



مکانیک عضلات

کراآورنده: معاونت آموزش و دانشجویی سبک و انجمن کانک فوتوآ-۲۱ (شماره ثبت ۲۱۵۶۵ از وزارت کشور)

پاییز ۱۴۰۴



مقدمه

بررسی تأثیر ابزارهای کمکی ارتوپدی و توانبخشی در بهبود سینماتیک و سینتیک سیستم اسکلتی-عضلانی

...و

آگاهی و تسلط کافی بر یکسری مباحث و زمینه‌های تخصصی، لازمه تحلیل بیومکانیک اسکلتی-عضلانی است؛ مهم‌ترین این زمینه‌ها شامل موارد ذیل هستند.

۱- آنترپومتری: علم اندازه‌گیری و محاسبات پارامترهای فیزیکی طول، جرم، مرکز جرم، چگالی، حجم، ممان اینرسی، شعاع ژیراسیون، سطح مقطع و پارامترهای مشابه برای اعضای مختلف بدن.

۲- کینزیولوژی: علمی مربوط به حرکت شناسی که لازمه آن بررسی آناتومی عملکردی سیستم اسکلتی-عضلانی است و بخش عمده آن مربوط به موارد زیر است:

محل اتصال مبدأ یا ثابت (Origin) و مقصد یا متحرک (Insertion) هر عضله در کدام قسمت است.

عملکرد عضله روی مفصل چگونه است و چه حرکاتی به آن اعمال می‌کند.

درجات آزادی و محدودیت حرکات هر مفصل چگونه است و ...

۳- فیزیک حرکت: روابط مختلف موجود در بحث فیزیک حرکات مختلف مثل حرکت شتابدار، حرکت پرتابه، سقوط آزاد، حرکات دورانی و جانب مرکز و ... که روابط فیزیکی مشخصی دارند.

۴- آنالیز حرکت: بررسی خود سیستم‌های مربوط به آنالیز حرکت از قبیل: دوربین و مارکر، زاویه سنج، شتاب سنج، ژيروسکوپ، سنسورهای اینرشیال و ... و روابط و محاسبات مربوط به آنها مانند: محاسبات سرعت و شتاب خطی و زاویه‌ای از روی داده‌های مختصات موقعیت مارکرها و زوایای اعضا و مفاصل بدن، به همراه پردازش سیگنال‌های حاصل از مشتق‌گیری یا انتگرال‌گیری پارامترهای سینماتیکی مذکور.

۵- مدلسازی: یا همان شبیه‌سازی سیستم اسکلتی‌عضلانی بدن به صورت المان‌های فیزیکی با فرضیاتی مشخص که معمولاً ساده‌سازی شده‌اند و هر یک، محاسبات ریاضی مربوط به خود را دارند. در ادامه انواع مدلسازی بررسی می‌شود.

مدلسازی اسکلتی: این روش که اغلب به صورت مدلسازی عضوی-مفصلی (Link-Segment) است و اعضای بدن در مفاصل به صورت لولایی یا گوی و کاسه‌ای یا ترکیبی از این‌ها (بسته به دو بعدی یا سه بعدی بودن مدل) لینک می‌شوند. در این حالت با داشتن سینماتیک اعضا و مفاصل و آنالیز دینامیک معکوس، پارامترهای سینتیکی مانند نیروها و گشتاورهای برآیند مفصلی قابل محاسبه هستند. معادلات تعادل نیرویی و گشتاوری اغلب به روش‌های نیوتن-اویلر یا لاگرانژ در سیستم اسکلتی قابل بررسی هستند.

مدلسازی عضله: تأثیر عضله در سیستم‌های اسکلتی‌عضلانی به شیوه‌های مختلفی می‌تواند اعمال شود. تا کنون عضله با المان‌های مکانیکی مختلف از قبیل رشته نیرویی، فنر (خطی یا غیرخطی)، ترکیب فنر و دمپر، ترکیب فنر و دمپر و المان انقباضی (مدل هیل) و مدل‌های پیچیده‌تر (هاکسلی، زهلک و ...) شبیه‌سازی شده‌اند. به عنوان نمونه در مدل هیل، یک المان انقباضی وجود دارد که نمایانگر بخش فعال عضله است که با تعامل بین اکتین و میوزین نیروی فعال تولید می‌کند و دو المان فنر سری و موازی وجود دارد که به ترتیب نمایانگر بافت‌های همبند تاندون و فاشیا هستند که کشش غیر فعال تحمل می‌کنند. به عبارتی، نیروی فعال عضله ناشی از عصب دهی به آن و رخداد فرآیندهای شیمیایی بین اکتین و میوزین و تبدیل آن به ایجاد نیروی مکانیکی ایجاد می‌شود و طول سارکومر حاوی اکتین و میوزین در اثر انقباض کاهش می‌یابد، حال آنکه نیروی غیرفعال ناشی از خاصیت ارتجاعی (کشسانی) بافت‌های همبند عضله در کشش است. روابط محاسباتی برای بخش فعال و غیرفعال مدل هیل وجود دارند که تأثیر تغییر طول، سرعت انقباض و میزان فعالسازی فیبرهای عضله در آن‌ها وجود دارد.

