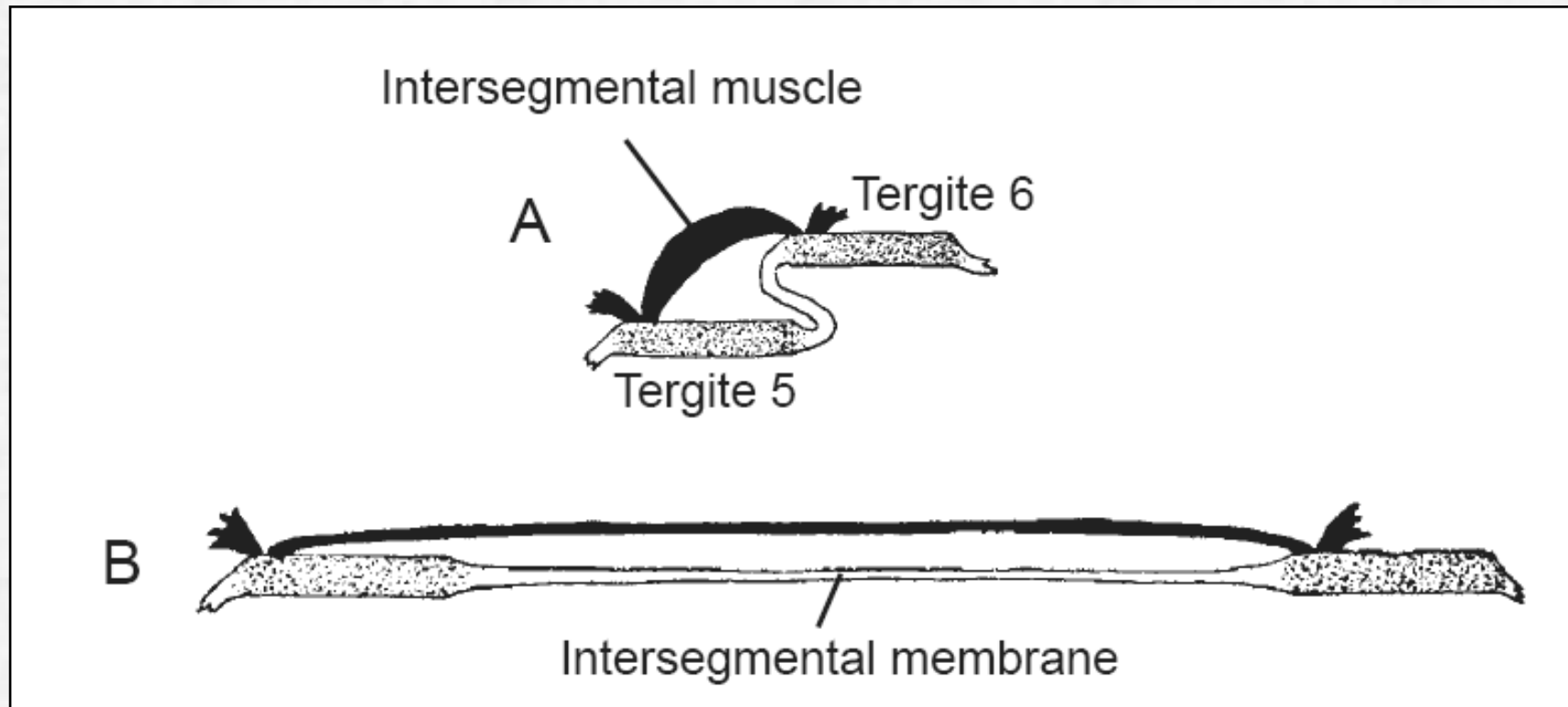
- دارای SR و T system توسعه یافته با Triad junction ولی

- استثناً: ماهیچه های کندمنقبض شونده هماهنگ: SR توسعه نیافته

- 1% of the fiber volume in the slow extensor tibia muscle *S. gregaria*

- 30% of the muscle volume in the fast synchronous tymbal muscle of a cicada

- انقباض معمولاً 50 درصد طولشان محدود می شود. (حالت‌های ویژه ای نیز وجود دارد)



**Intersegmental muscles allow for the supercontraction (A) and the superextension (B)**

**Stretch to beyond 10 times their normal length and shorten by as much as 90%**

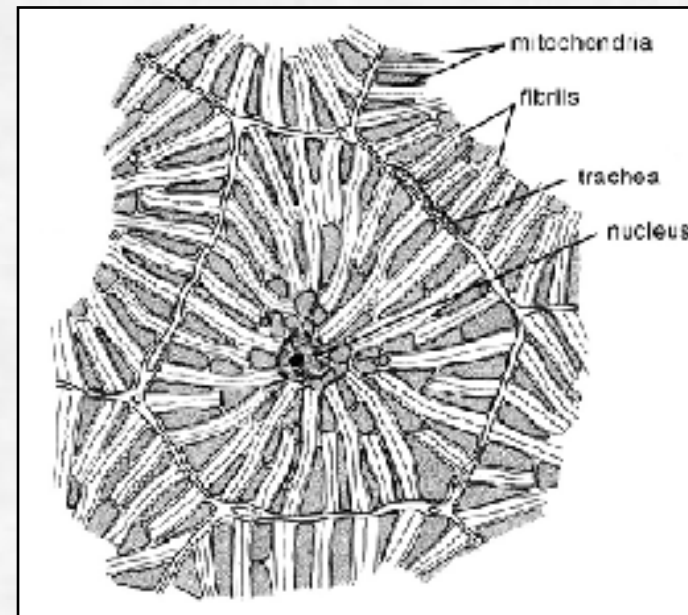
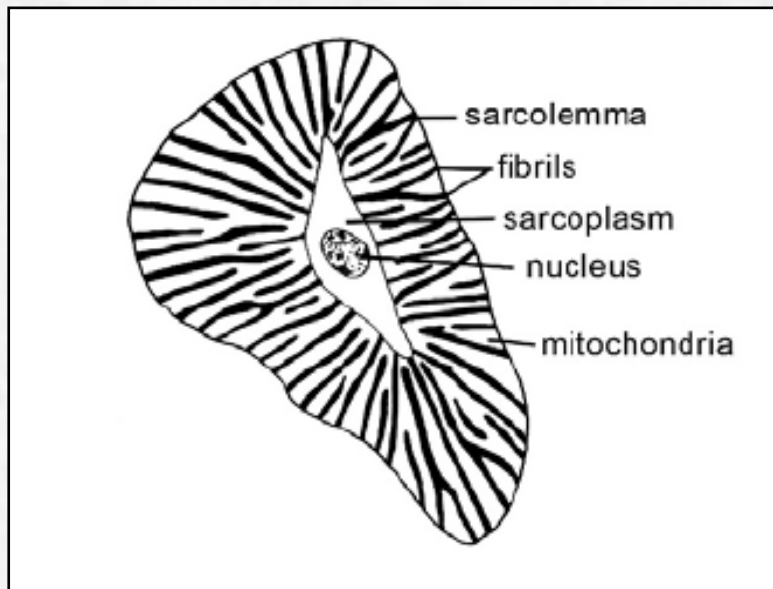


- ماهیچه های هماهنگ (synchronous) و ناهماهنگ (Asynchronous)

- دو نوع ماهیچه هماهنگ: tubular and close-packed

- tubular:

- فیبرها چند هسته ای هستند (هسته ها در خط وسط فیبر).
- میوفیبریلها صفحه مانند از مرکز به سمت خارج (مانند سیمهای چرخ)
- دارای SR و T system توسعه یافته
- ماهیچه های اسکلتی معمول در دوبرالان و بال غشاییان در حرکت پاها و دیگر زوائد، ماهیچه کنترل روزنه و موارد دیگر
- ماهیچه های مستقیم و غیر مستقیم پرواز در بعضی حشرات (Odonata)



- ماهیچه های هماهنگ (synchronous) و ناهماهنگ (Asynchronous)

- دو نوع ماهیچه هماهنگ: tubular and close-packed

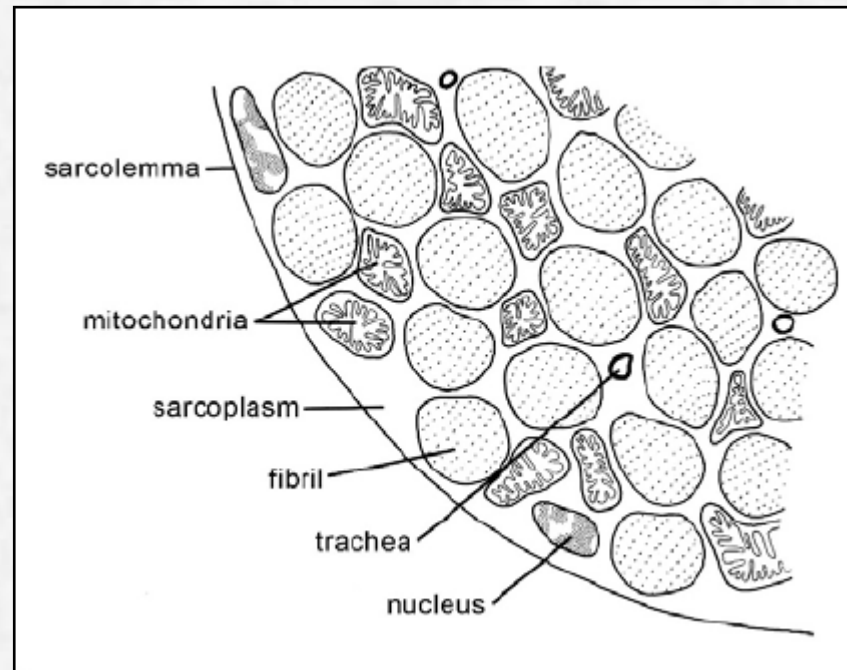
- close-packed:

- ماهیچه های پرواز بسیاری از حشرات

- هسته های زیاد در پیرامون فیبر

- میوفیبریل های کوچک با میتوکندری های بزرگ

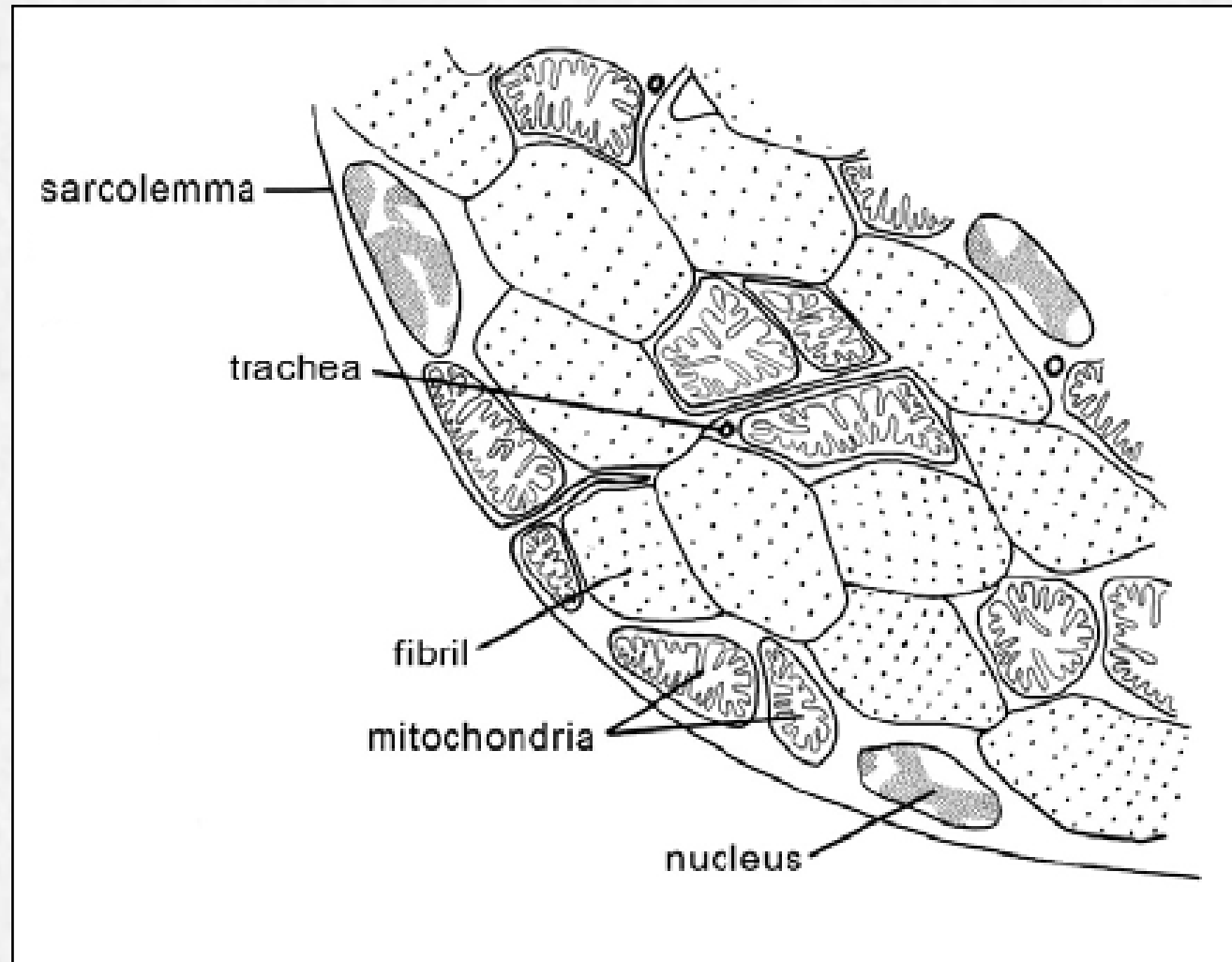
- فیبر به شکل گرد یا چند زاویه ای است



- ماهیچه های Asynchronous (=fibrillar muscle):

- فرکانس انقباض و ویژگی خود ماهیچه است (چندین تا بسیار انقباض در پاسخ به یک محرک عصبی)
- 5 تا 25 انقباض برای هر تکانه عصبی
- فیبرها به آسانی از هم جدا می شوند.
- فیبرهای ماهیچه ای بسیار بزرگند (از 100 میکرون تا 1 میلی متر)
- فیبرها استوانه ای و چند هسته ای (در پیرامون)
- شبکه سارکوپلاسمیک ضعیف
- سیستم T بخوبی توسعه یافته و ارتباط dyad با SR
- میتوکندریهای بزرگ و زیاد (تا 30 درصد حجم ماهیچه) و بی نظم در شکل
- میوفیلامنتها به نسبت 1 به 3
- ماهیچه های پرواز در بسیاری از حشراتی که پرواز می کنند (ماهیچه های مستقیم و غیر مستقیم پرواز در دوبرالان، بال غشاییان، سخت بالپوشان و بعضی از نیم بالپوشان).
- بسیار کاراتر از ماهیچه های هماهنگ می باشند.
- قدرت خروجی بیشتری دارند.

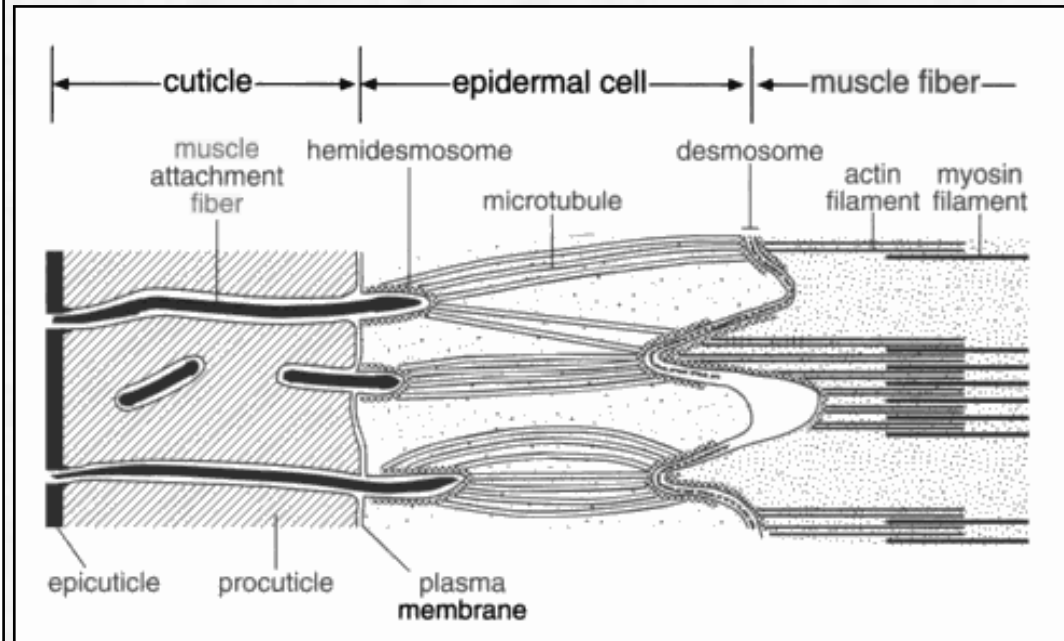
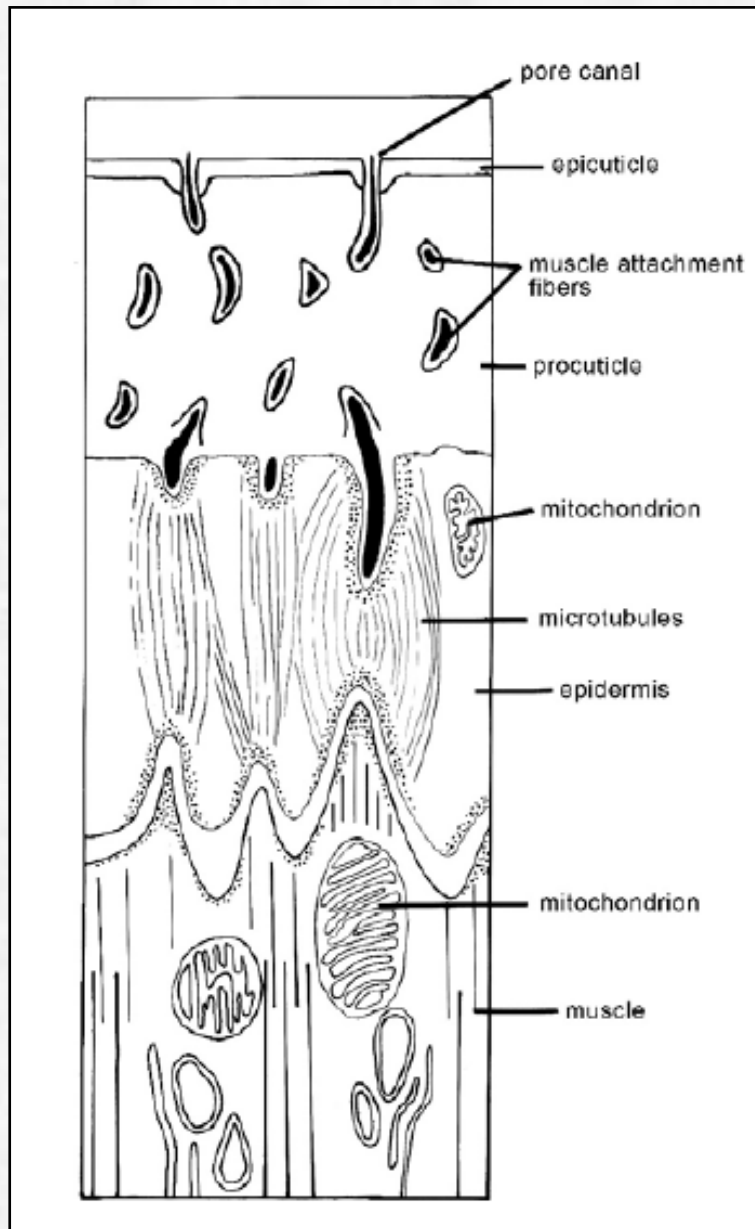
- ماهیچه های Asynchronous (=fibrillar muscle):



## اتصال ماهیچه ها به اسکلت خارجی

- یک انتهای ماهیچه های اسکلتی و بال به قسمت نسبتا غیرمتحرک اسکلت خارجی متصل می شوند (origin).
- قسمت دیگر به قسمت متحرک، مثلا یک زائده، متصل می شود (insertion).
- ماهیچه های اسکلتی به لایه کوتیکولین متصل می شوند.
- Dumpy protein غشا بیرونی فیبر ماهیچه ای را با basal membrane سلولهای اپیدرمی متصل می کند.
- این پروتئین از گسیخته شدن ماهیچه از کوتیکول جلوگیری می کند.
- دسته ای از میکروتوبولهای درون سلولی که از محل اتصال فیبر ماهیچه ای و سلولهای اپیدرمی منشا می گیرند، از سلولهای اپیدرمی عبور می کنند و در کوتیکول به فیبرهای کیتینی (tonofibrillae) محکم می شوند.
- تونوفیبریلها به کوتیکولین متصل می گردند (با یک سیمان خاص).
- تونوفیبریلها به عمل شیره پوست اندازی بسیار مقاوم هستند و امکان باقی ماندن اتصال ماهیچه ها را به اسکلت خارجی را بعد از آپولیز و ترشح کوتیکول جدید را فراهم می کنند.
- به محض تشکیل اولین لایه کوتیکول جدید (کوتیکولین) اتصال فیبرهای جدید با آن به سرعت برقرار می گردد.

اتصال ماهیچه ها به اسکلت خارجی



ماهیچه های پا

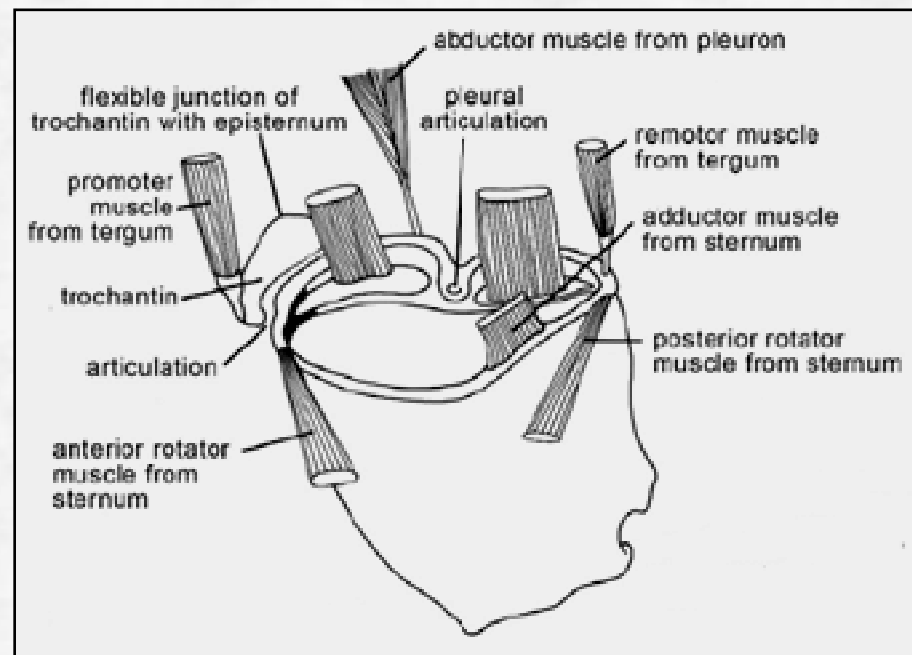
- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

- 1- **Extrinsic** (having one end inserted on the wall of the thorax)
  - Majority of extrinsic muscles **move the coxa**
  - Some of the extrinsic muscles have a dual function, serving to bring about both leg and wing movements.
- 2- **Intrinsic** (having both ends inserted within the leg)
  - Paired intrinsic muscles move **leg segments in relation to each other.**

Typically, the leg muscles include:

(1) The **coxal promoter** and its antagonist, the **coxal remotor**, which run from the tergum to the anterior and posterior edges, respectively, of the coxa.