مدلسازی اسکلتی‌عضلانی: اگر بخواهیم به طور سفارشی برای هر شخص مدلسازی اسکلتی‌عضلانی انجام دهیم، باید در ابتدا تصویربرداری پزشکی از شخص به روشی صورت بگیرد که هم هندسه بافت‌های نرم (عضلات) و هم هندسه بافت سخت (استخوانی) قابل استخراج و بازسازی باشد

(مانند CT و MRI). پس از بازسازی سه بعدی سیستم اسکلتی عضلانی از قطعات تصاویر پزشکی دو بعدی، بر حسب اینکه حجم و سطح نواحی اتصال عضلات به چه میزان است، با یک یا چند رشته یا فیبر عضلانی در مدل تخمین زده می‌شوند و به نمایش در می‌آیند که به نوعی یک مدل عملکردی (Functional) به دست می‌آید. اینکه هندسه بخش استخوان‌های مدل چه میزان آناتومیکی یا عملکردی باشد به دقت و کاربرد مدلسازی بستگی دارد. حتی نحوه تحلیل خود مدل می‌تواند به صورت دو بعدی (در یک صفحه آناتومیکی مثل ساجیتال) یا سه بعدی (در سه صفحه آناتومیکی) باشد.

بیومکانیک: تعریف و دیدگاه:

اصطلاح بیومکانیک ترکیبی از پیشوند بیو به معنای زندگی به همراه واژه ای از حیطه علم مکانیک است که به مطالعه رفتار نیروها می‌پردازد. جامعه بین‌المللی دانشمندان در اوایل دهه ۱۹۷۰ واژه بیومکانیک را برای توصیف علمی که شامل مطالعه جنبه‌های مکانیکی موجودات زنده است به کار بردند. در زمینه‌های حرکت‌شناسی و علم ورزش، ارگانیسم زنده مورد علاقه، بدن انسان است. بیونیروهای مورد مطالعه هم شامل نیروهای داخلی تولید شده توسط عضلات و هم نیروهای خارجی است که بر بدن اعمال می‌شود.

بیومکانیک: یعنی کاربرد اصول مکانیکی در مطالعه موجودات زنده.

نیروهای مورد بررسی شامل هر دو نیروهای داخلی تولید شده توسط عضلات و نیروهای خارجی اعمالی به بدن است.

بیومکانیکست‌ها از ابزارهای علم مکانیک شاخه‌ای از فیزیک که به تجزیه و تحلیل اثرات نیروها می‌پردازد، جهت مطالعه جنبه‌های آناتومی و عملکردی موجودات زنده بهره می‌برند.

استاتیک و دینامیک: زیرشاخه اصلی در مکانیک می‌باشد. استاتیک شاخه‌ای از علم مکانیک است که به بررسی سیستم‌ها در حالت سکون یا حرکت با سرعت یکنواخت (بدون شتاب) می‌پردازد، اما دینامیک این سیستم‌ها را حین حرکت به همراه شتاب مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

کینماتیک و کینتیک: تقسیم بندی های زیر شاخه ای در مطالعات بیومکانیکی هستند. مشاهده بصری درهنگام تماشای یک جسم در حال حرکت، کینماتیک نامیده میشود. کینماتیک شامل مطالعه ابعاد، توالی و زمان حرکت، بدون در نظر گرفتن نیروهایی است که باعث بوجود آمدن حرکت می شوند و یا از حرکت پدید می آیند. کینماتیک حرکات و یا اجرای مهارت های ورزشی اغلب با عبارت های فرم و یا تکنیک حرکتی شناخته می شوند. در حالی که کینماتیک به توصیف ظاهری از حرکت می پردازد، کینتیک بر مطالعه نیروهای مرتبط با حرکت متمرکز است. نیروها را میتوان به صورت فشار یا کشش اعمالی بر بدن تجسم کرد. مطالعه بیومکانیک بدن انسان میتواند شامل سوالاتی از قبیل، آیا مقدار نیروی تولید شده توسط عضلات برای هدف حرکتی مورد نظر مقدار بهینه ای است؟ باشد.