- Contraction of the coxal promoter causes the coxa to twist forward.

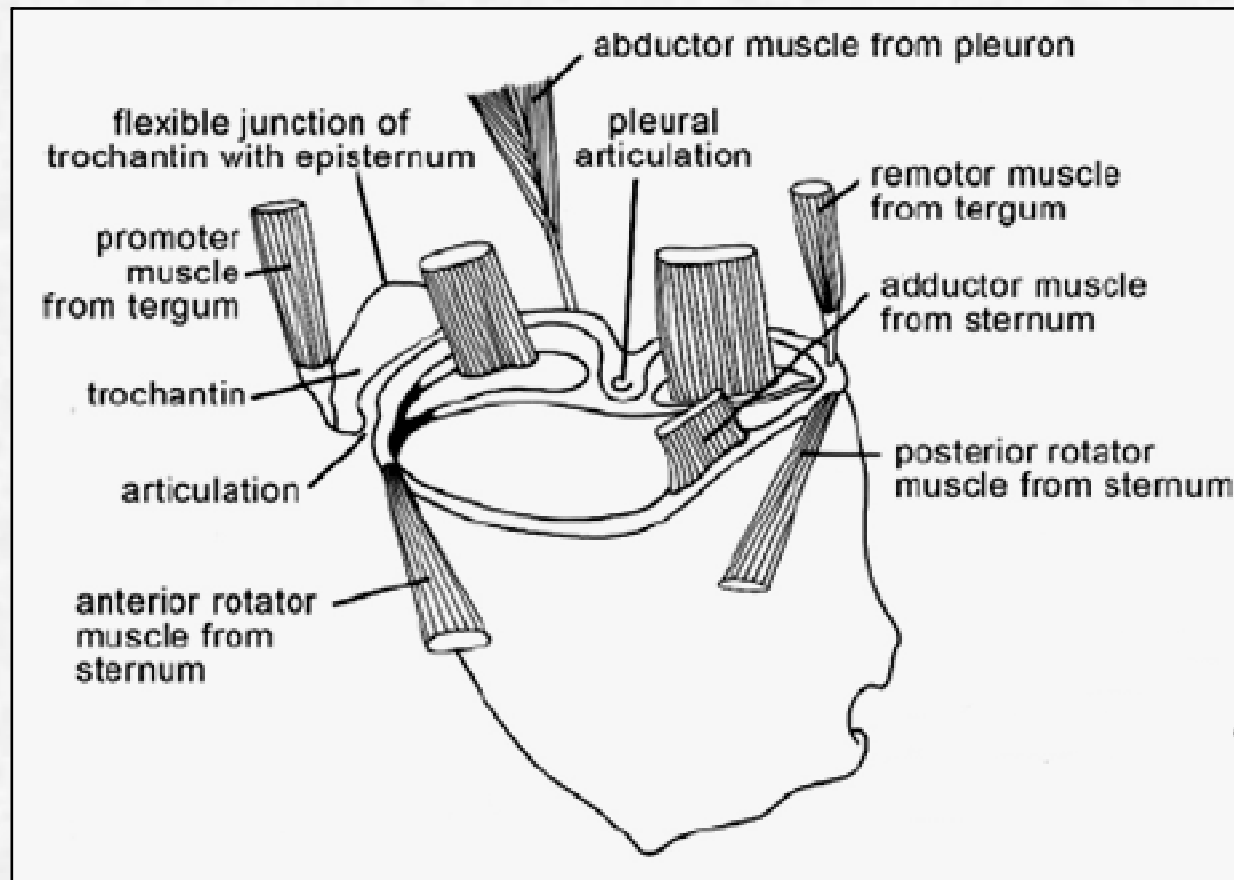


ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

- (2) the **coxal adductor** and **abductor** (attached to the sternum and pleuron, respectively), which move the coxa toward or away from the body.



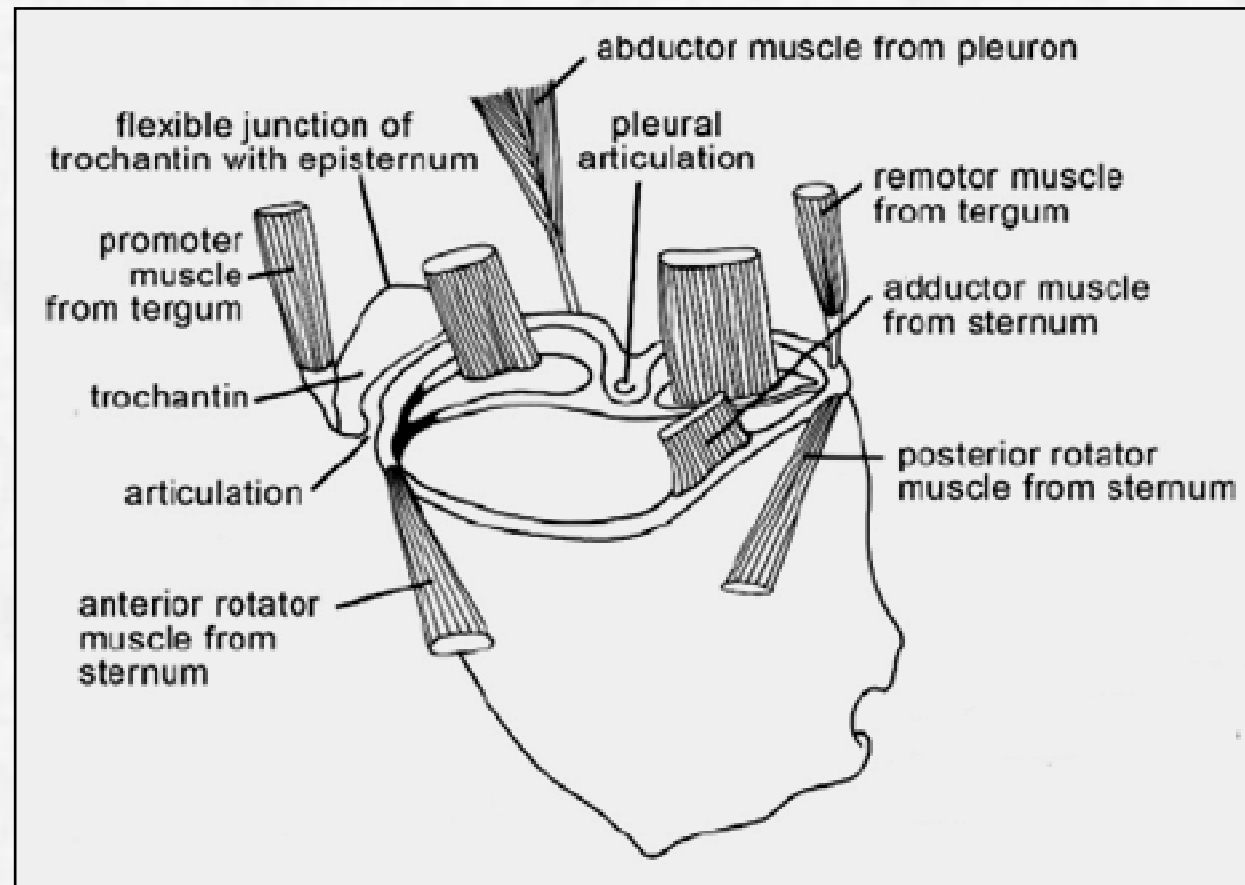


ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

- (3) anterior and posterior **coxal rotators**, which arise on the sternum and assist in raising and moving the leg forward or backward.

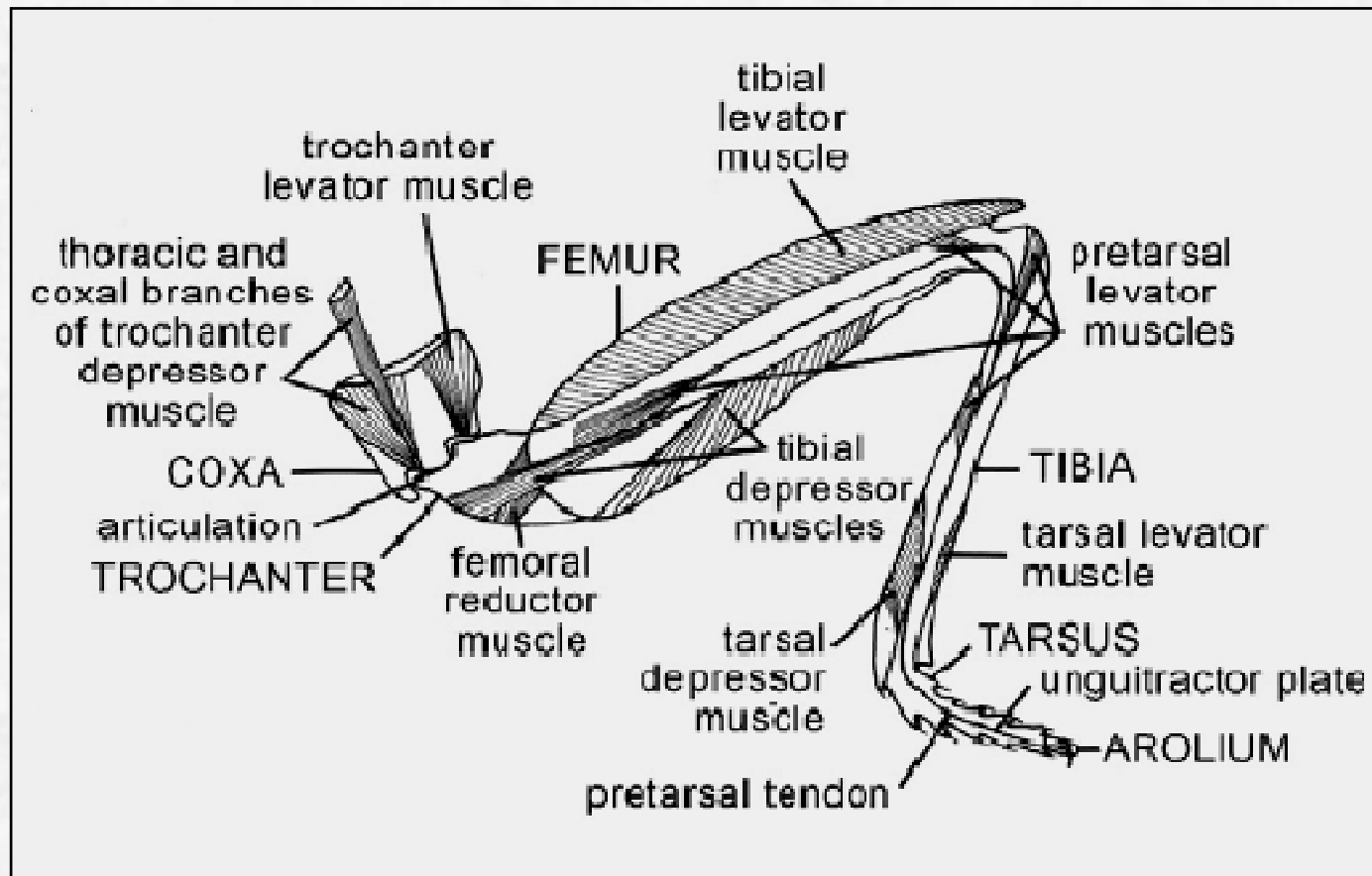


ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

(4) an **extensor** (levator) and **flexor** (depressor) muscle in each leg segment, which serve to increase and decrease, respectively, the angle between adjacent segments.

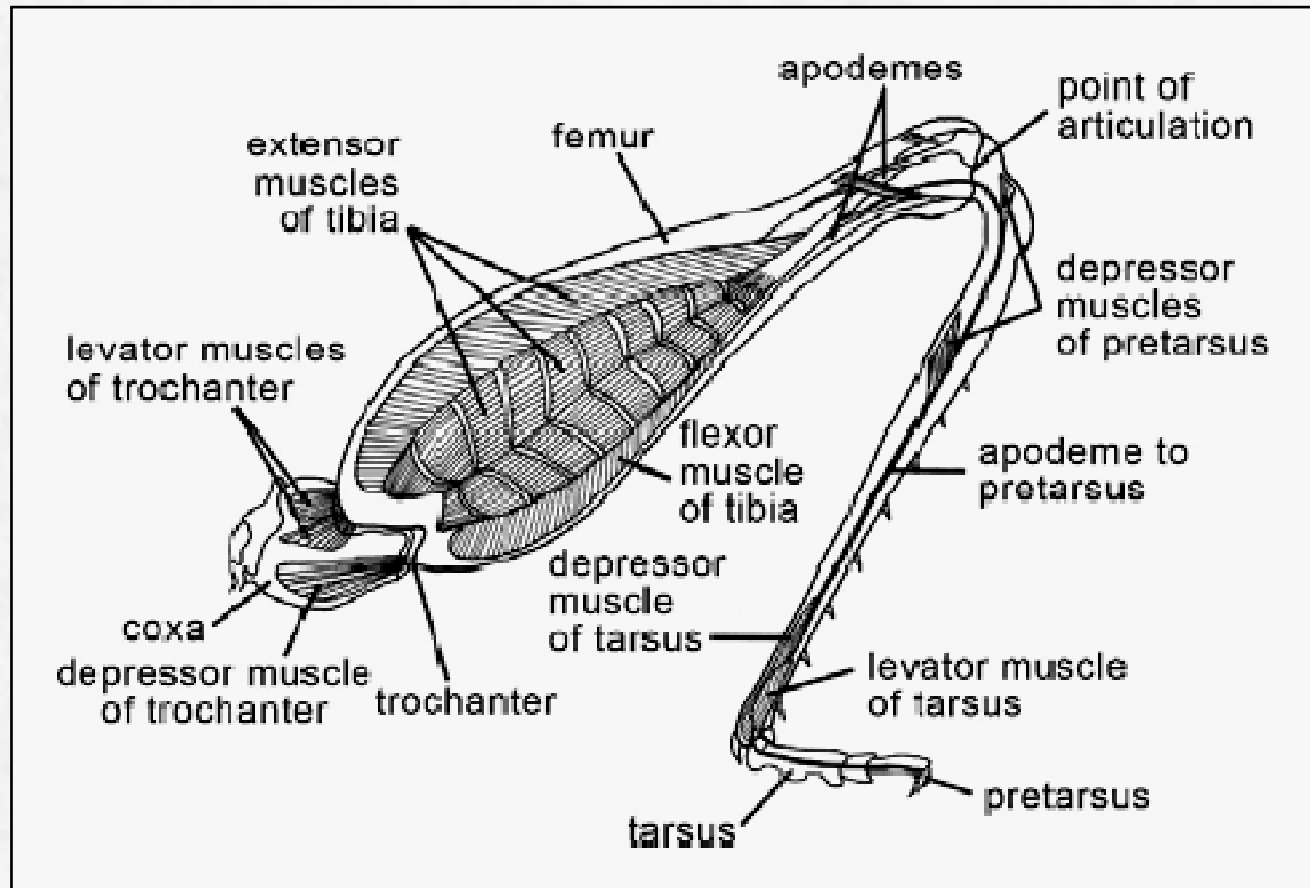


ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

(4) an **extensor** (levator) and **flexor** (depressor) muscle in each leg segment, which serve to increase and decrease, respectively, the angle between adjacent segments.



ماهیچه های بال

- حداقل 10 جفت ماهیچه در پرواز، جهت گیری بال و هدایت شرکت دارند.

1- ماهیچه های غیرمستقیم پرواز (**indirect flight muscles**)

- ماهیچه های قوی هستند که شامل:

- ماهیچه های طولی پشتی (**dorsal longitudinal muscles**) = **wing depressor**

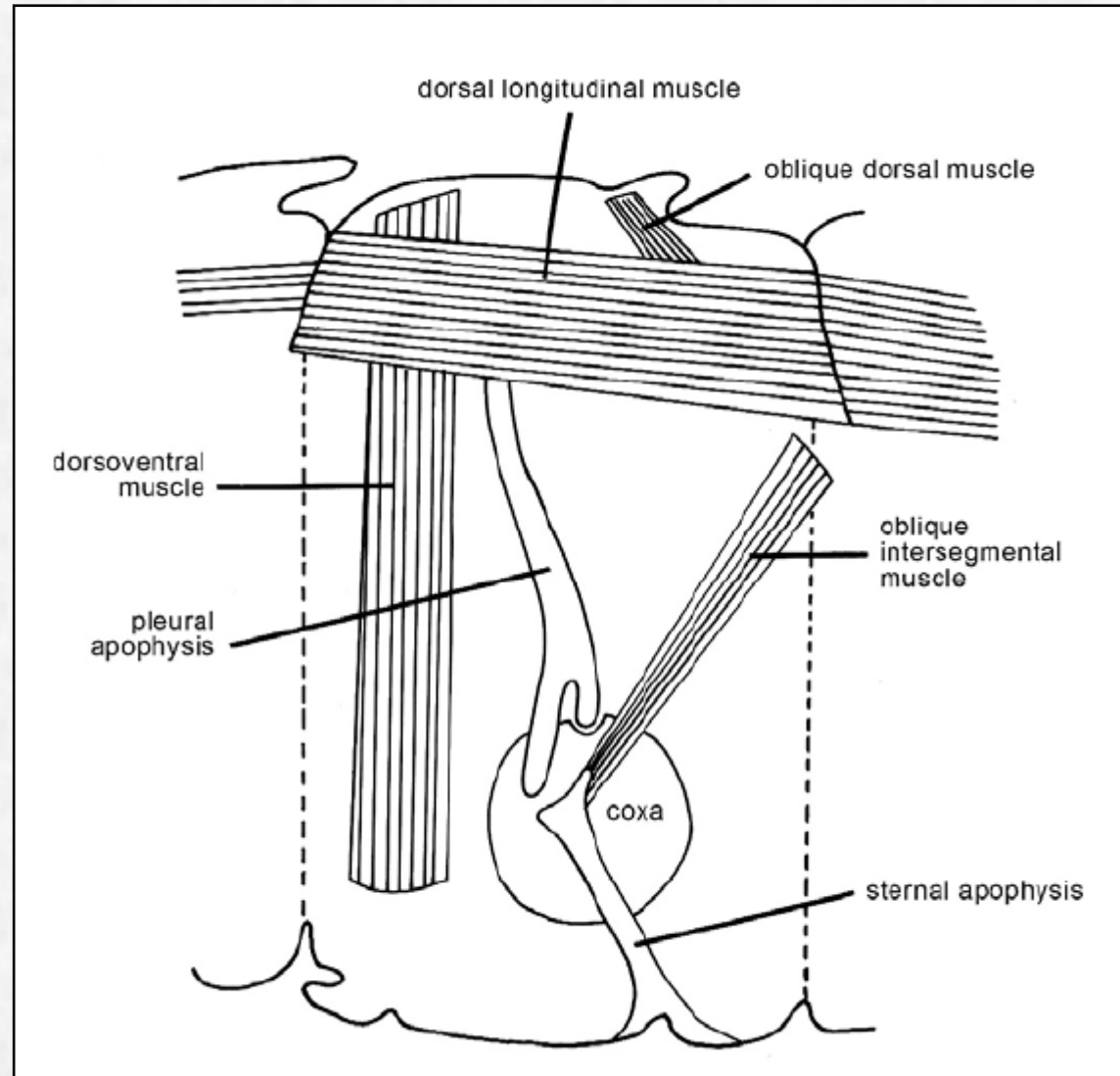
- ماهیچه پشتی شکمی ( **dorsoventral muscles**) = **wing elevator**

- ماهیچه مورب پشتی  **oblique dorsal muscle** = **wing elevator**

- ماهیچه مورب بین مفصلی  **oblique intersegmental muscle**

ماهیچه های بال

1 - ماهیچه های غیرمستقیم پرواز (indirect flight muscles)



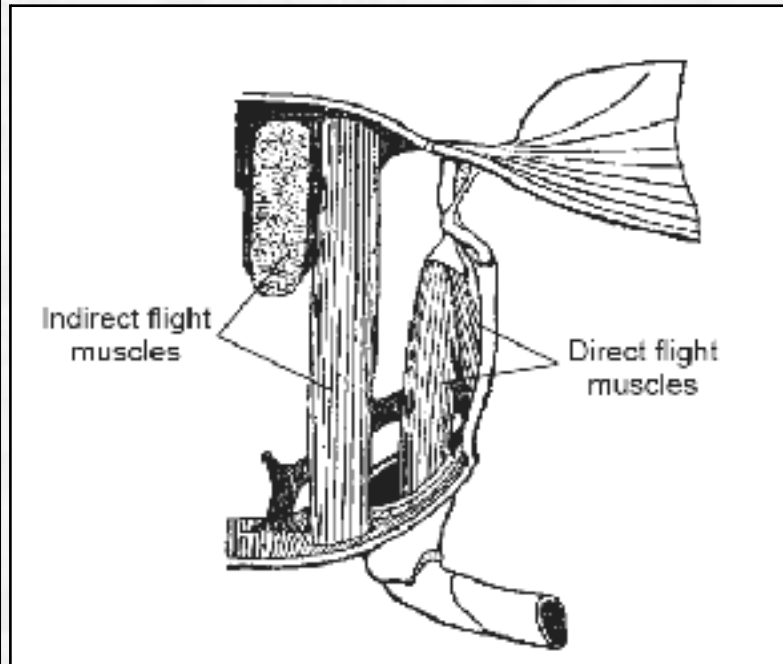
ماهیچه های بال

2- ماهیچه های مستقیم پرواز (**direct flight muscles**)

- (wing depressor) basalar muscle

- (wing depressor) subalar muscle

- (wing folding) third auxillary muscle



3- ماهیچه های غیر مستقیم ضمیمه (**accessory indirect muscles**)