اگر چه بیومکانیک به عنوان یک حیطه علمی نسبتاً جوان شناخته میشود، اما ملاحظات بیومکانیکی در چندین حوزه علمی و تحقیقات تخصصی مورد توجه است. بیومکانیست ها میتوانند داراری زمینه های علمی مختلفی از جمله: جانور شناسی، اتوپدی، قلب، پزشکی ورزشی، مهندسی پزشکی یا بیومکانیک، فیزیوتراپی، حرکت شناسی بوده و همچنین به جنبه های بیومکانیکی ساختار و عملکرد موجودات زنده نیز علاقه مند باشند.

عضله چیست : بافت انقباضی موجود در حیوانات و انسان بوده، که عملکرد آن تولید حرکت و حفظ حالت بدن است. حرکت، ناشی از همکاری پیچیده عضلات، لیگامانها و نورون های عصبی و وسیله ای است که یک ارگانیسم به کمک آن با محیط خود تعامل برقرار میکند. غصب رسانی سلول های عضله یا فیبرهای عضلانی به موجود اجازه میدهد تا فعالیت های طبیعی زندگی را انجام دهد. برخی از عضلات تحت کنترل آگاهانه ما قرار دارند و عضلات ارادی نامیده میشوند. عضلات دیگری که عضلات غیر ارادی نامیده میشوند، آگاهانه توسط ارگانیسم کنترل نمیشوند.

عضلات با انقباض و شل شدن کار میکنند که باعث حرکت در بدن میشوند. این حرکت ممکن است اختیاری باشد (یعنی حرکت آگاهانه انجام شود) یا غیر ارادی و بدون آگاهی ما انجام شود. سریع ترین عضلات موجود در بدن عضلات موجود در چشم ها هستند که بینایی و باز وبسته شدن پلک ها را کنترل میکنند.

بافت عضلانی را می توان به سه نوع مختلف دسته بندی کرد: عضله اسکلتی یا مخطط (عملکرد عضله اسکلتی، انقباض برای انتقال نیرو به استخوانی است که عضله به آن متصل می شود) تنها بافت ارادی در بدن انسان است، عضله صاف (معهده، روده و اطراف رگهای خونی) یافت می شود و غیر ارادی هستند، عضله قلبی (فقط در قلب یافت میشود و وظیفه پمپاژ خون در بدن را بر عهده دارد) و عضله ای غیر ارادی است.

اجزا تشکیل دهنده عضله:

عضلات از سلول های بلند و باریک (فیبرهای عضلانی) تشکیل شده اند که این فیبرها با جمع شدن هم دسته هایی به نام فاسیکول را تشکیل میدهند. فاسیکول ها بطن عضله را تشکیل میدهند. در درون هر یک از فیبرهای عضلانی طناب های نسبتا ضخیمی از پروتیین میوزین و رشته های نازک اکتین و سایر پروتیین ها وجود دارد. وقتی یک عضله کنقبض و شل میشود و به طبع آن یک فیبر عضلانی طولانی یا کوتاه می شود، طول رشته های اکتین و میوزین تغییری نمی کنند بلکه آنها فقط در کنار هم می لغزند.

پل های عرضی در ایجاد انقباض در عضلات فعال نقش دارند. اتصال رشته های ضخیم به رشته های نازک موجب وارد شدن نیرو بر آنها و تغییر طول عضله میشوند، در هنگامی که عضله فعال ، طولانی یا کوتاه میشود و رشته ها در کنار هم می لغزند، پل های عرضی به طور مکرر جدا شده ی دئباره در موقعیت های جدید اتصال برقرار میکنند. عمل آنها شبیه کشیدن دست به دست طناب است. برخی از فیبرهای عضلانی چندین سانتی متر طول دارند، اما اکثر سلول های دیگر فقط چند میلیمتر هستند. از آنجا که این سلول های رشته ای بلند با یک هسته نمی توانند به درستی فعالیت کنند، هسته های زیادی در طول آنها وجود دارند، بنابراین سلول های عضله، چند هسته ای محسوب میشوند.