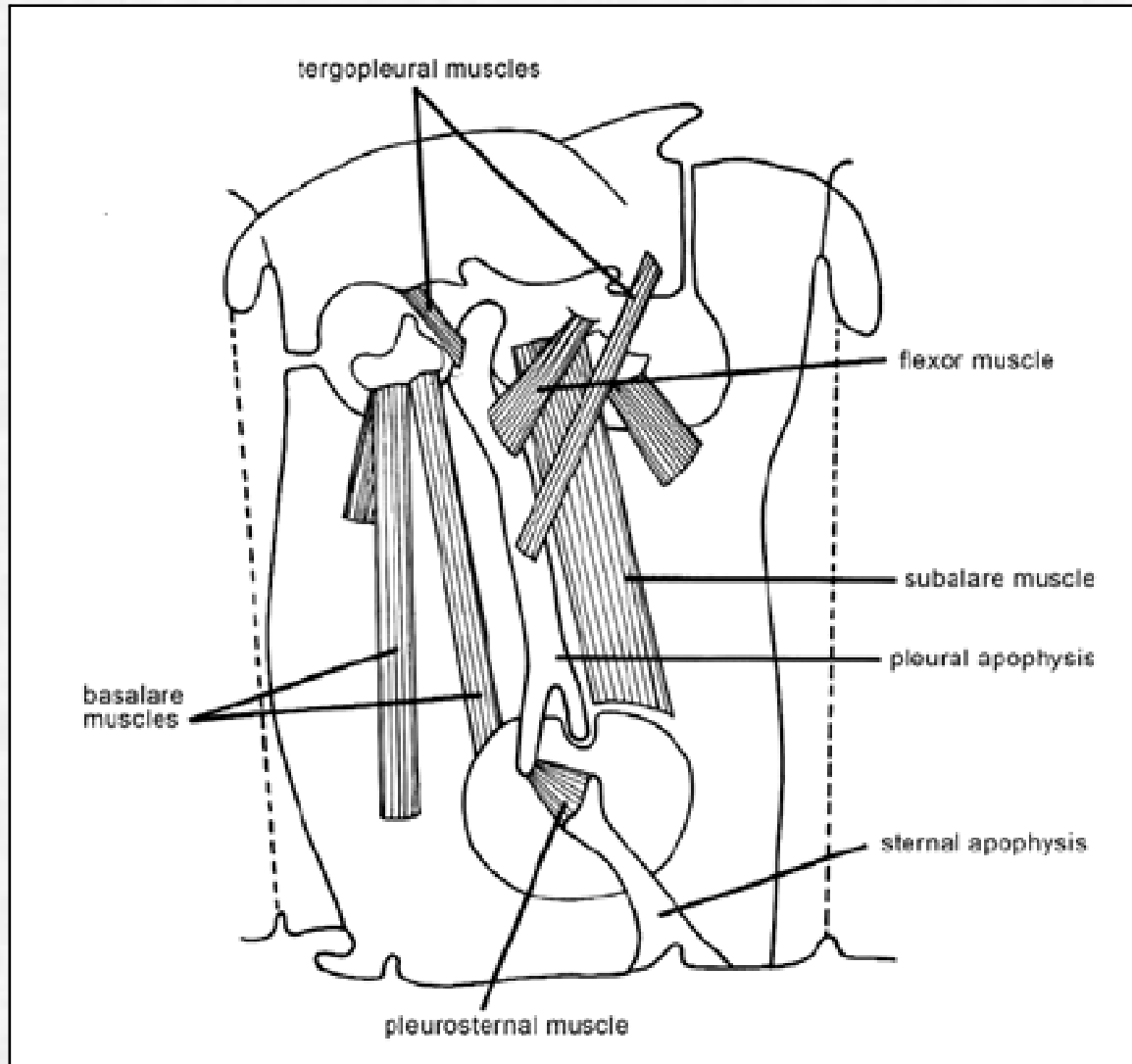
- pleurosternal muscle

- tergopleural muscle

- Intersegmental muscle

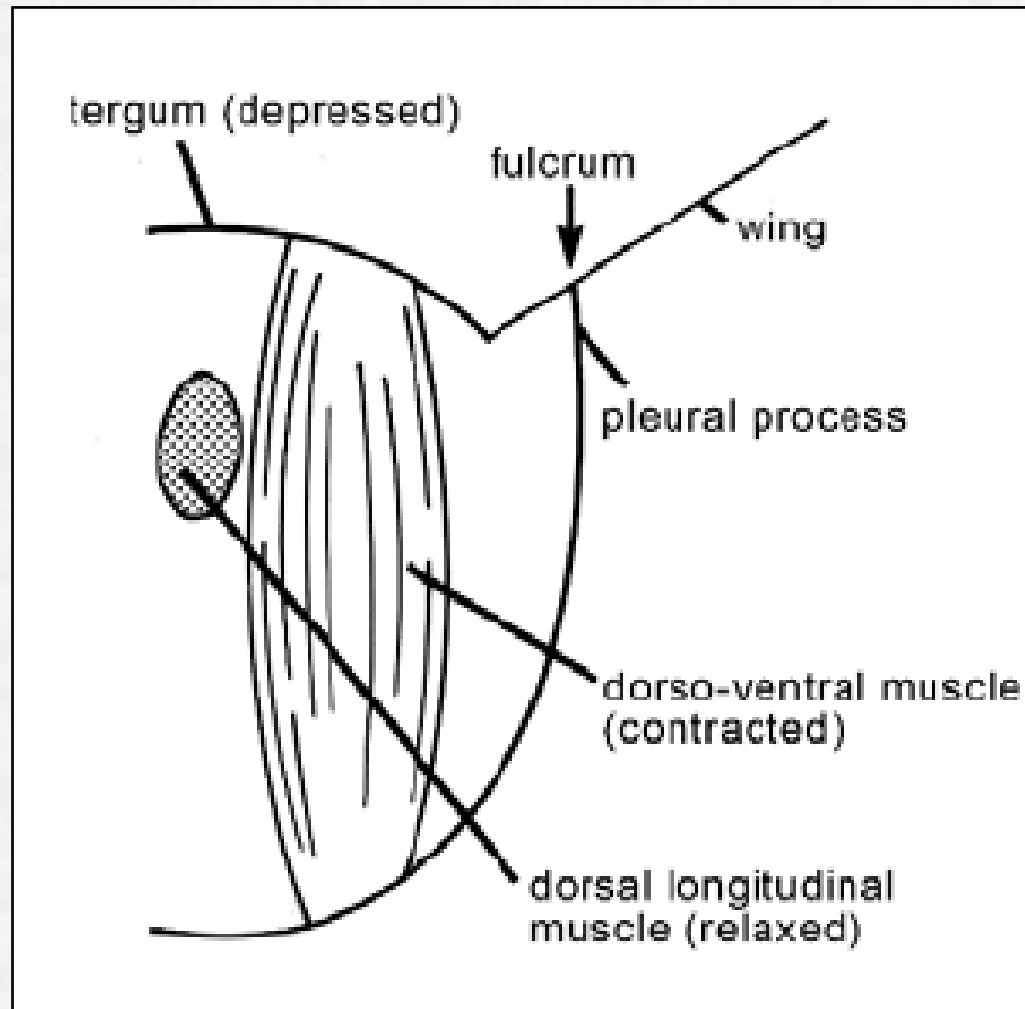
ماهیچه های بال

2 و 3- ماهیچه های مستقیم و غیر مستقیم ضمیمه



بال زدن (upstroke and downstroke)

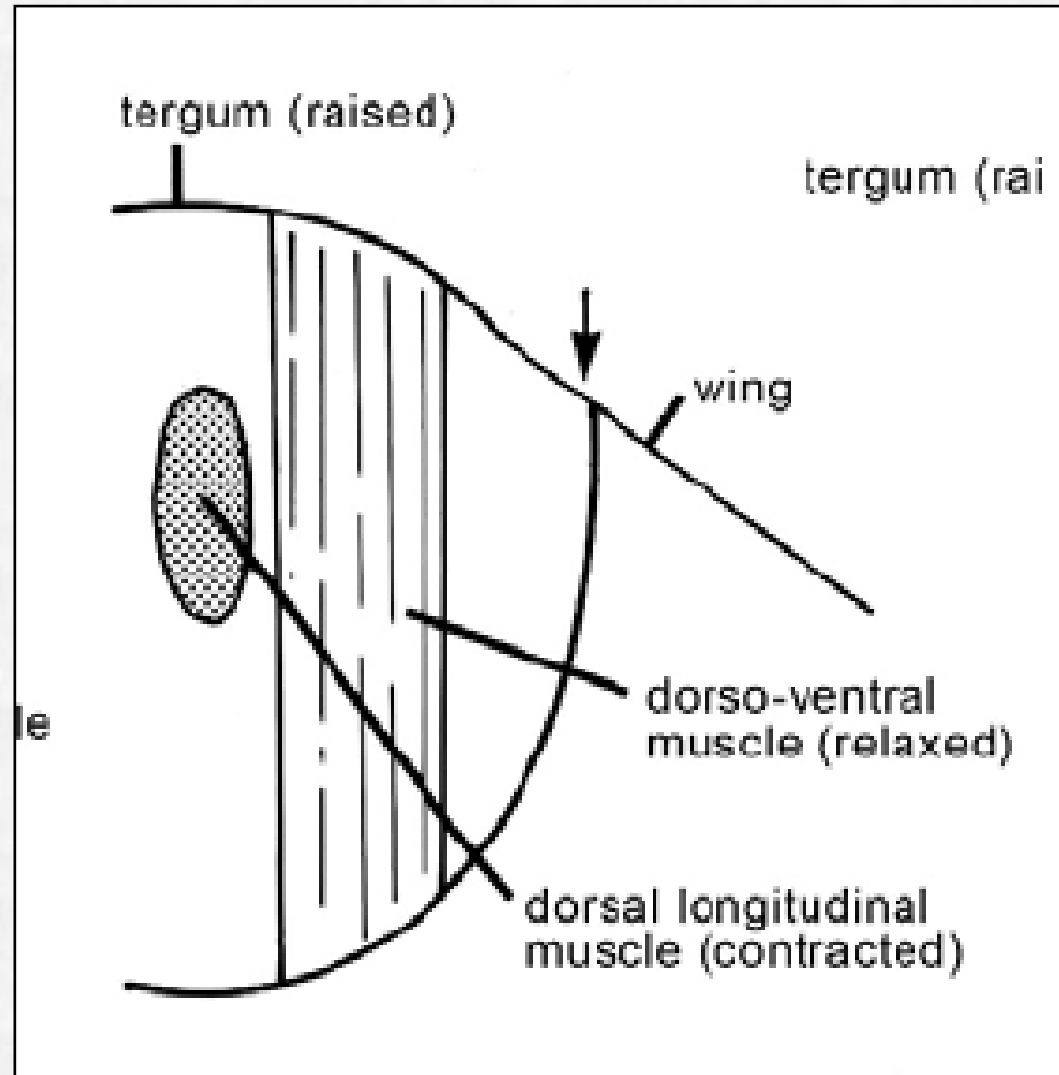
- بالا آمدن بال با انقباض ماهیچه های پشتی شکمی (dorsoventral)





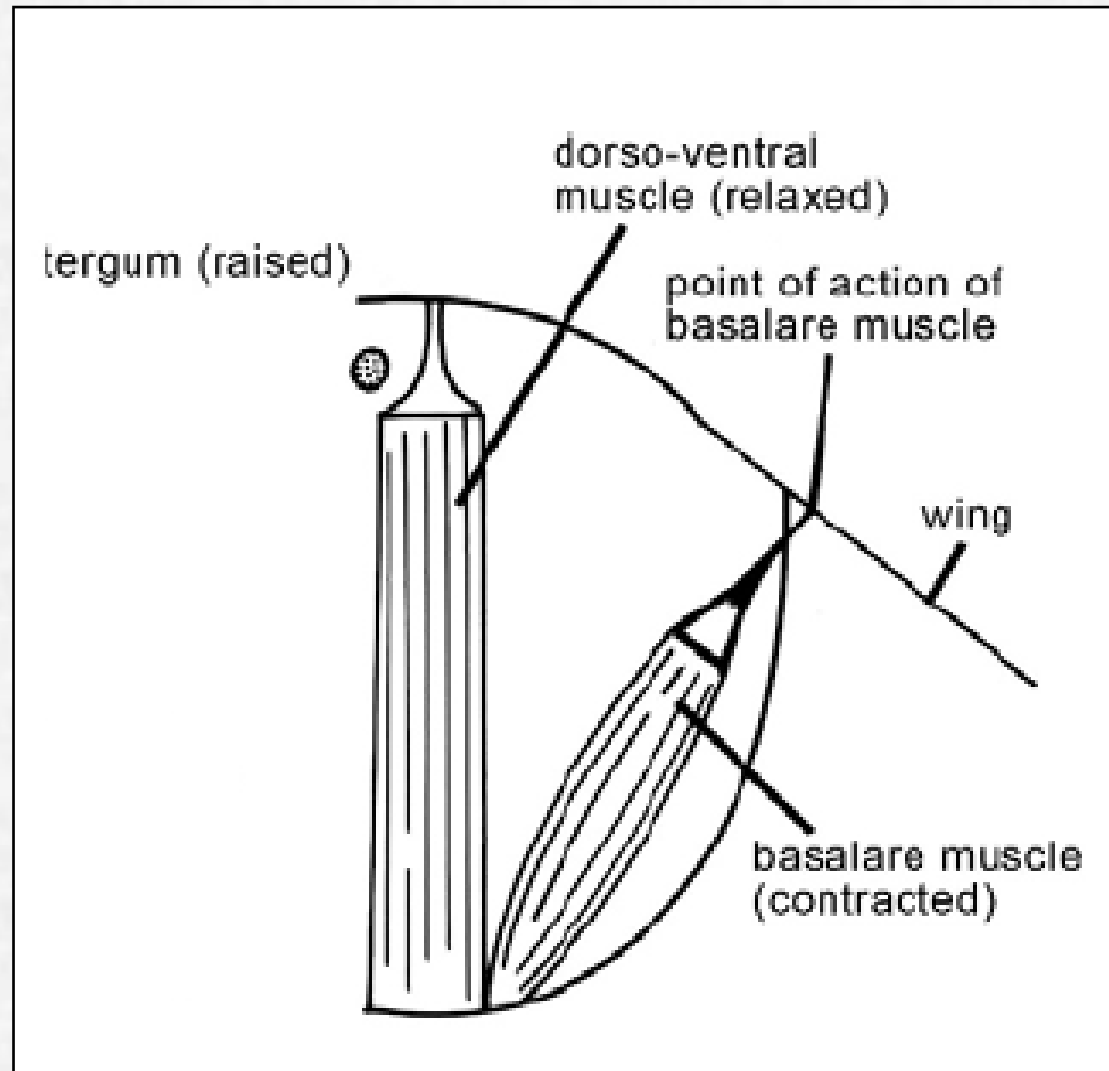
بال زدن (upstroke and downstroke)

- پایین آمدن بال با انقباض ماهیچه های طولی پشتی (dorsal longitudinal)



بال زدن (upstroke and downstroke)

- استفاده از ماهیچه مستقیم در پایین آوردن بال



ماهیچه های احشایی (visceral muscles)

- فیبر آنها معمولا کوتاه و کوچک
- تک هسته ای
- سارکومر طول بلندتری دارد.
- انقباض کند
- میوزین ها توسط 10 تا 12 اکتین احاطه شده اند.
- ماهیچه های آنتاگونیست بصورت حلقوی و طولی
- حرکات دودی لوله گوارش

پایان

**مرفولوژی حشرات**  
**گروه گیاهپزشکی-دانشگاه تهران**

**ماهیتچه ها در حشرات**

**Muscles in insects**

**وحید حسینی نوه**

توانایی حرکت و ویژگی جانوران زنده است.

- ماهیچه ها: پرواز، راه رفتن، پریدن، خزیدن، حفر کردن، شنا کردن و...

- همه ماهیچه های حشرات مخطط هستند.

- ماهیچه های حشرات در دو گروه قرار می گیرند:

1- ماهیچه های اسکلتی (skeletal muscles)

- وظیفه: به حرکت در آوردن قسمتی از اسکلت نسبت به قسمت دیگر

- معمولا بصورت جفت های آنتاگونیست

- یک ماهیچه از جفت ماهیچه زائده را خم می کند (flexor).

- یک ماهیچه از جفت ماهیچه زائده را باز می کند (extensor).

- تعداد کمی از ماهیچه ها بصورت جفت آنتاگونیست نیستند.

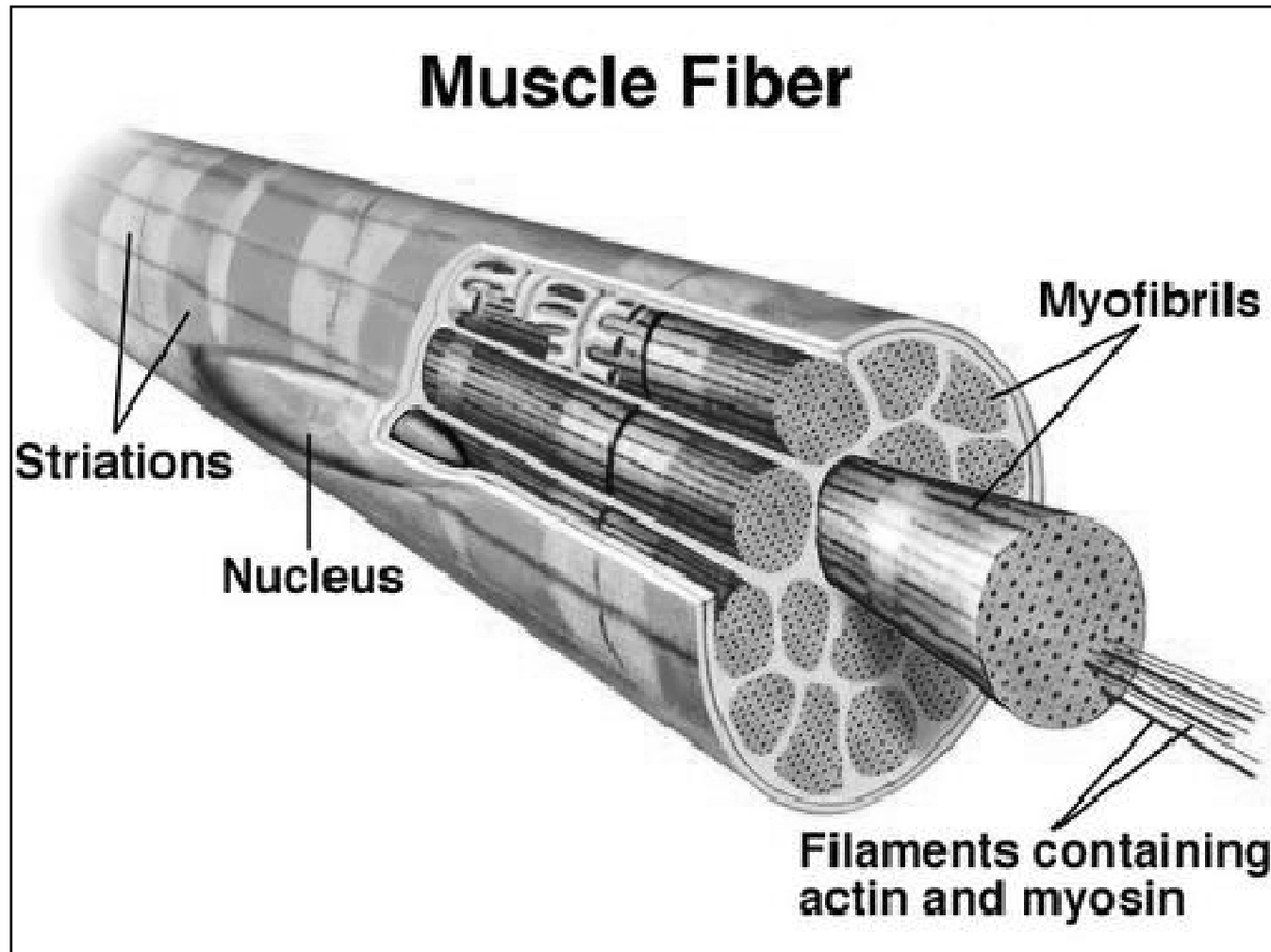
- ماهیچه های شنوایی در زنجره ها

- معمولا ماهیچه های synchronous هستند.

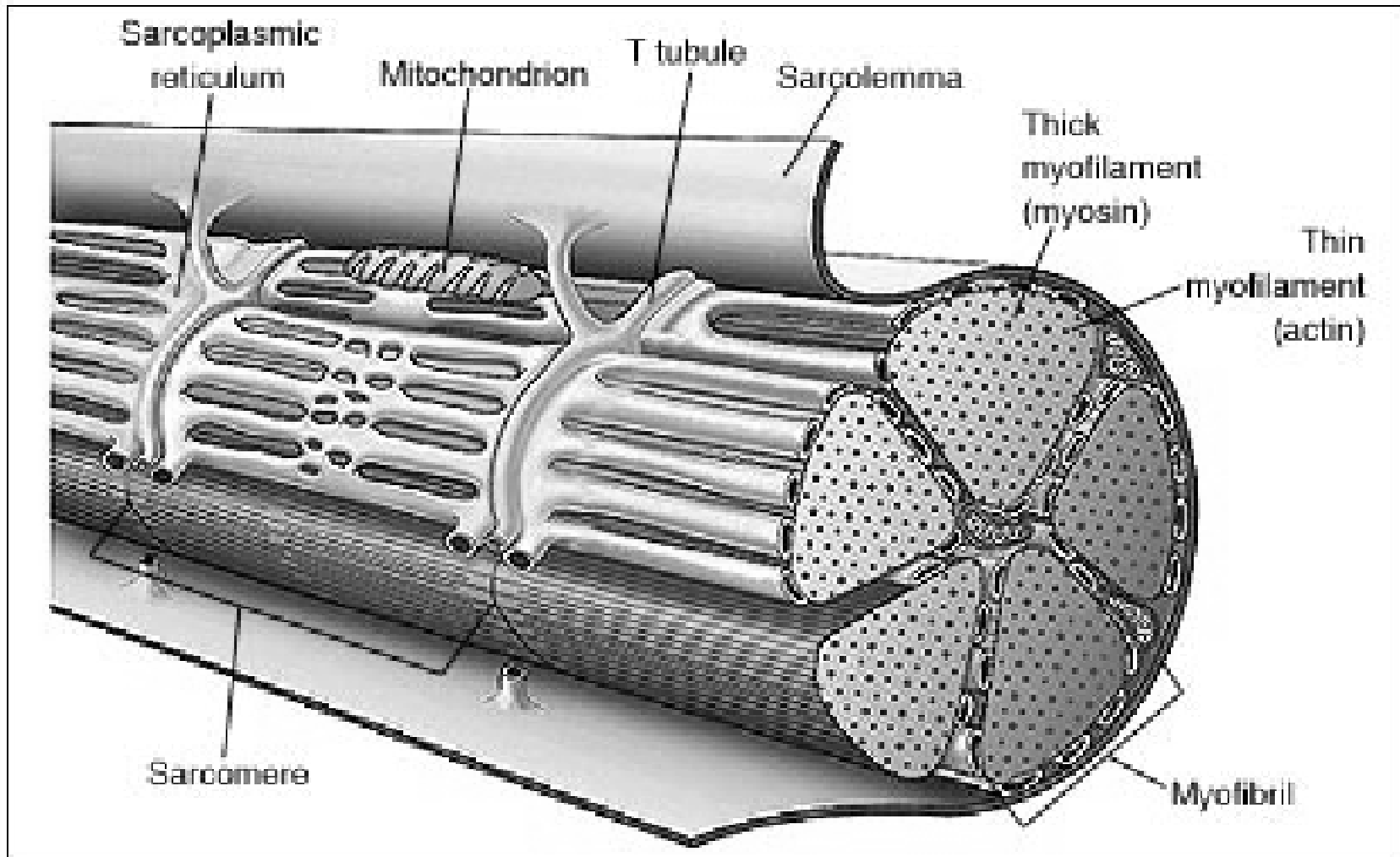
2- ماهیچه های احشایی (visceral muscles)

- در اندامهای داخلی مانند قلب، لوله گوارش و دستگاه تولید مثل.

- در حشرات یک ماهیچه معمولا از چندین **muscle fibers** طويل تشكيل می شود (10 تا 20 واحدی).
- هر فیبر ماهیچه ای از سلولهای طويل چند هسته ای بنام فیبر (fiber) تشكيل شده است (ماهیچه های اسکلتی).
- در ماهیچه های احشایی فیبر ماهیچه ای تک هسته ای است.

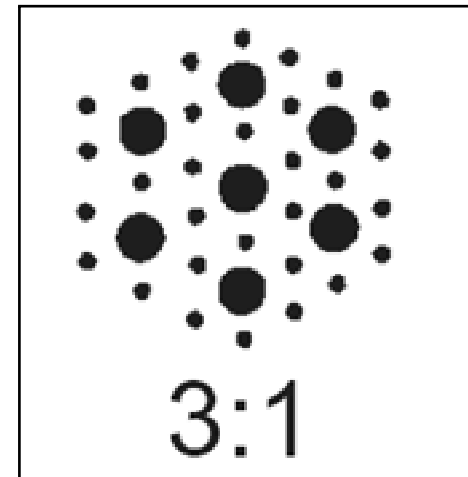
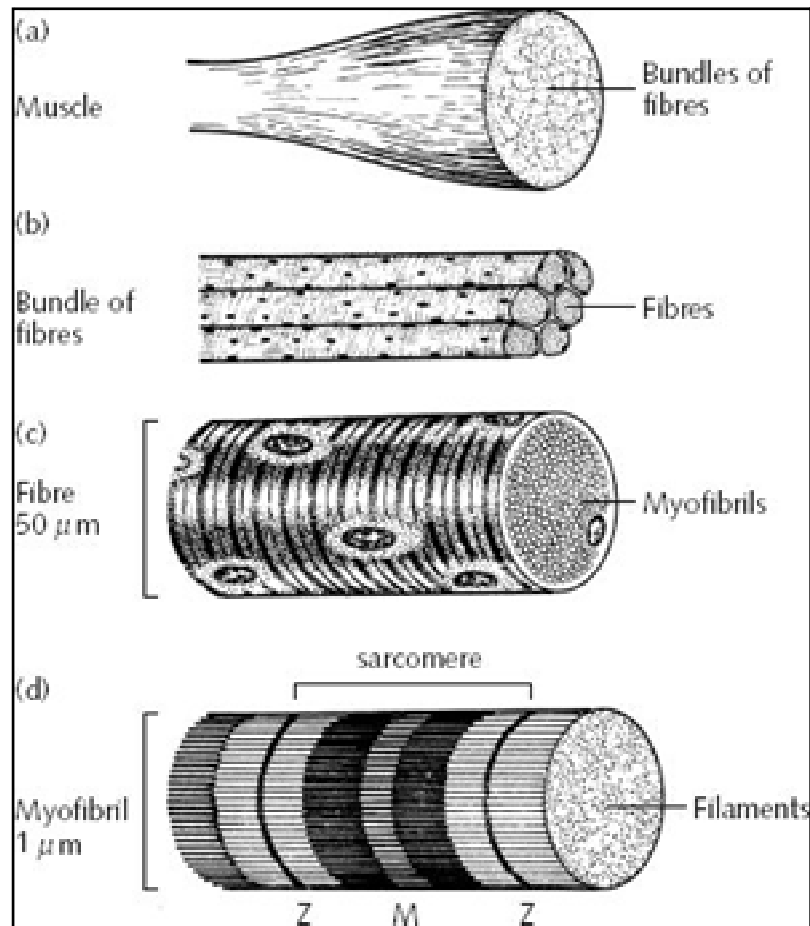


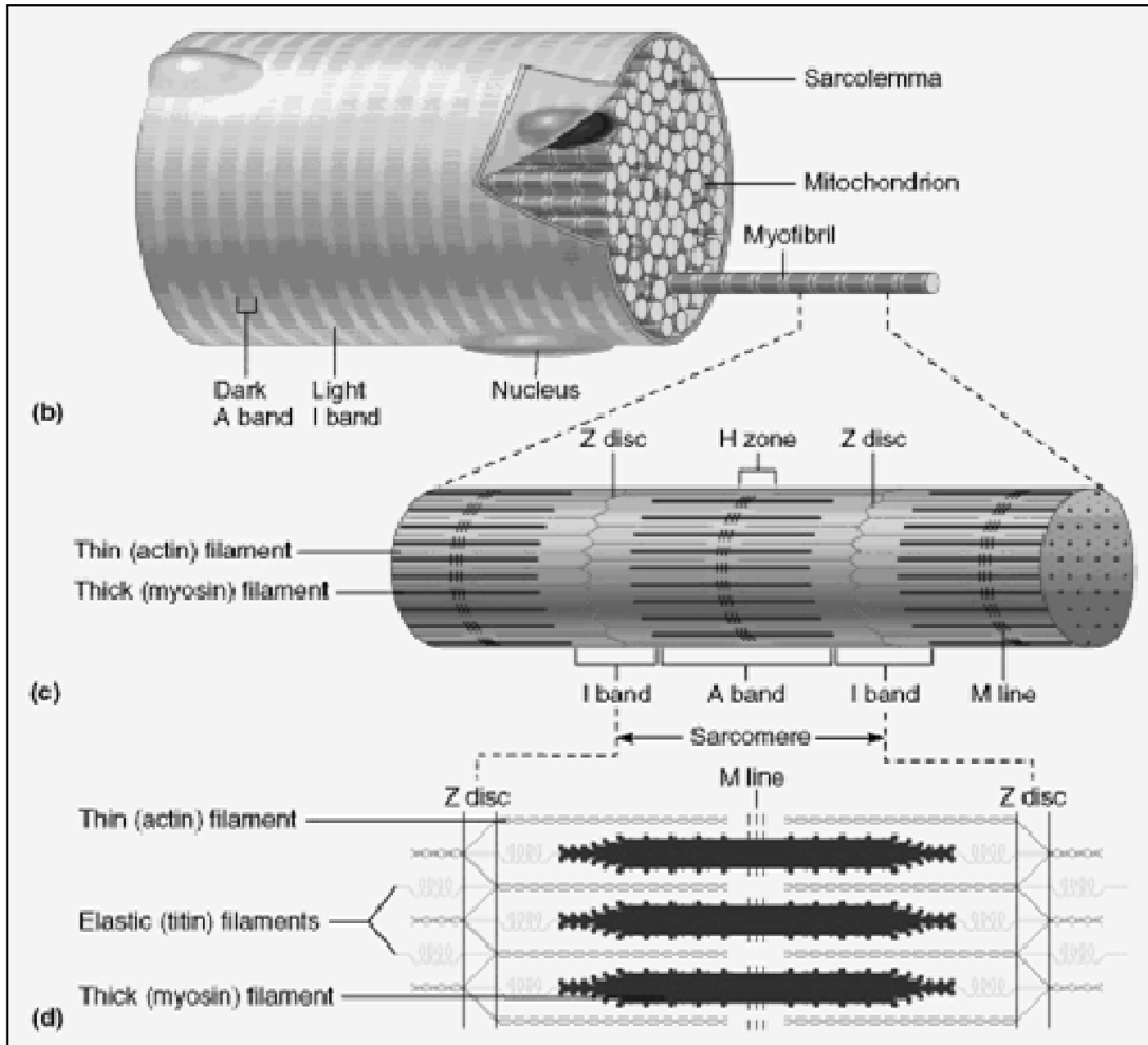
- سیتوپلاسم هر فیبر (sarcolemma) حاوی چندین میتوکندری (sarcosome) است.
- در واقع هر فیبر حاوی تعداد زیادی (myofibrils (= fibrillae = sarcolemma)) است که بطور موازی در سارکوپلاسم سلول قرار گرفته اند.



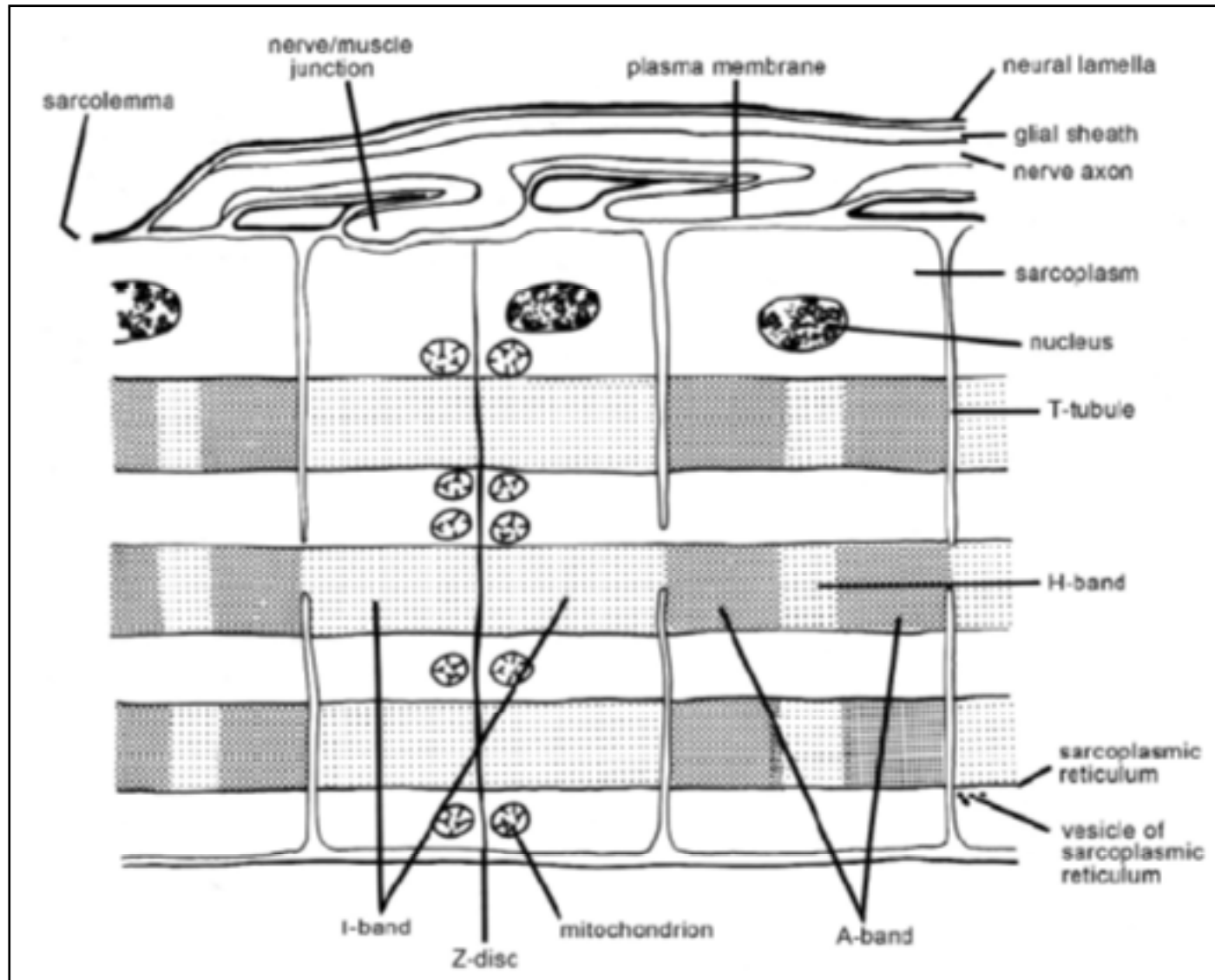


- هر میوفیبریل از رشته های قابل انقباض (contractile filaments) بنام myofilament که از دو پروتئین اکتین (actin) و میوزین (myosin) تشکیل شده است.
- فیلامنتهای ضخیم تر (میوزین) توسط تعداد زیادی فیلامنتهای باریکتر (actin) احاطه شده اند.
- میوفیلامنتهای اکتین همراه با پپتیدهای تنظیمی tropomyosin و troponin است.
- هر میوفیلامنت ضخیم (Myosin) معمولا توسط 6 میوفیلامنت باریک (Actin) احاطه شده است (نسبت 3 به 1).





- باندهای تاریک (A bands) نواحی که اکتین و میوزین همپوشانی دارند و باندهای روشن تر مشخص کننده نواحی است که فقط اکتین (I bands) یا میوزین (H bands) وجود دارد.



**H-zone**: در مرکز باند A

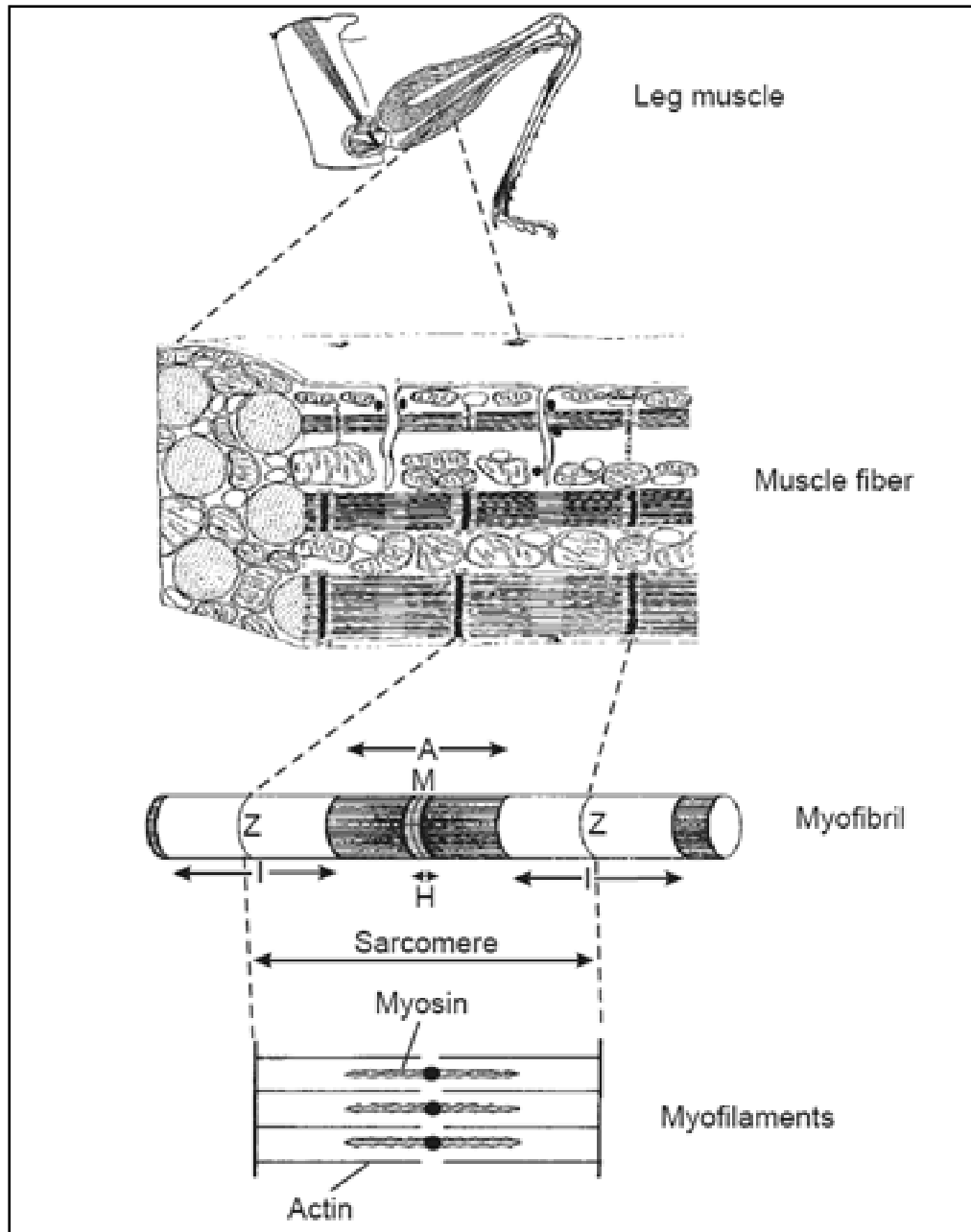
**A**: anisotropic

**I**: isotropic

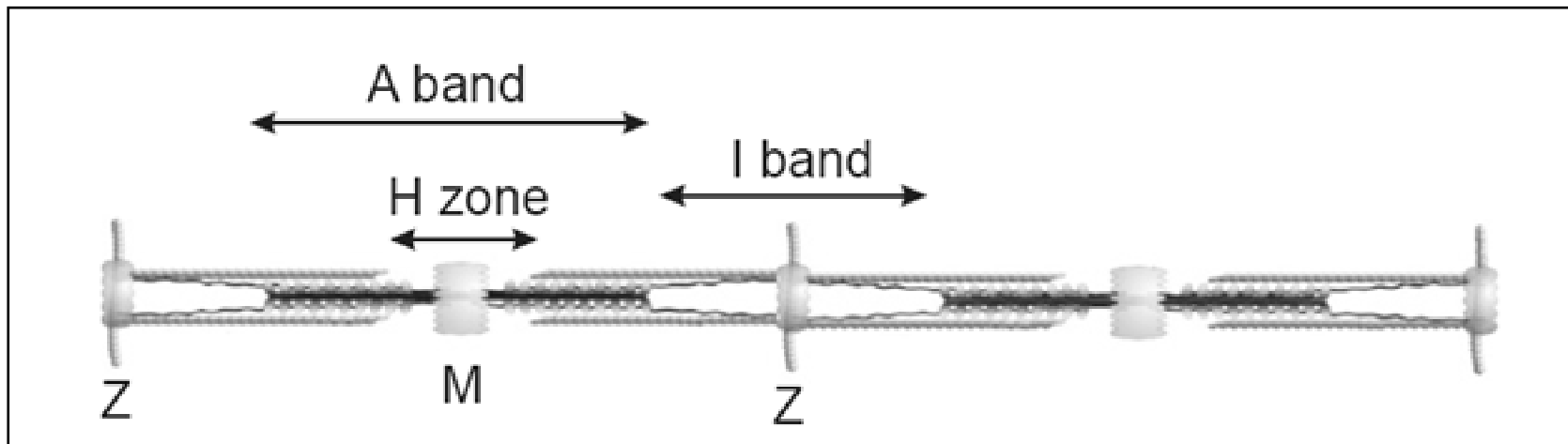
**H**: helle (german): bright

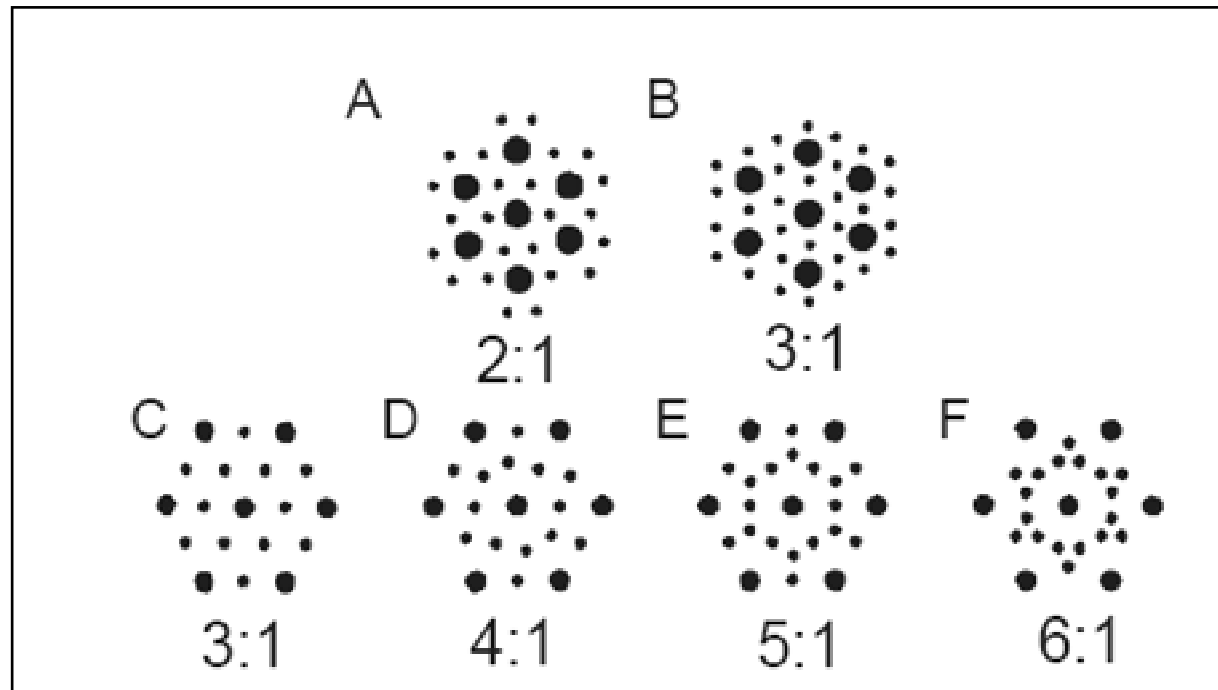
**M**: middle

**M line** - اتصال عرضی میوزینها به هم در وسط سارکومر



- علاوه بر این باندها، میکروسکوپ الکترونی نشان داده است که ساختارهای باریک متقاطعی در فیبر ماهیچه ای وجود دارد (Z-line, Z-disc, Z-body).
- هر یک از این خطوط Z در مرکز باندهای I از عرض فیبر می گذرد و بخش های قابل انقباض جداگانه ای بنام سارکومر (sarcomere) را تفکیک می کند (ناحیه بین دو خط Z را سارکومر گویند).
- یک میوفیبریل از هزاران سارکومر (بطول 2 میکرون) تشکیل شده است.
- سارکومرهای ماهیچه های احشایی بلندتر هستند (7 تا 10 میکرون).
- سارکومر در ماهیچه های به سرعت منقبض شونده کوتاه تر هستند.
- چسبیده به هر طرف خط Z فیلامنتهای اکتینی هستند که به فیلامنتهای میوزین متصل هستند.





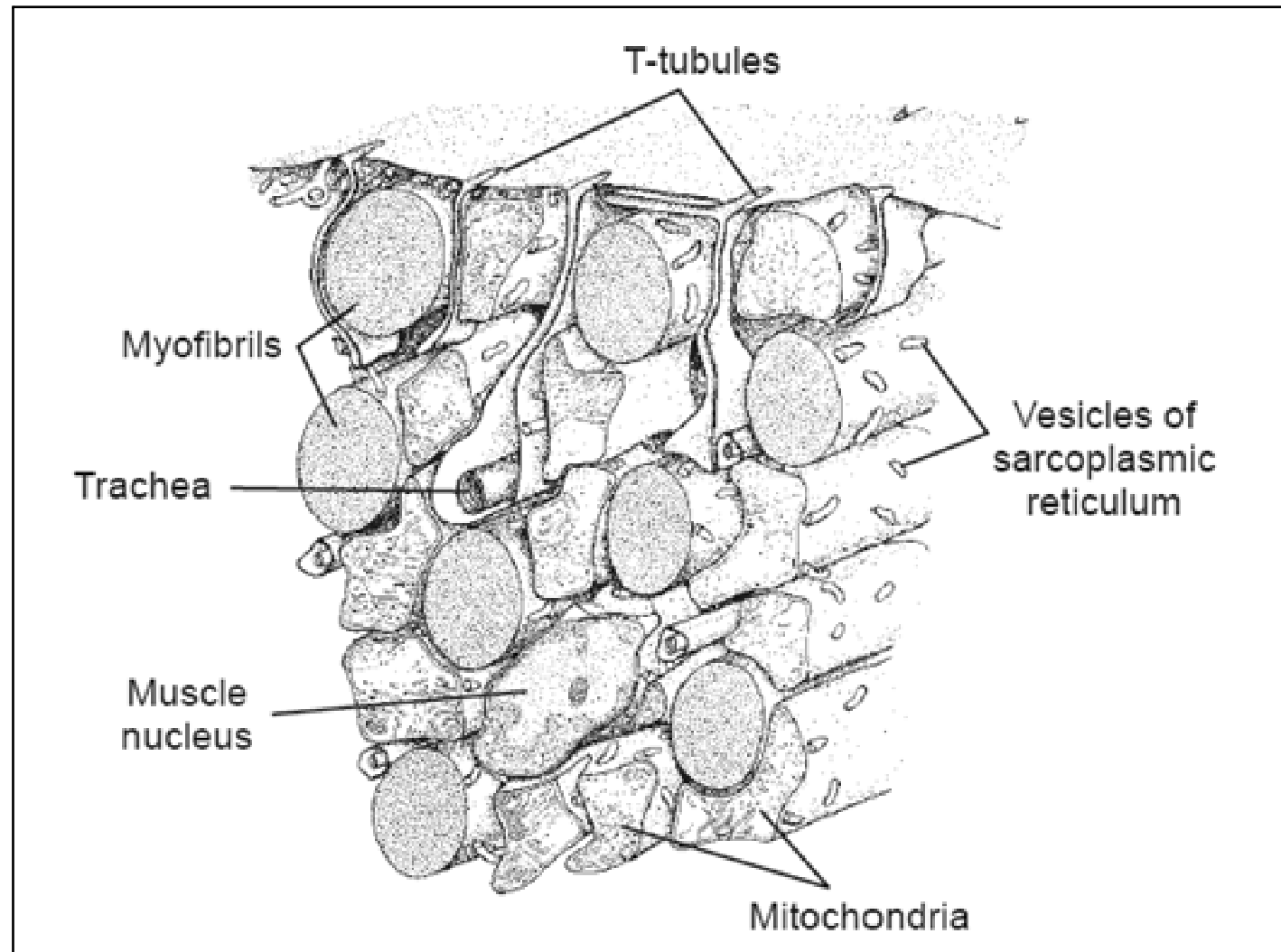
**Cross section of actin (small circles) and myosin (large circles) from various muscles. A. 2 : 1 ratio from vertebrate skeletal muscles. B. and C. 3 : 1 ratio from insect flight muscle. D. 4 : 1 ratio from flight muscle E. 5 : 1 ratio from insect skeletal muscle. F. 6 : 1 ratio from insect visceral muscle.**

**-high ratio associated with a slower contraction**

Muscle type	I:A ratio
Vertebrate skeletal muscle	2:1
<i>Lethocerus</i> flight muscle	3:1
<i>Neoconocephalus</i> flight muscle	3:1
<i>Calliphora</i> heart muscle	4:1
Cockroach flight muscle	4:1
Butterfly flight muscle	4:1
Locust retractor muscle	5:1
Locust extensor muscle	5:1
Cockroach leg muscle	5.4:1
Cockroach intersegmental muscle	6:1
<i>Carausius</i> visceral muscle	6:1

**Ratios of I : A bands found in the muscles**

T - در فواصل معین غشا پلاسمایی (sarcolemma) فیبر ماهیچه ای فرورفتگی های عمیقی پیدا می کند و سیستم (transverse system=transverse tubules) را تشکیل می دهد (انتقال تحریک الکتریکی از سطح به داخل ماهیچه).

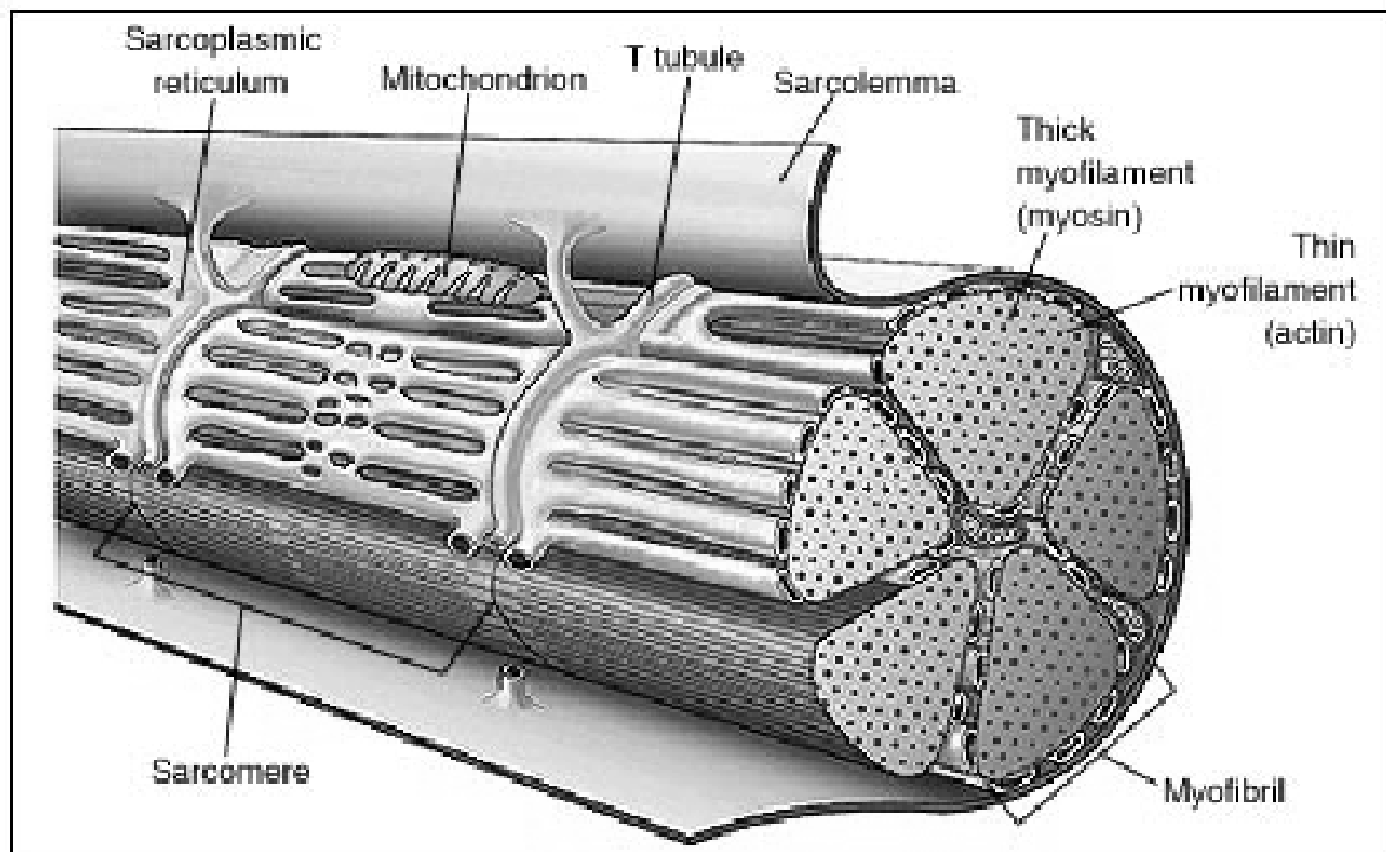




- شبکه سارکوپلاسمیک (sarcoplasmic reticulum=SR) شبکه گسترده ای از غشا های داخلی بصورت وزیکولهایی است که بطور طولی روی سطح میوفیبریل های ماهیچه قرار می گیرد(منبع یون کلسیم).

- SR نقش مهمی در فرایند انقباض ماهیچه ای ایفا می کند.

- Transverse tubules و sarcoplasmic reticulum در کنار یکدیگر به هم می چسبند و dyad یا triad را تشکیل می دهند.



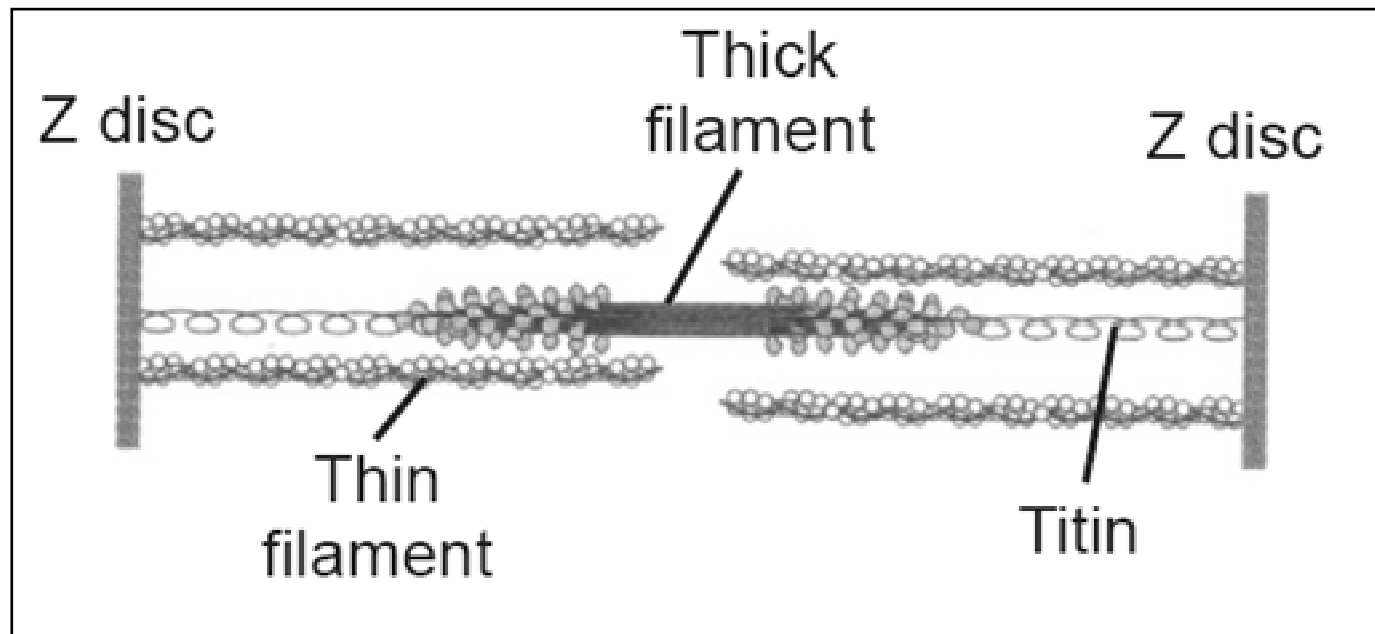
- چندین پروتئین دیگر در سارکومر حشرات وجود دارد:

1 - paramyosin: فسفوپروتئینی است که یک بخش اصلی ساختمانی رشته های ضخیم را تشکیل می دهد.

- نسبت پارامیوزین به میوزین با توجه به مرحله زندگی حشره متفاوت است.

- در مگس سرکه کامل (1 به 34) و در لارو (1 به 6) (پارامیوزین به میوزین)

2 - titin: پروتئینی است که از Z disc ها به باند میوزین در مرکز سارکومر متصل می شود.

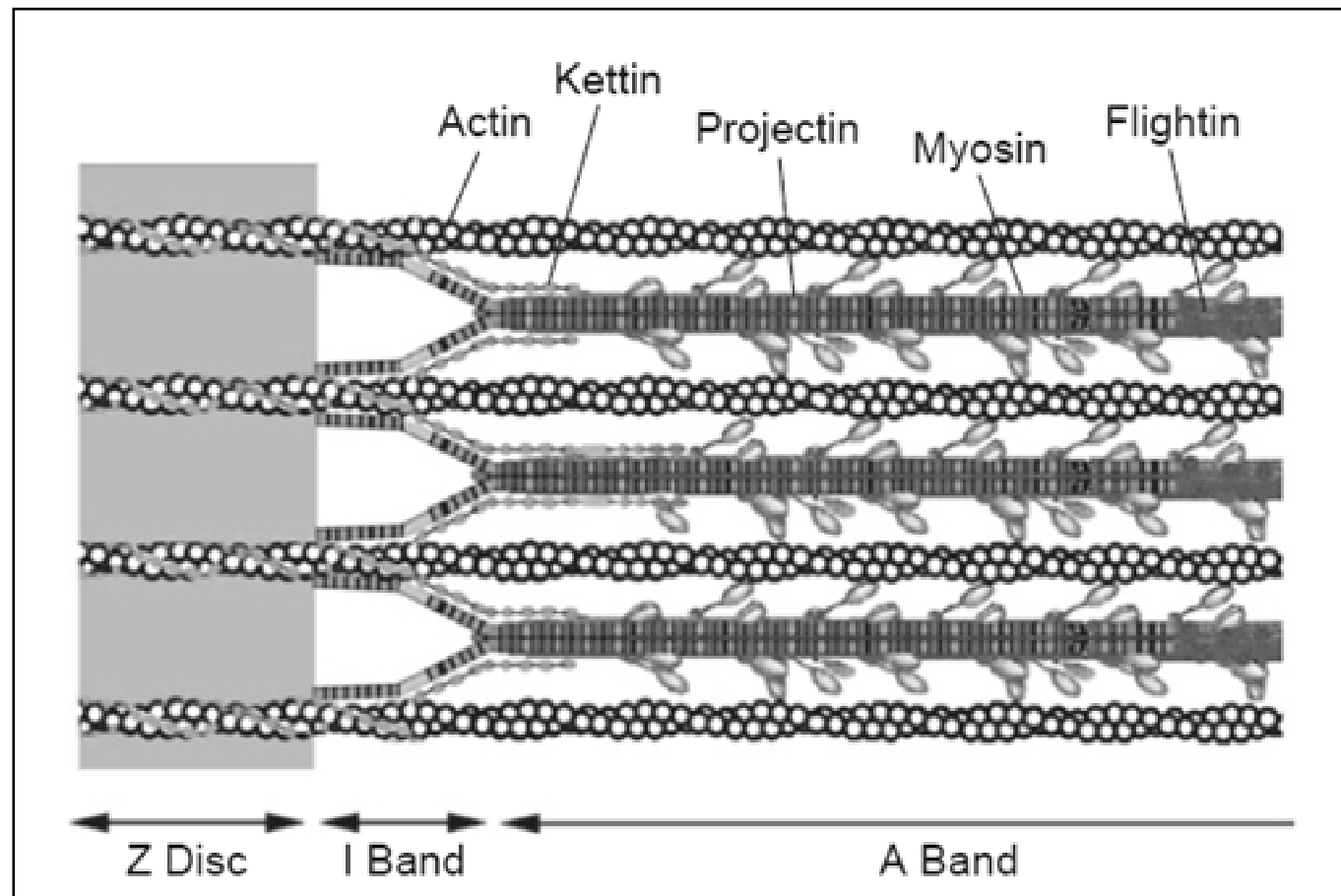


- چندین پروتئین دیگر در سارکومر حشرات وجود دارد:

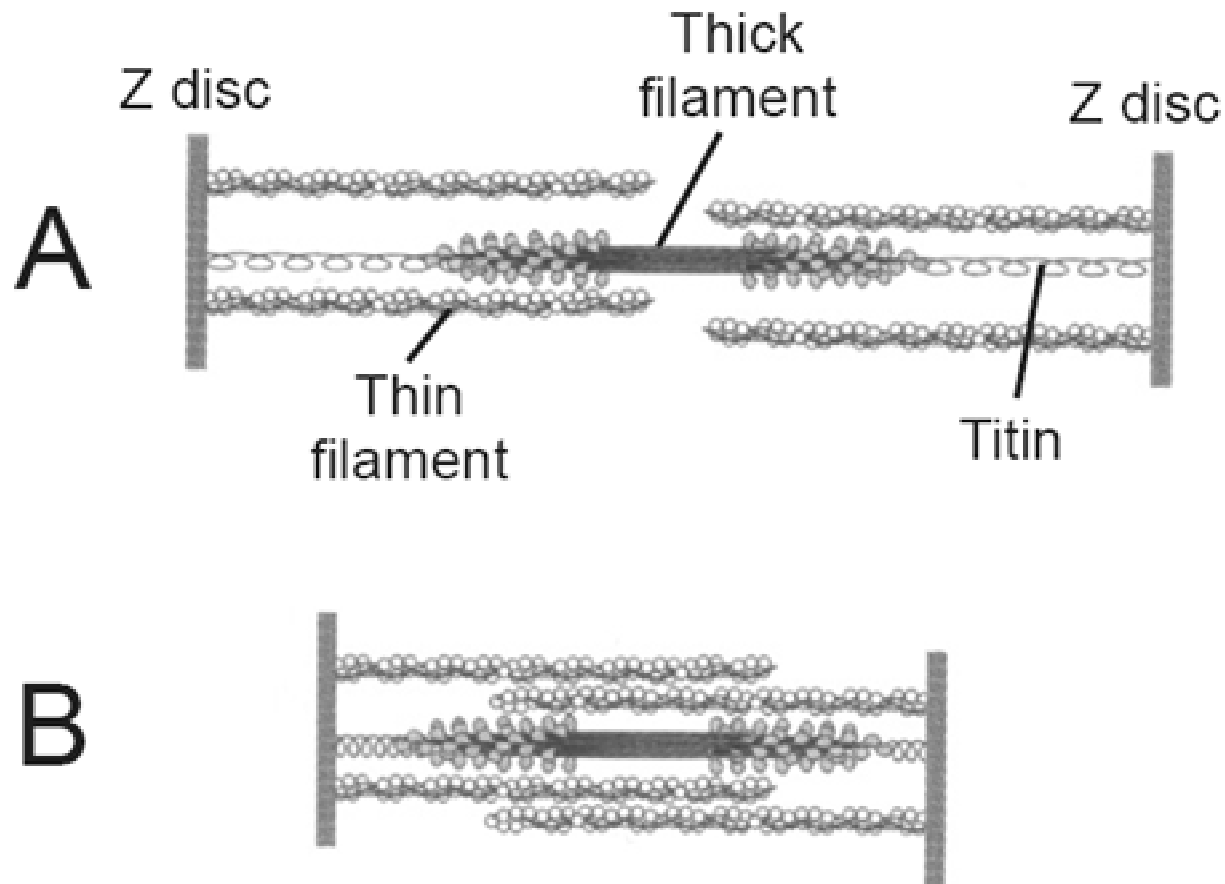
3 - projectin: از z-disc های ماهیچه های غیرمستقیم پرواز

4 - flightin: پروتئین متصل شونده به میوزین در ماهیچه های غیرمستقیم پرواز

5 - kettin: پروتئینی شبیه تیتین که پایداری و اتصال باند I را به Z disc فراهم می آورد.

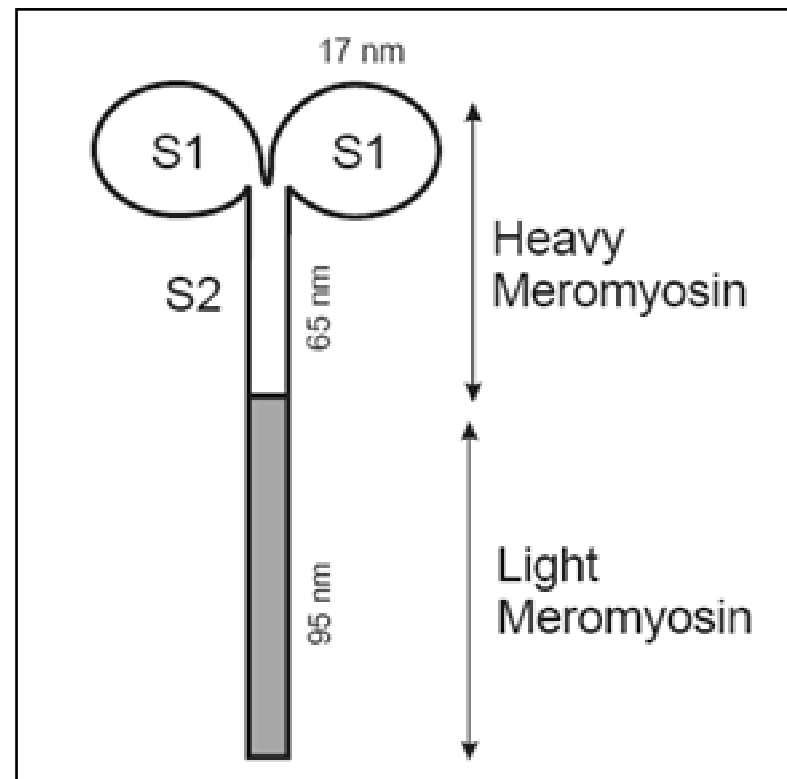


## انقباض ماهیچه:



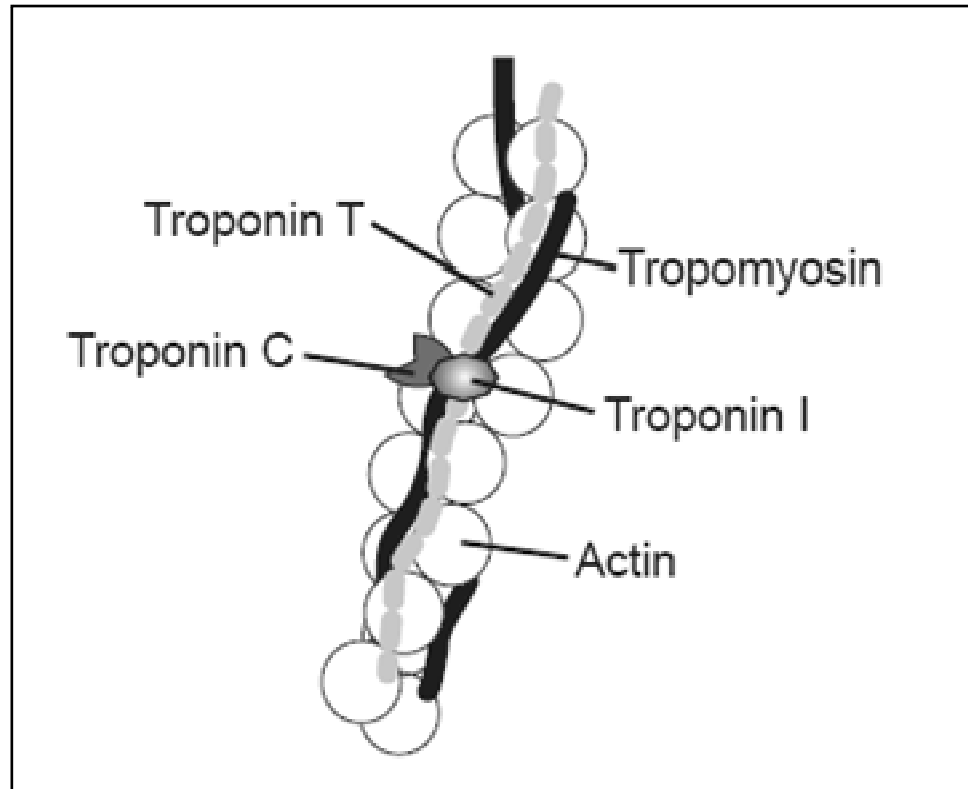
The location of titin stabilizing the myosin thick filaments and the sliding filament model of muscle contraction. A. Uncontracted. B. After contraction. The end plates of the sarcomere move closer together when the actin and myosin filaments slide past each other. The A band does not change in size, but both the I band and H zone decrease in size as the overlap between the myofilaments is altered

## انقباض ماهیچه:



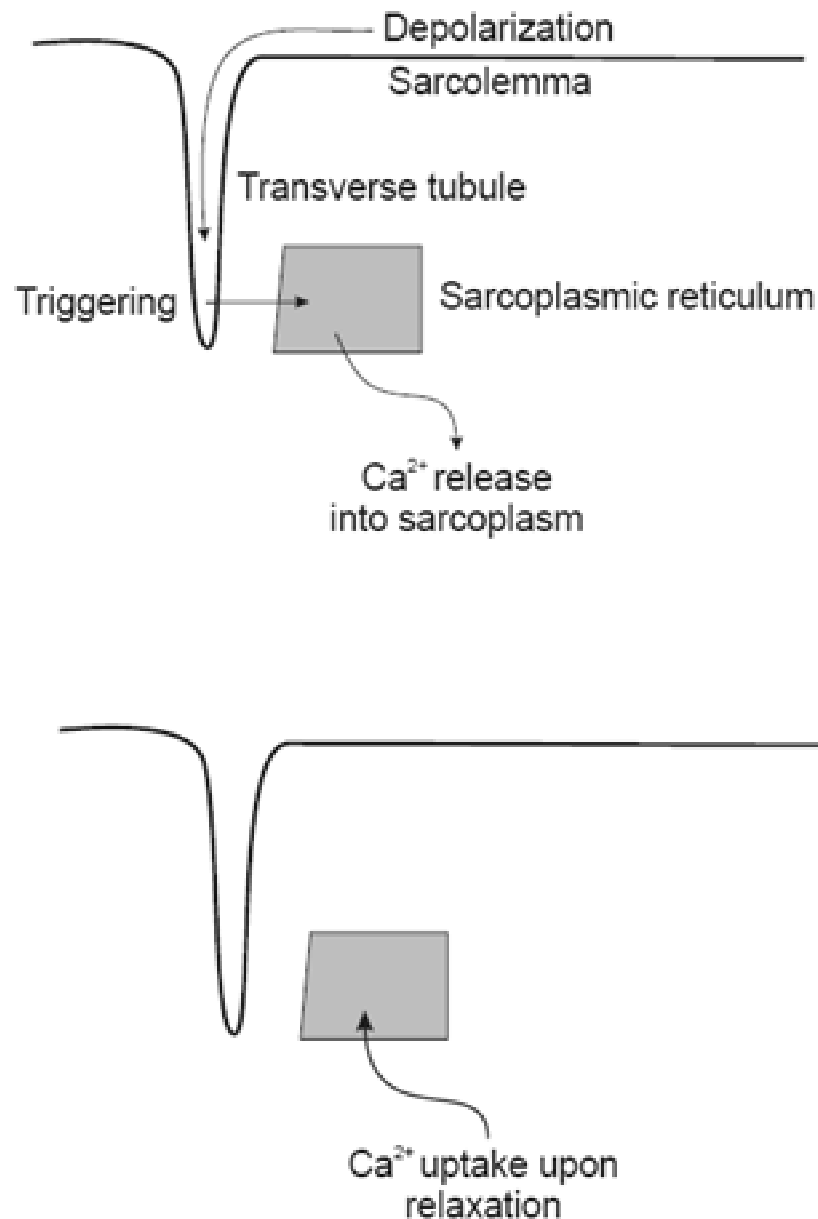
- The large myosin molecule consists of a number of polypeptide chains, and it is composed of light meromyosin filaments and a heavy meromyosin head.
- The heavy meromyosin generates the force during muscle contraction. It can be further divided into two components: a globular S1 that makes up the heads and has ATPase activity and a rod-shaped S2 region that links the heads with the filaments.

انقباض ماهیچه:



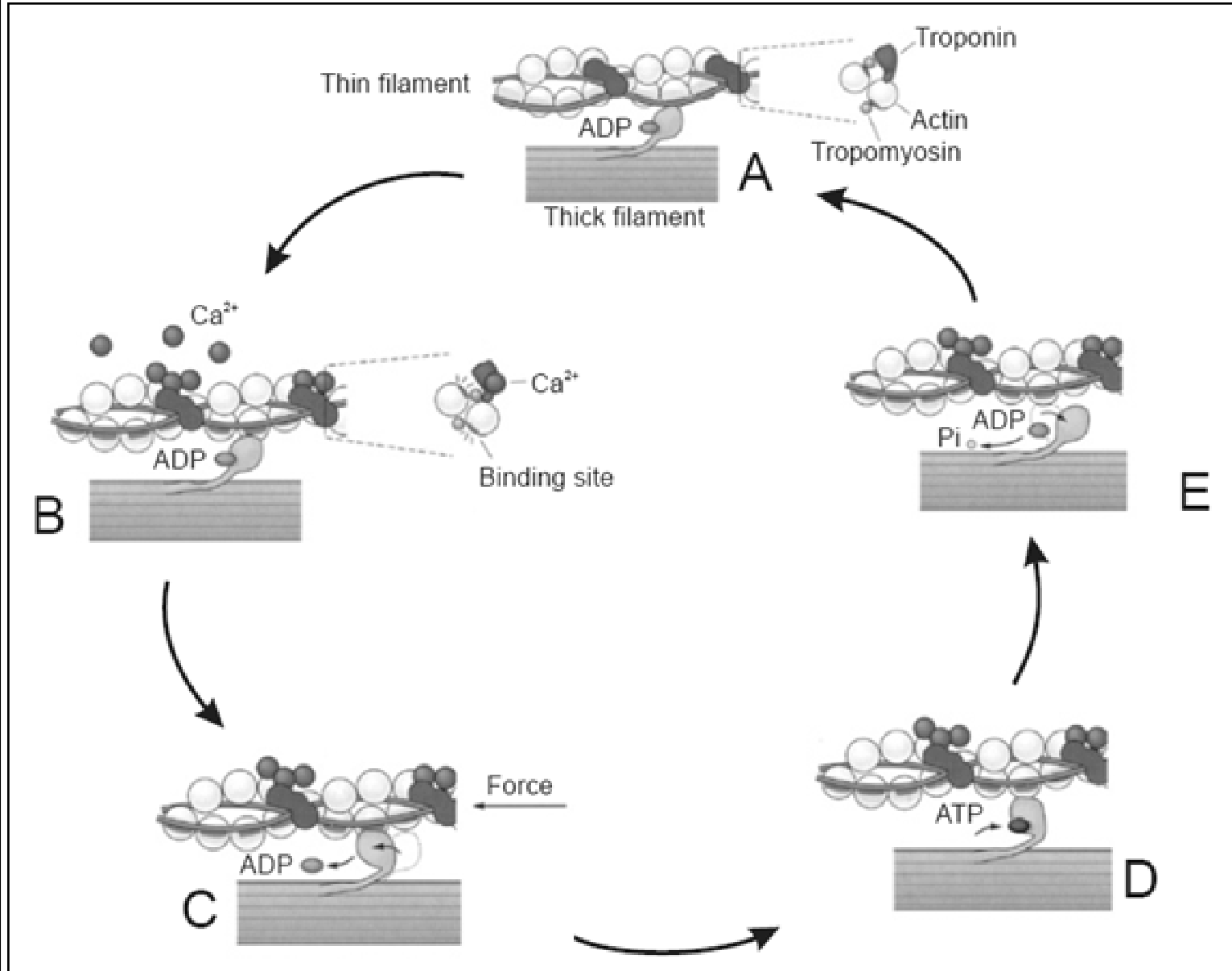
**The composition of the actin filament, complexed with troponin and tropomyosin.**

انقباض ماهیچه:



The depolarization of the sarcolemma reaches inside the muscle fiber via the transverse tubule, causing the sarcoplasmic reticulum to release calcium into the cytoplasm. The binding of the calcium by the actin complex triggers the contraction. The calcium is taken up by the sarcoplasmic reticulum during muscle relaxation.

انقباض ماهیچه:

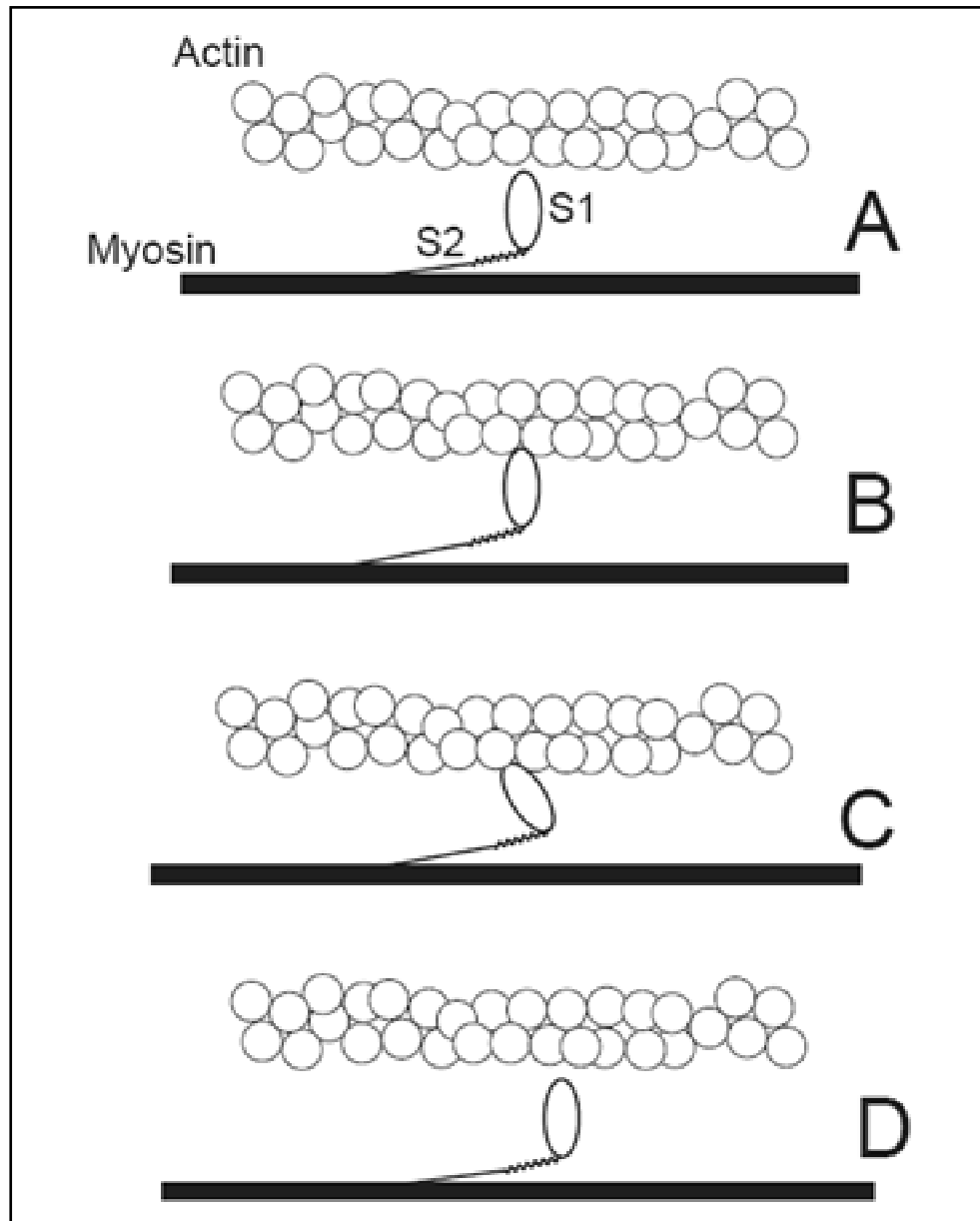




## انقباض ماهیچه:

**The steps in the cycle of muscle contraction. A. The muscle fiber at rest. Adenosine diphosphate (ADP) is bound to the myosin heads, and the troponin-tropomyosin complex has no bound calcium. B. The muscle fiber is activated when calcium is released from the sarcoplasmic reticulum and binds to the tropomyosin, causing them to expose actin binding sites. This allows the myosin heads to form cross-bridges between the thick and thin filaments. C. The attachment causes a conformational change in the myosin, and they exert forces that shorten the sarcomere by producing a greater overlap of the filaments. D. When the power stroke is completed, ATP binds to the myosin head and causes it to detach from the actin. E. The energy contributed by the ATP reconfirms the myosin head for attachment to another binding site.**

## انقباض ماهیچه:



**Mechanism of attachment and detachment of the myofilaments.**  
**A.** Myosin heads are detached when the muscle is at rest. **B.** The S1 heads attach to actin. **C.** The S1 head changes in structure, causing the power stroke that pulls the filaments together. **D.** Binding of ATP causes the release of S1 from actin and reverses the structural change.

- بر اساس آرایش میوفیبریلها، میتوکندریها و هسته ها، میزان جداسازی میوفیبریلها، میزان نمو شبکه سارکوپلاسمیک و تعداد اکتینهای احاطه کننده هر میوزین انواع مختلفی از ماهیچه در حشرات دیده می شود.

- ماهیچه های هماهنگ (synchronous) و ناهماهنگ (Asynchronous)

- بر اساس میزان انقباض بر عصب ورودی

- ماهیچه های synchronous:

- فرکانس انقباض مستقیماً بصورت 1:1 توسط تکانه عصبی از سیستم عصبی مرکزی (کمتر از 100 هرتز)

- ماهیچه های عمومی اسکلتی همه حشرات، بعضی از ماهیچه های شنوایی و تولید صدا و ماهیچه هایی که

بالهای بعضی از حشرات را به حرکت در می آورند.

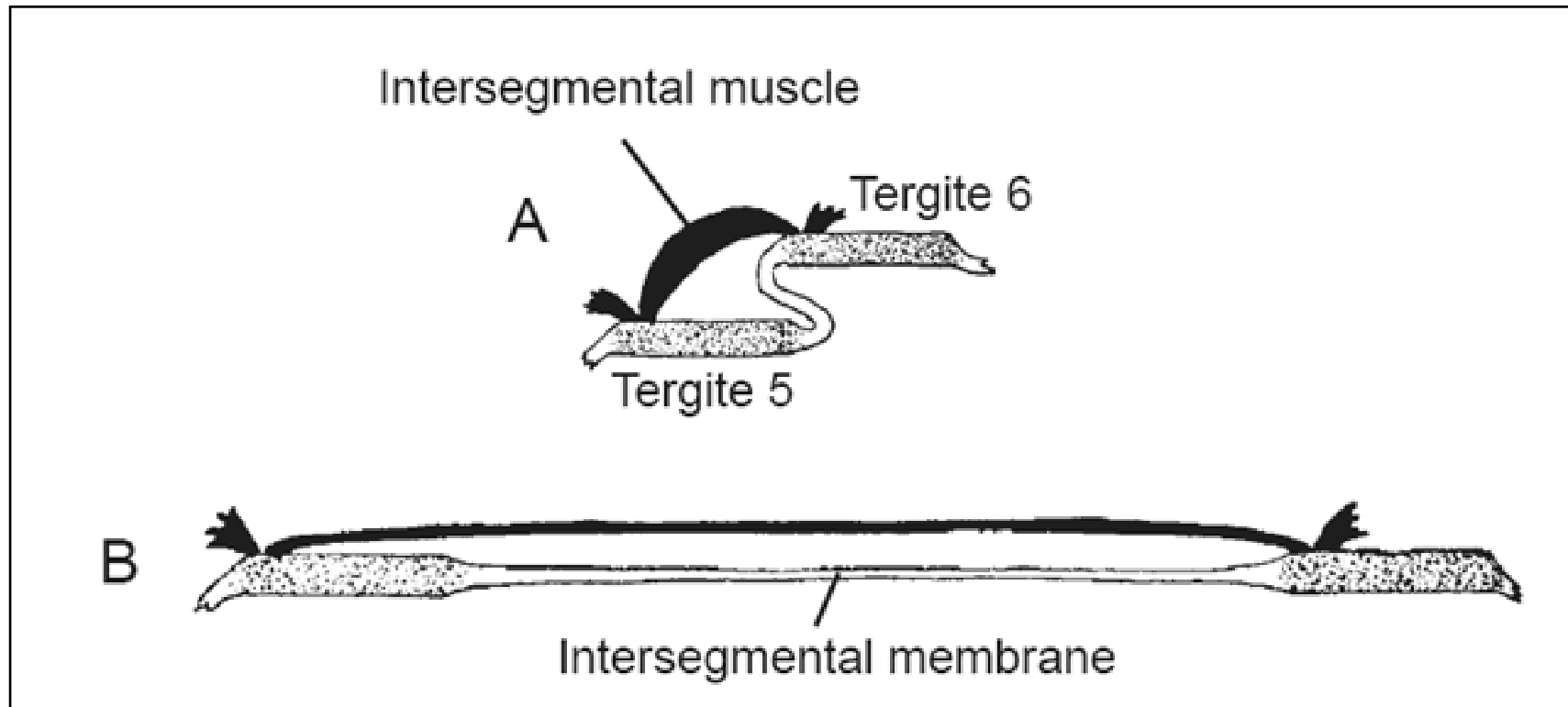
- دارای SR و T system توسعه یافته با Triad junction ولی

- استثناً: ماهیچه های کندمنقبض شونده هماهنگ: SR توسعه نیافته

- 1% of the fiber volume in the slow extensor tibia muscle *S. gregaria*

- 30% of the muscle volume in the fast synchronous tymbal muscle of a cicada

- انقباض معمولاً 50 درصد طولشان محدود می شود. (حالت‌های ویژه ای نیز وجود دارد)



**Intersegmental muscles allow for the supercontraction (A) and the superextension (B)**

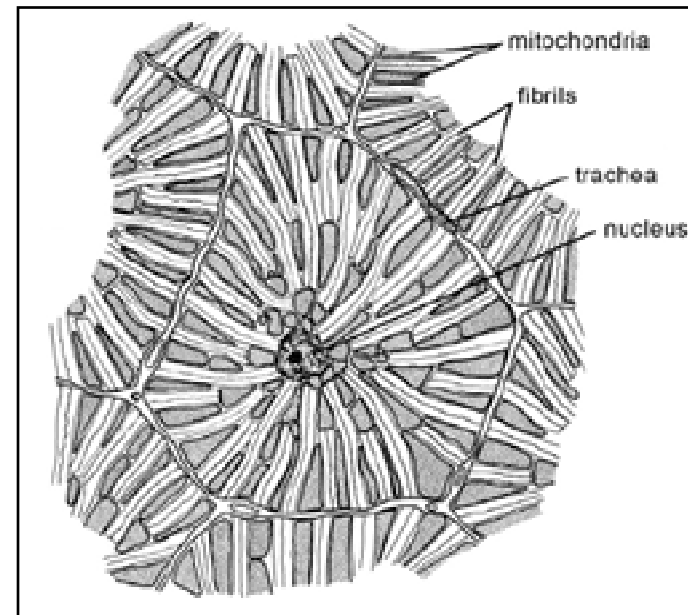
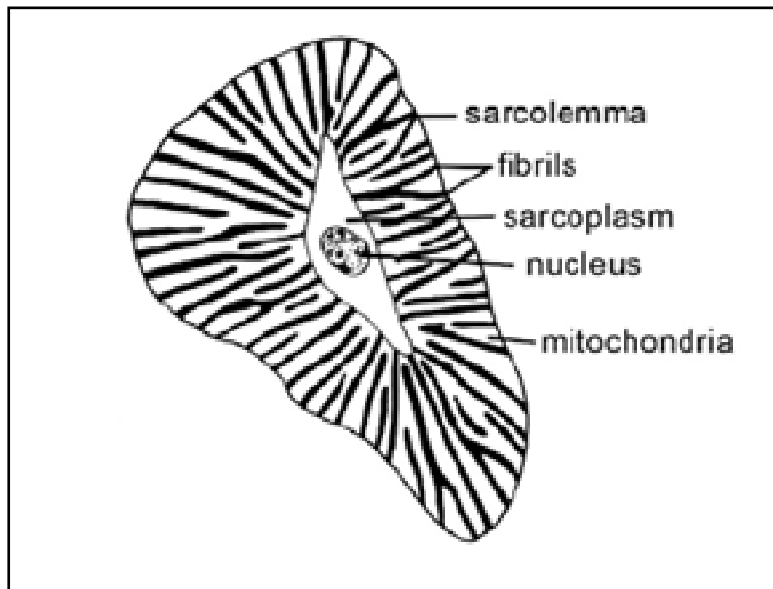
**Stretch to beyond 10 times their normal length and shorten by as much as 90%**

- ماهیچه های هماهنگ (synchronous) و ناهماهنگ (Asynchronous)

- دو نوع ماهیچه هماهنگ: tubular and close-packed

- tubular:

- فیبرها چند هسته ای هستند (هسته ها در خط وسط فیبر).
- میوفیبریلها صفحه مانند از مرکز به سمت خارج (مانند سیمهای چرخ)
- دارای SR و T system توسعه یافته
- ماهیچه های اسکلتی معمول در دوبرالان و بال غشاییان در حرکت پاها و دیگر زوائد، ماهیچه کنترل روزنه و موارد دیگر
- ماهیچه های مستقیم و غیر مستقیم پرواز در بعضی حشرات (Odonata)



- ماهیچه های هماهنگ (**synchronous**) و ناهماهنگ (**Asynchronous**)

- دو نوع ماهیچه هماهنگ: tubular and close-packed

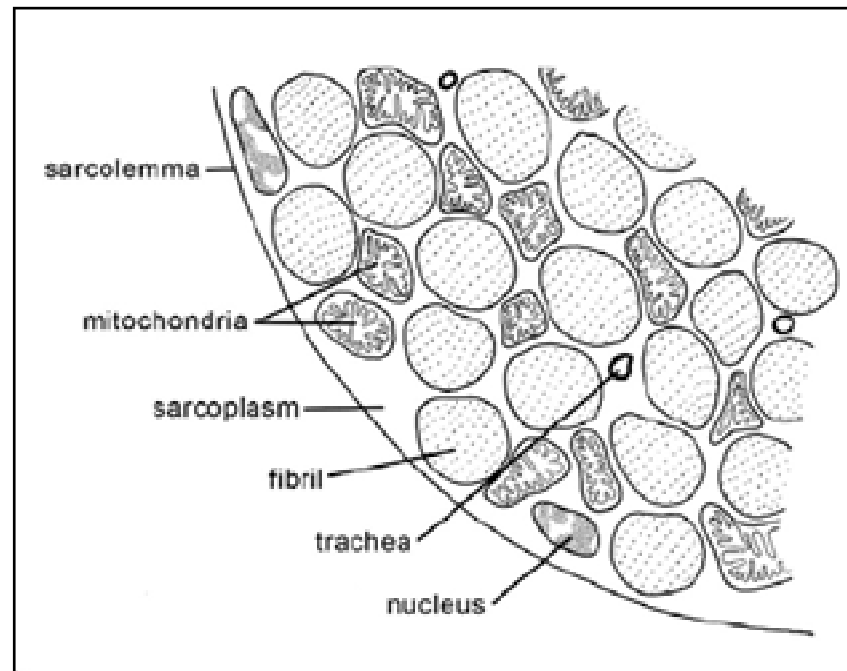
- close-packed:

- ماهیچه های پرواز بسیاری از حشرات

- هسته های زیاد در پیرامون فیبر

- میوفیبریل های کوچک با میتوکندری های بزرگ

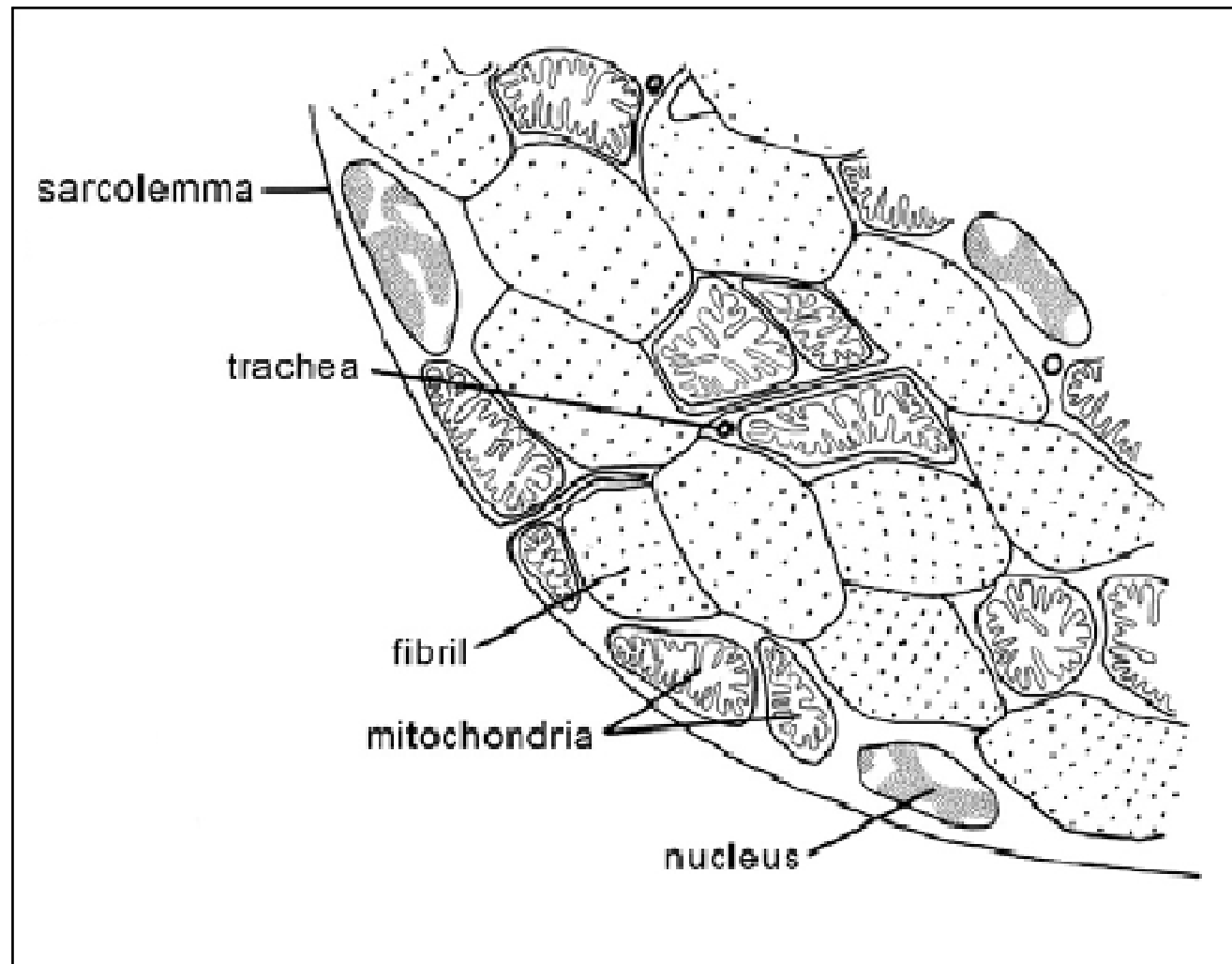
- فیبر به شکل گرد یا چند زاویه ای است



- ماهیچه های Asynchronous (=fibrillar muscle):

- فرکانس انقباض و ویژگی خود ماهیچه است (چندین تا بسیار انقباض در پاسخ به یک محرک عصبی)
- 5 تا 25 انقباض برای هر تکانه عصبی
- فیبرها به آسانی از هم جدا می شوند.
- فیبرهای ماهیچه ای بسیار بزرگند (از 100 میکرون تا 1 میلی متر)
- فیبرها استوانه ای و چند هسته ای (در پیرامون)
- شبکه سارکوپلاسمیک ضعیف
- سیستم T بخوبی توسعه یافته و ارتباط dyad با SR
- میتوکندریهای بزرگ و زیاد (تا 30 درصد حجم ماهیچه) و بی نظم در شکل
- میوفیلامنتها به نسبت 1 به 3
- ماهیچه های پرواز در بسیاری از حشراتی که پرواز می کنند (ماهیچه های مستقیم و غیر مستقیم پرواز در دوبرالان، بال غشاییان، سخت بالپوشان و بعضی از نیم بالپوشان).
- بسیار کاراتر از ماهیچه های هماهنگ می باشند.
- قدرت خروجی بیشتری دارند.

- ماهیچه های Asynchronous (=fibrillar muscle):

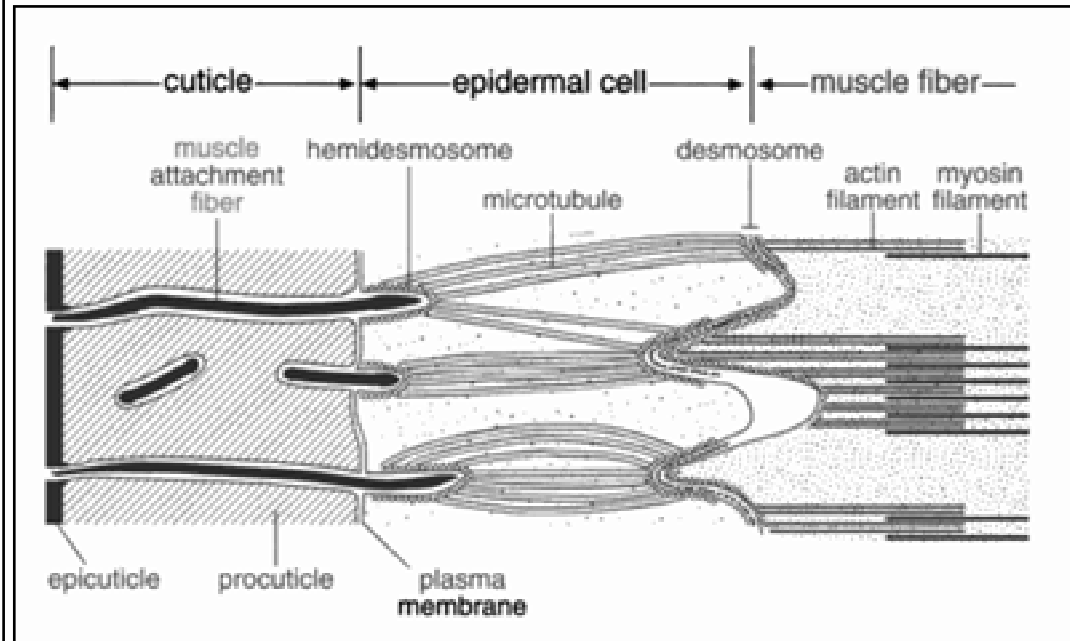
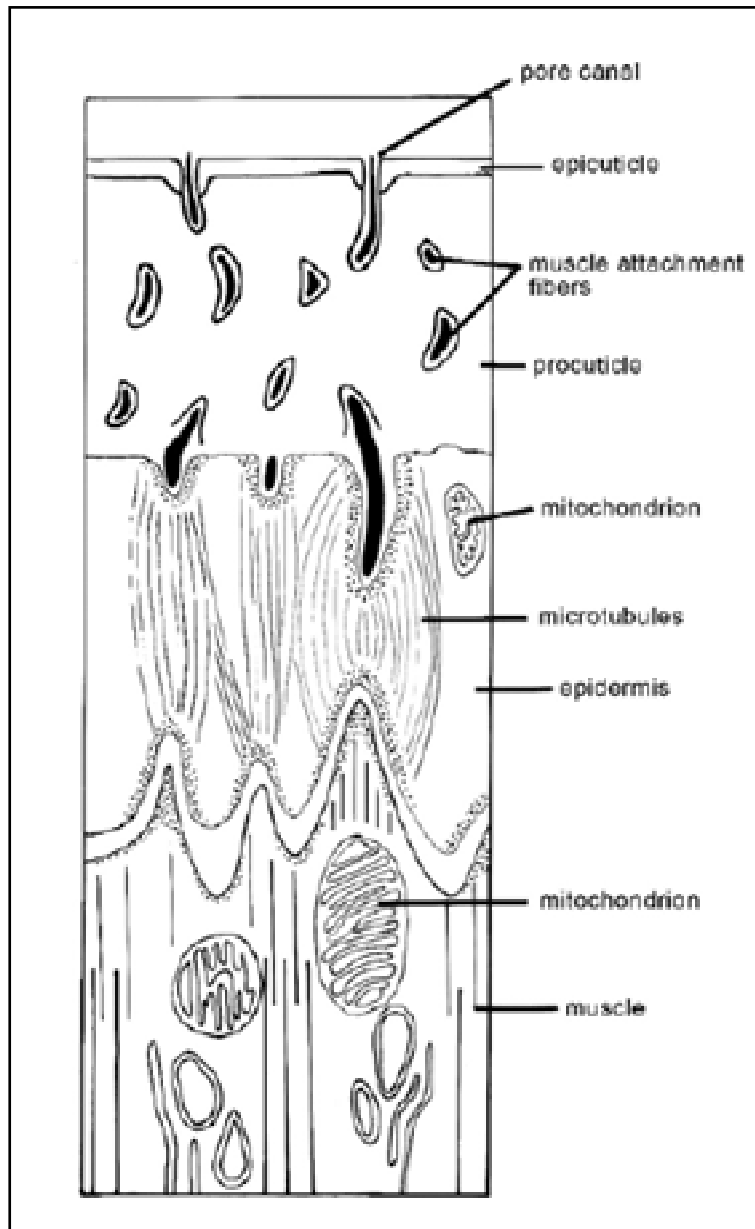




## اتصال ماهیچه ها به اسکلت خارجی

- یک انتهای ماهیچه های اسکلتی و بال به قسمت نسبتا غیرمتحرک اسکلت خارجی متصل می شوند (origin).
- قسمت دیگر به قسمت متحرک، مثلا یک زائده، متصل می شود (insertion).
- ماهیچه های اسکلتی به لایه کوتیکولین متصل می شوند.
- Dumpy protein غشا بیرونی فیبر ماهیچه ای را با basal membrane سلولهای اپیدرمی متصل می کند.
- این پروتئین از گسیخته شدن ماهیچه از کوتیکول جلوگیری می کند.
- دسته ای از میکروتوبولهای درون سلولی که از محل اتصال فیبر ماهیچه ای و سلولهای اپیدرمی منشا می گیرند، از سلولهای اپیدرمی عبور می کنند و در کوتیکول به فیبرهای کیتینی (tonofibrillae) محکم می شوند.
- تونوفیبریلها به کوتیکولین متصل می گردند (با یک سیمان خاص).
- تونوفیبریلها به عمل شیره پوست اندازی بسیار مقاوم هستند و امکان باقی ماندن اتصال ماهیچه ها را به اسکلت خارجی را بعد از آپولیز و ترشح کوتیکول جدید را فراهم می کنند.
- به محض تشکیل اولین لایه کوتیکول جدید (کوتیکولین) اتصال فیبرهای جدید با آن به سرعت برقرار می گردد.

اتصال ماهیچه ها به اسکلت خارجی



ماهیچه های پا

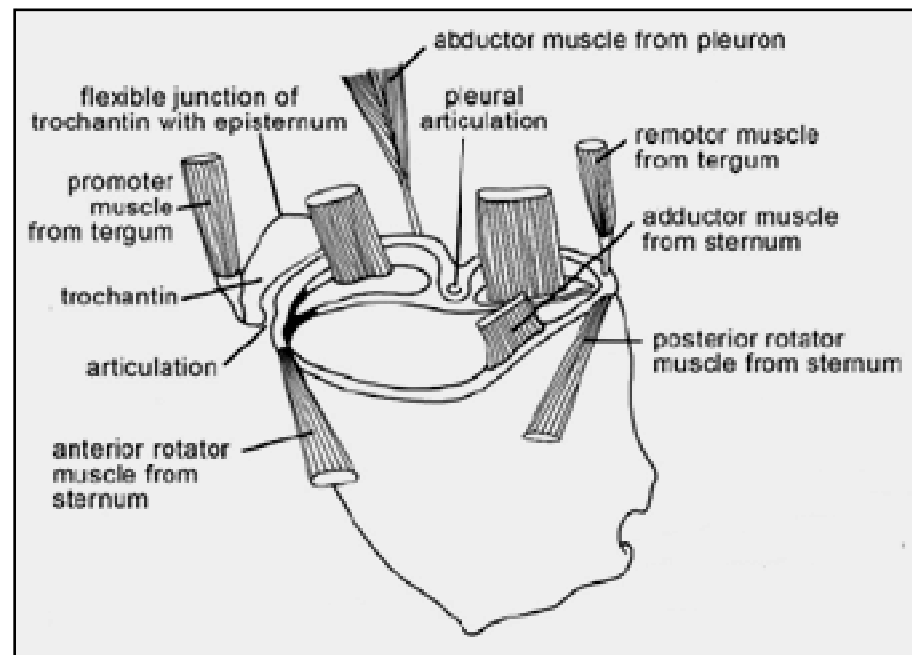
- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

- 1- **Extrinsic** (having one end inserted on the wall of the thorax)
  - Majority of extrinsic muscles **move the coxa**
  - Some of the extrinsic muscles have a dual function, serving to bring about both leg and wing movements.
- 2- **Intrinsic** (having both ends inserted within the leg)
  - Paired intrinsic muscles move **leg segments in relation to each other.**

Typically, the leg muscles include:

(1) The **coxal promoter** and its antagonist, the **coxal remotor**, which run from the tergum to the anterior and posterior edges, respectively, of the coxa.

- Contraction of the coxal promoter causes the coxa to twist forward.

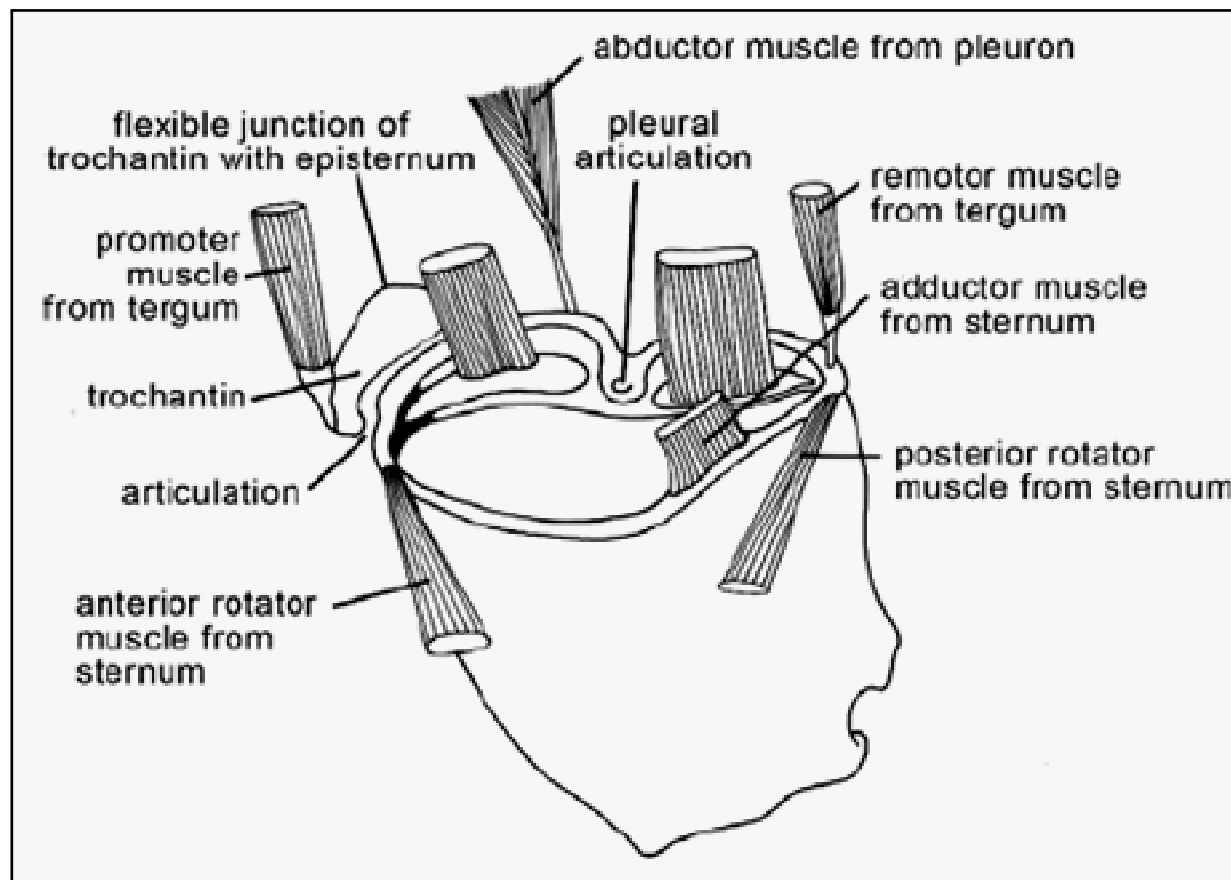


## ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

- (2) the **coxal adductor** and **abductor** (attached to the sternum and pleuron, respectively), which move the coxa toward or away from the body.

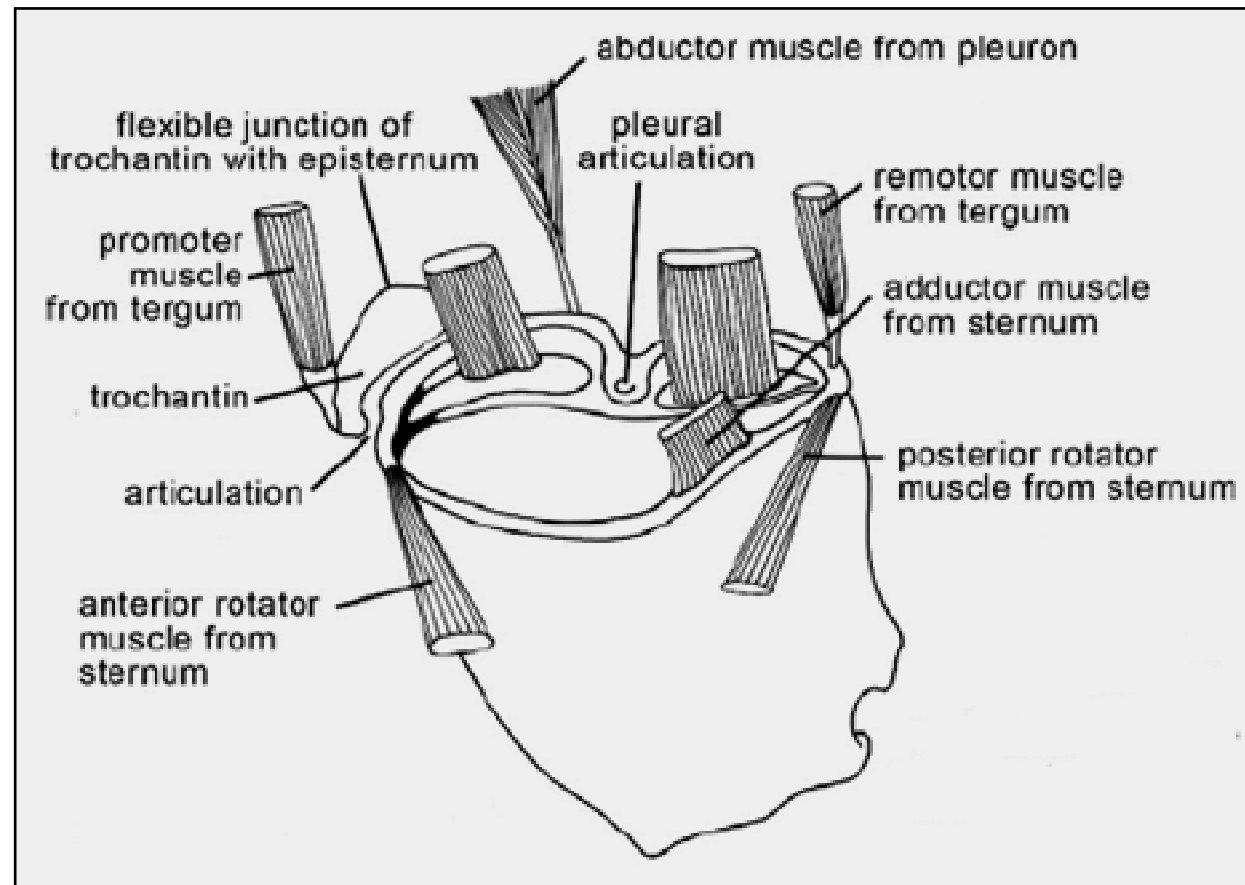


ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

- (3) anterior and posterior **coxal rotators**, which arise on the sternum and assist in raising and moving the leg forward or backward.

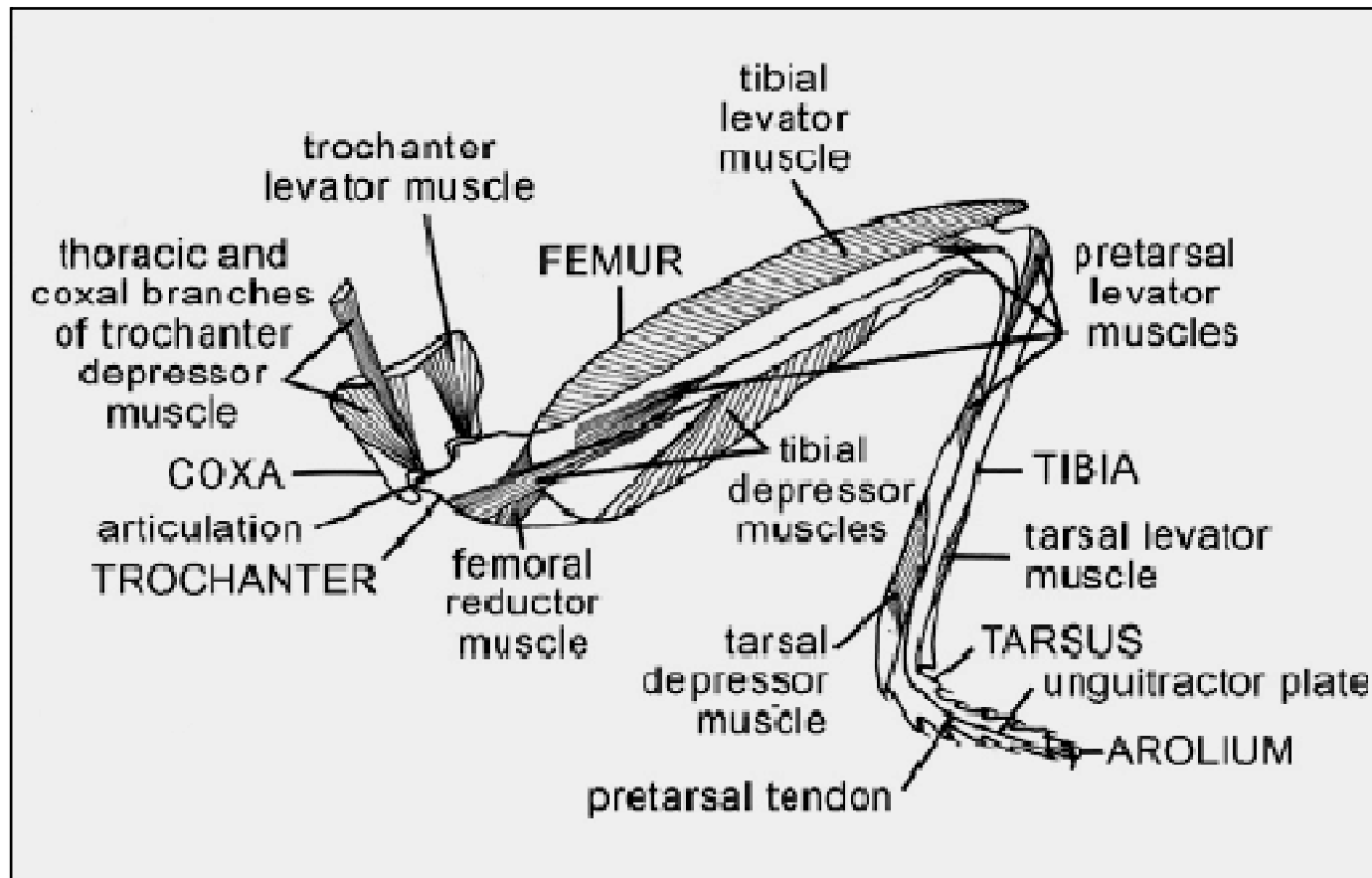


## ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

(4) an **extensor** (levator) and **flexor** (depressor) muscle in each leg segment, which serve to increase and decrease, respectively, the angle between adjacent segments.

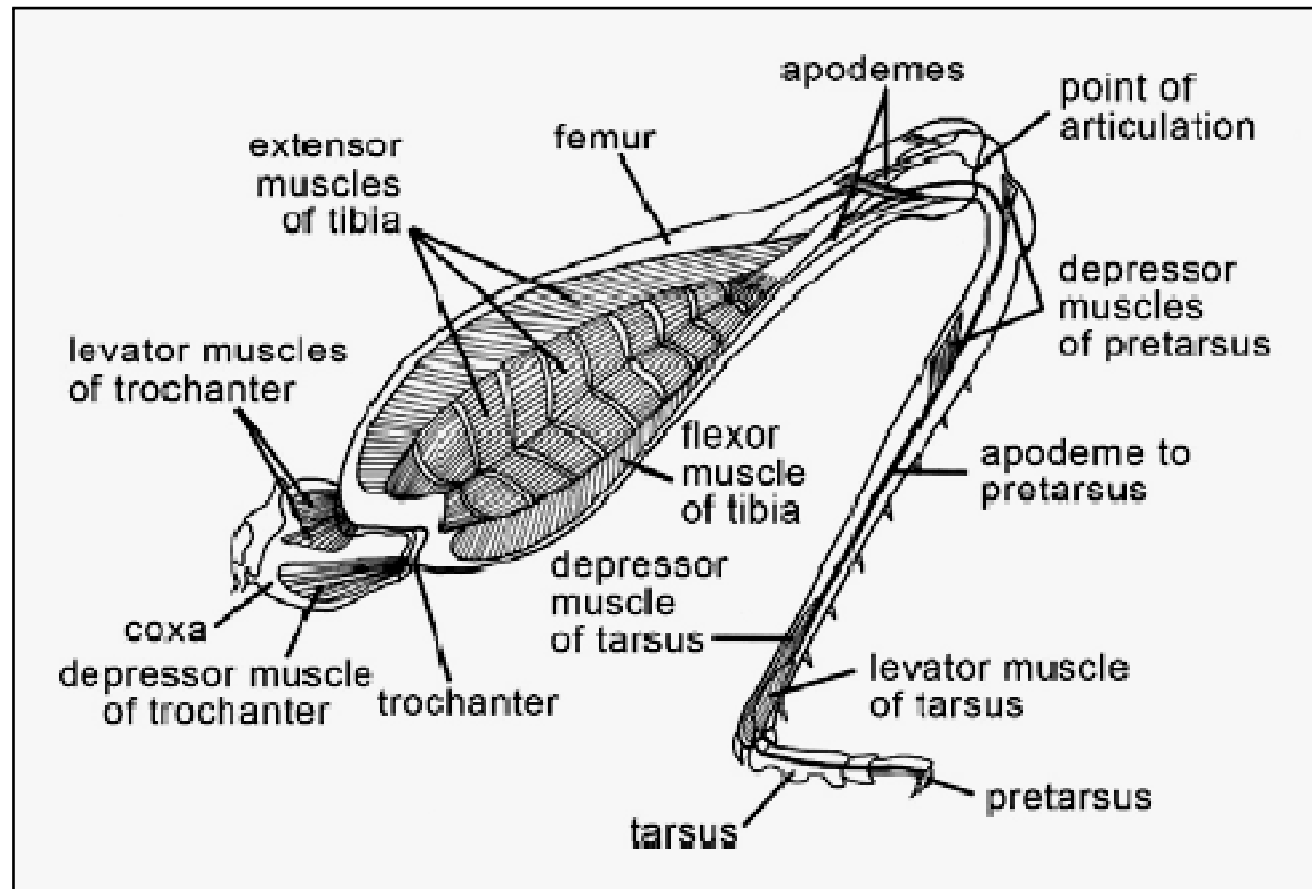


ماهیچه های پا

- ماهیچه هایی که پا را به حرکت در می آورند:

Typically, the leg muscles include:

(4) an **extensor** (levator) and **flexor** (depressor) muscle in each leg segment, which serve to increase and decrease, respectively, the angle between adjacent segments.



## ماهیچه های بال

- حداقل 10 جفت ماهیچه در پرواز، جهت گیری بال و هدایت شرکت دارند.

1- ماهیچه های غیرمستقیم پرواز (indirect flight muscles)

- ماهیچه های قوی هستند که شامل:

- ماهیچه های طولی پشتی (dorsal longitudinal muscles) = wing depressor

- ماهیچه پشتی شکمی (dorsoventral muscles) = wing elevator

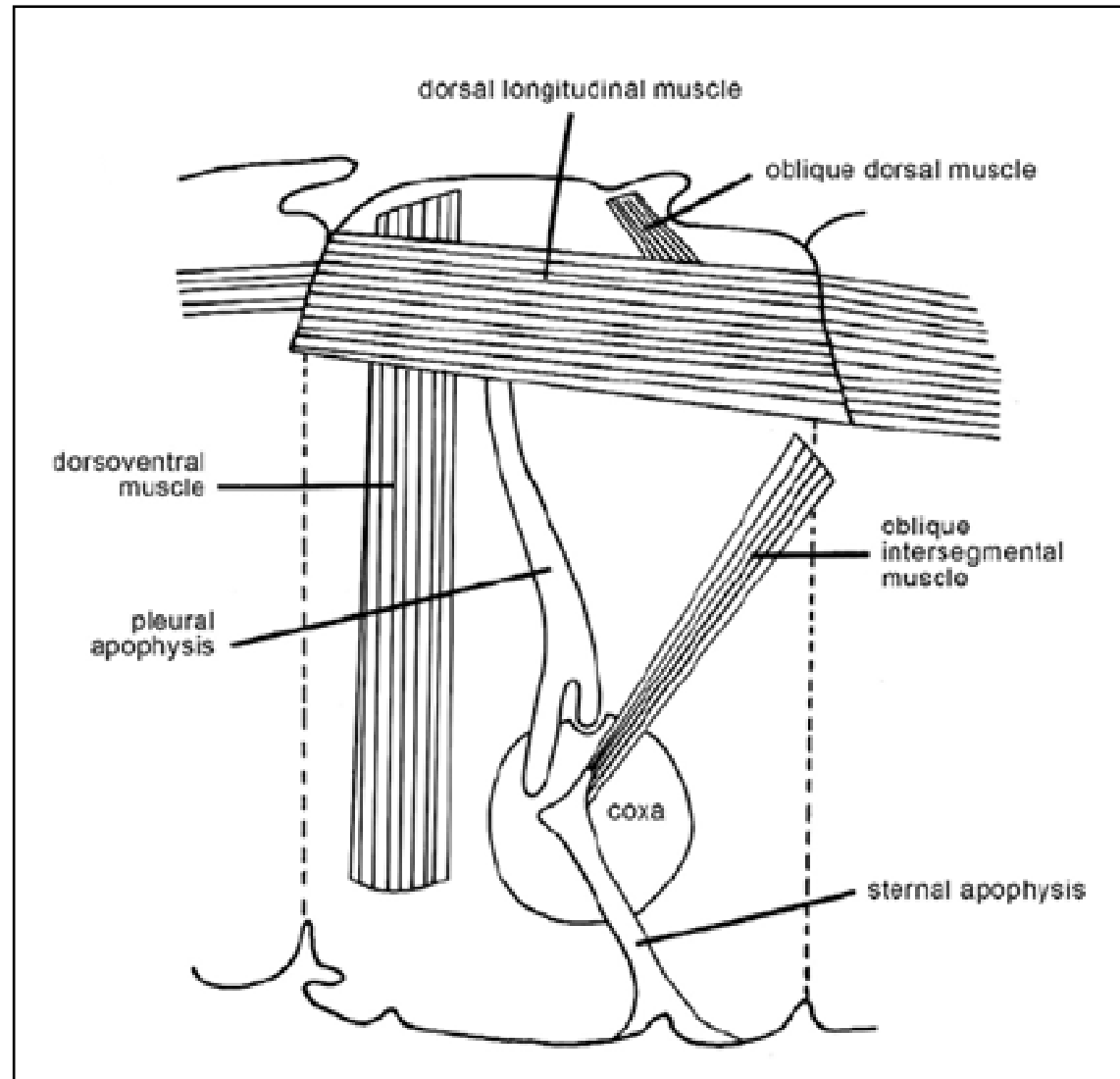
- ماهیچه مورب پشتی (oblique dorsal muscle) = wing elevator

- ماهیچه مورب بین مفصلی (oblique intersegmental muscle)



ماهیچه های بال

1- ماهیچه های غیرمستقیم پرواز (indirect flight muscles)



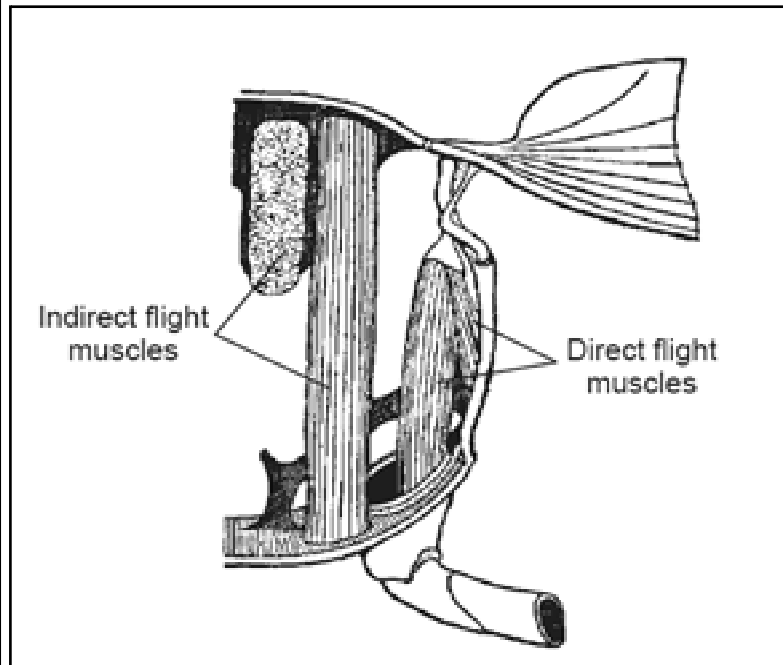
ماهیچه های بال

2- ماهیچه های مستقیم پرواز (**direct flight muscles**)

- basalar muscle (wing depressor)

- subalar muscle (wing depressor)

- third auxillary muscle (wing folding)



3- ماهیچه های غیر مستقیم ضمیمه (**accessory indirect muscles**)

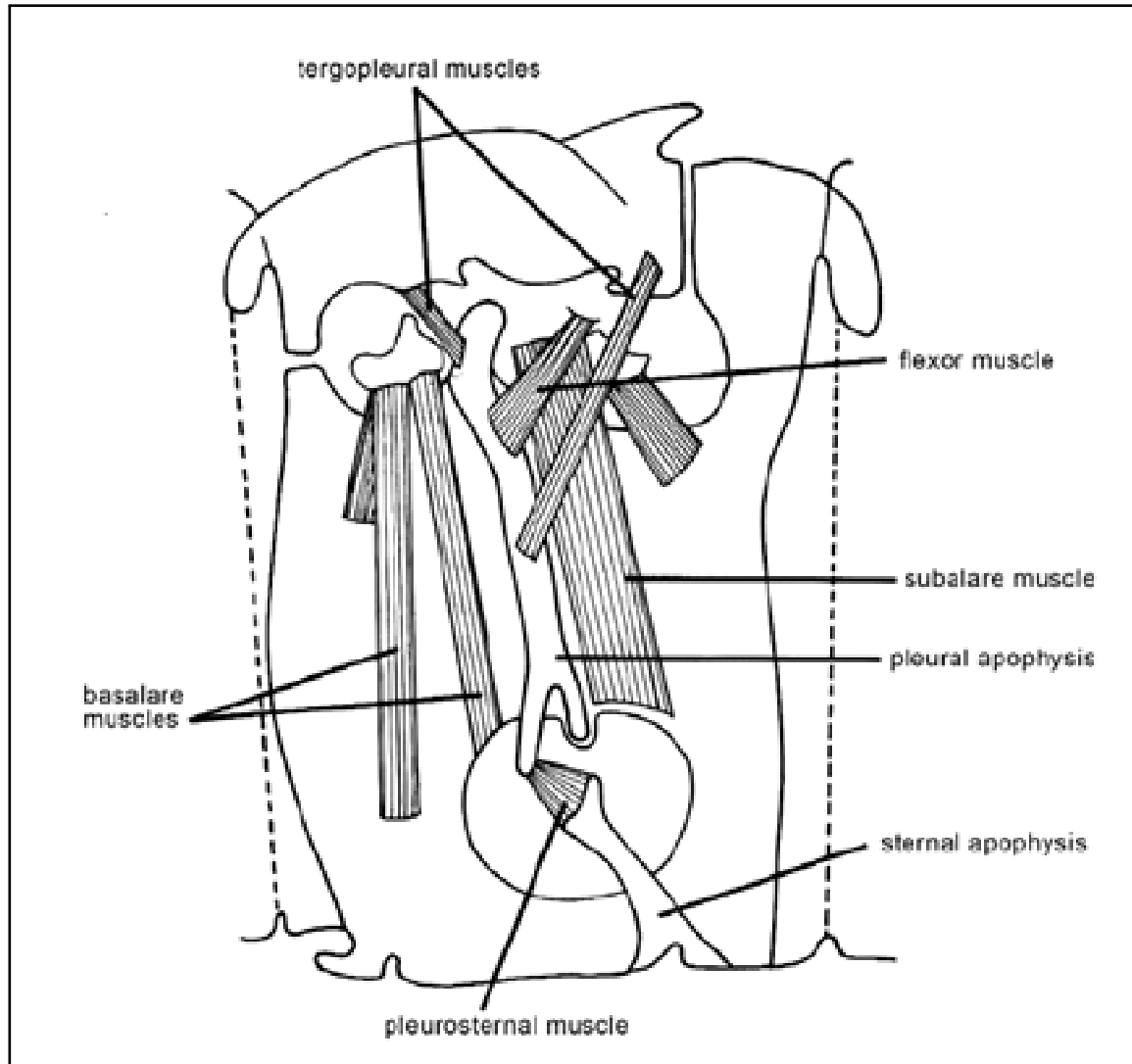
- pleurosternal muscle

- tergopleural muscle

- Intersegmental muscle

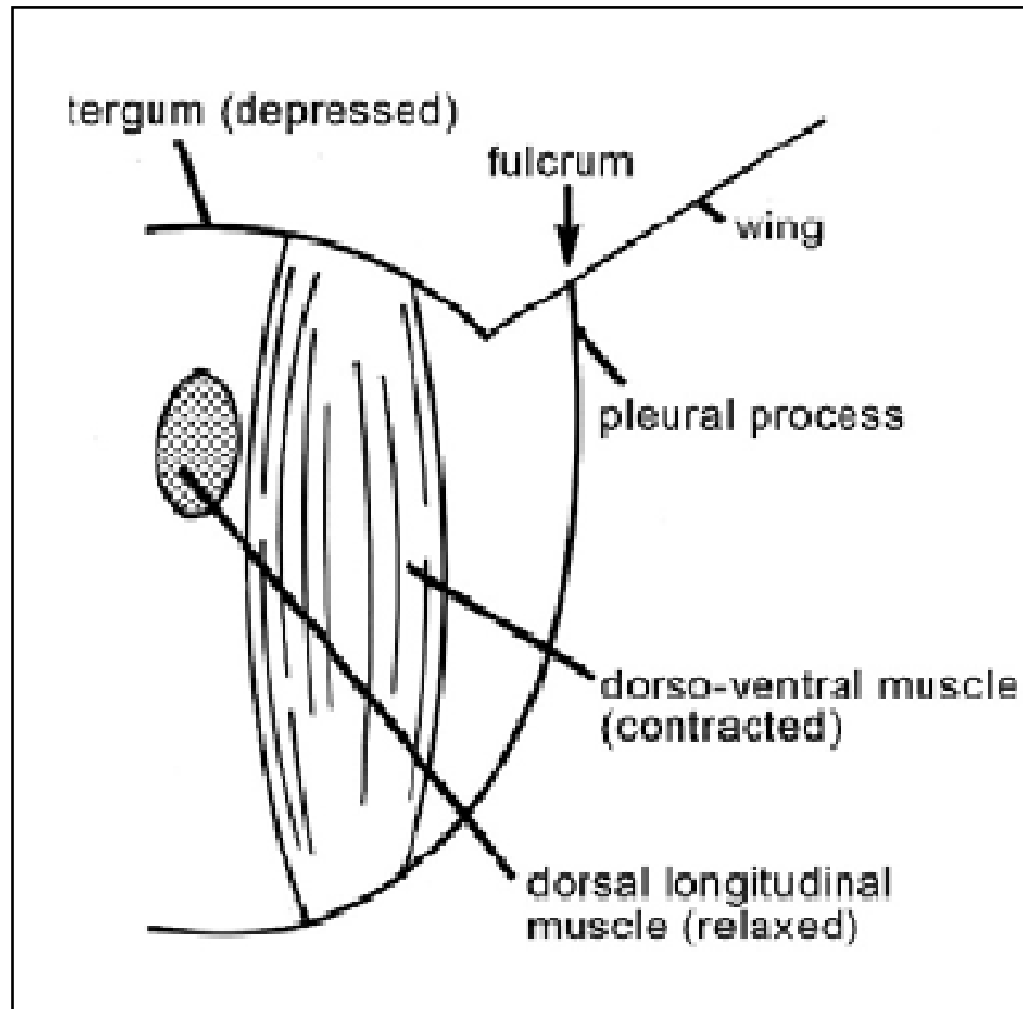
ماهیچه های بال

2 و 3- ماهیچه های مستقیم و غیر مستقیم ضمیمه



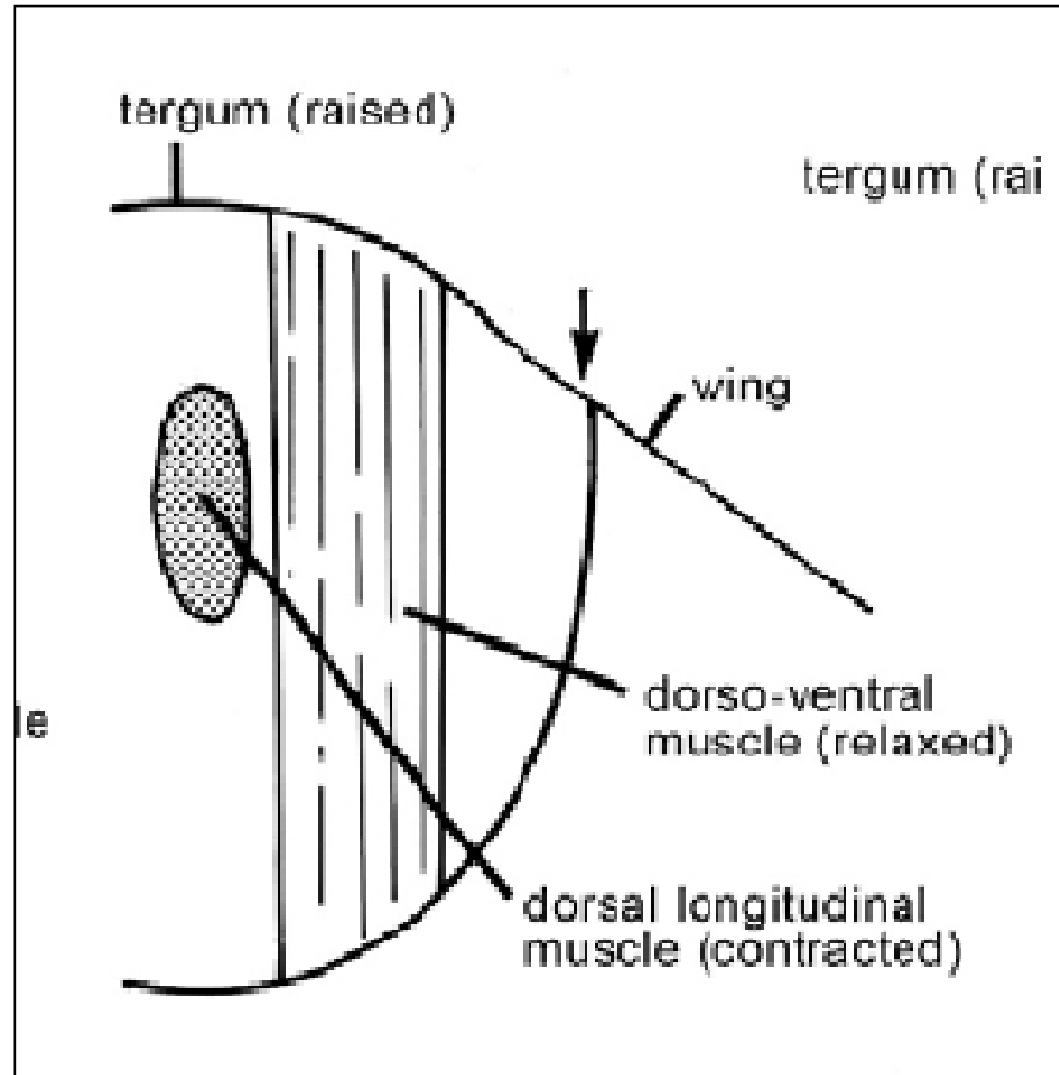
بال زدن (upstroke and downstroke)

- بالا آمدن بال با انقباض ماهیچه های پشتی شکمی (dorsoventral)



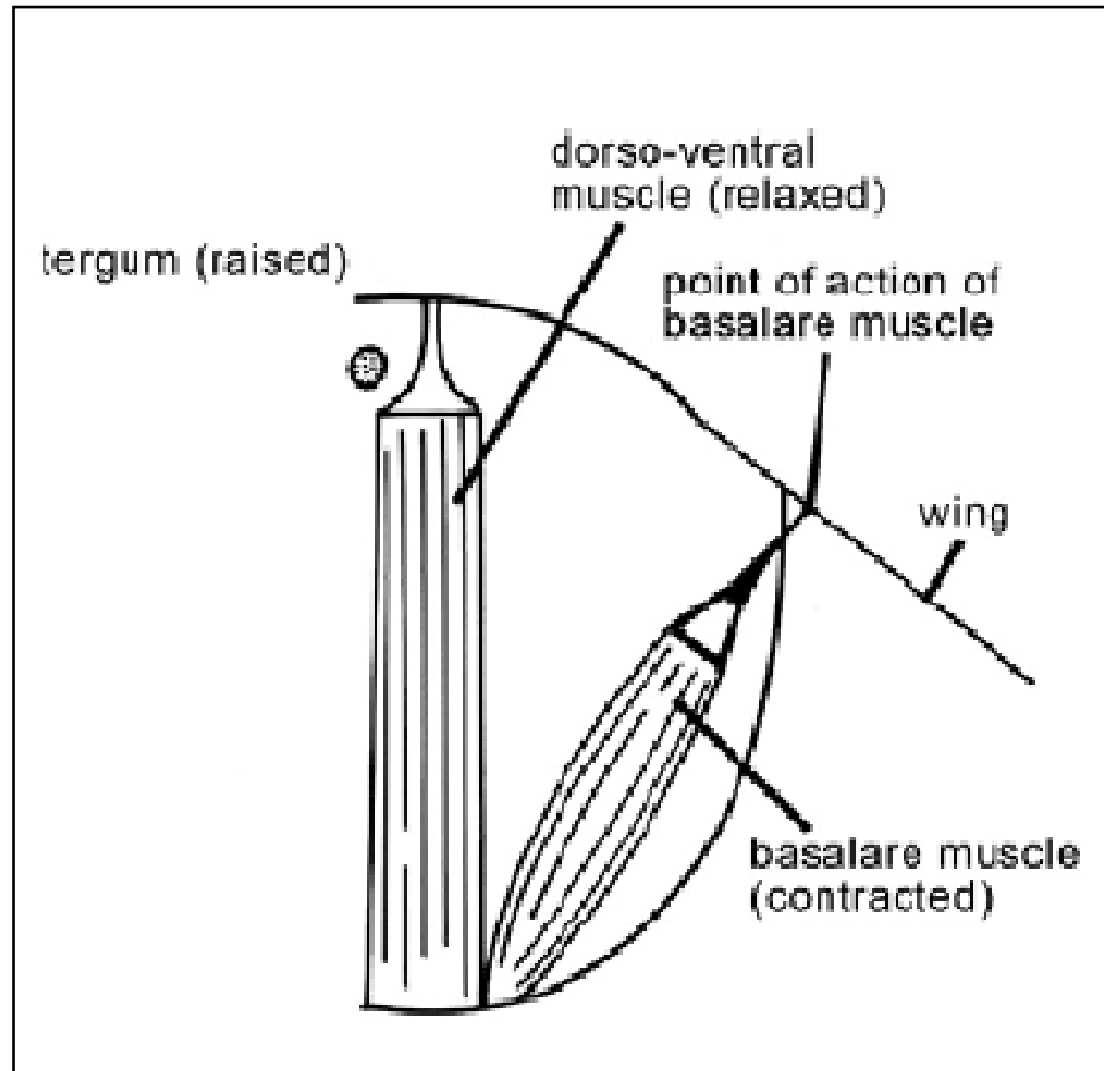
بال زدن (upstroke and downstroke)

- پایین آمدن بال با انقباض ماهیچه های طولی پشتی (dorsal longitudinal)



بال زدن (upstroke and downstroke)

- استفاده از ماهیچه مستقیم در پایین آوردن بال



ماهیچه های احشایی (visceral muscles)

- فیبر آنها معمولا کوتاه و کوچک
- تک هسته ای
- سارکومر طول بلندتری دارد.
- انقباض کند
- میوزین ها توسط 10 تا 12 اکتین احاطه شده اند.
- ماهیچه های آنتاگونیست بصورت حلقوی و طولی
- حرکات دودی لوله گوارش

پایان