کارهایی که توسط عضله انجام میشود به انرژی شیمیایی ناشی از متابولیسم غذا نیاز دارد. وقتی عضلات هنگام اعمال تنش و انجام کار مکانیکی کوتاه می شوند، مقداری از انرژی شیمیایی به نیرو تبدیل شده و بخشی دیگر به صورت انرژی گرمایی از بین می رود.

انواع انقباض

ایزومتریک:

در این نوع انقباض تنش عضله افزایش می یابد اما طول عضله و زاویه مفصل در هنگام انقباض تغییر نمی کند. به این انقباض ایستا یا هم طول نیز گفته می شود. این انقباض زمانی رخ می دهد که نیروی خارجی اعمال شده بر مفصل مساوی با قدرت عضلات مربوط به آن مفصل باشد.

مثال: آویزان شدن از بارفیکس در خانوم ها، نگه داشتن کمان تیرانداری قبل از رها کردن تیر، نگه داشتن بدن در حالت بالانس و یا اسکوات در کنار دیوار.

ایزوتونیک:

در این نوع انقباض تنش عضله افزایش یافته و طول عضله و زاویه مفصل تغییر می کند. به این انقباض پویا یا هم تنش نیز گفته می شود. این انقباض زمانی رخ می دهد که نیروی خارجی اعمال شده بیشتر یا کمتر از قدرت عضله باشد، این انقباض، در حرکاتی که مخالف و موافق جاذبه انجام میشوند، به خوبی قابل درک است و به دو قسمت درون گرا و برون گرا تقسیم میشود. در انقباض ایزوتونیک تنش عضله در زوایای مختلف مفصل تغییر کرده و در ضعیف ترین زاویه مفصل، بیشترین مقدار تنش را خواهد داشت.

الف) درون گرا (کوتاه شونده): در حرکت مخالف جاذبه زمین : طول عضله کوتاه می شود. در این نوع انقباض نیروی تولید شده توسط عضله بیشتر از نیروی مقاوم است. مانند دراز نشست در مرحله بلند کردن بدن از زمین.

ب) برون گرا (طویل شونده): در این نوع انقباض نیروی تولید شده توسط عضله کمتر از نیروی مقاوم است. انقباض برونگرا زمانی اتفاق می افتد که قبلا عضله با انقباض درون گرا کوتاه شده باشد، حال در مرحله برگشت به حالت اولیه که موافق جاذبه رخ می دهد به منظور کنترل حرکت، طول عضله ای که قبلا به صورت درونگرا کوتاه شده بود با انقباض برونگرا افزایش یافته و زاویه مفصل را به حالت اولیه بر می گرداند. مانند: دراز نشست در مرحله دوم حرکت یعنی نزدیک شدن به زمین.

ایزوکننتیک: به این انقباض پویا یا هم جنبش نیز گفته میشود. در انقباض هم جنبش، عضله در تمام زوایای مفصلی با حداکثر تنش منقبض می شود زیرا مقدار وزنه یا نیروی خارجی در زوایای مختلف مفصل توسط دستگاه تغییر می کند. در حالی که در انقباض ایزوتونیک به علت ثابت بودن وزنه، میزان تنش در یک عضله و سر حرکت در زوایای مختلف، متفاوت است اما در انقباض ایزوکننتیک با تغییر وزنه، سرعت حرکت اندام در زوایای مختلف مفصل یکسان میشود و عضله مورد نظر در تمام زوایای مفصلی به یک میزان تقویت میشود. این نوع انقباض نیاز به دستگاه های پیشرفته دارد ولی نمونه ای از آن را می توان در حرکت دست شنای کرال سینه مشاهده کرد که هرچه سرعت دست بیستر شود از سمت آب نیروی بیشتری به صورت مخالف به دست ها وارد میشود و هنگامی که سرعت دست کم شود میزان مقاومت آب هم کمتر می شود و اجازه تنش بیشتر به عضله داده می شود.

عضله اصلی موافق:

- _ عضله ای که بیشترین نیروی حرکت در مفصل توسط آن تولید می شود.
 - _ سر متحرک این عضله نزدیک به مفصلی است که در آن حرکت ایجاد می کند.
 - _ حجیم بودن و یک مفصله بودن یک عضله نیز می تواند نشانه ای بر اصلی بودن آن باشد.
- مثال: عضله بازویی قدامی و عضله دوسر بازویی در فلکشن آرنج

عضله کمکی:

- _ عضله ای که نیروی حاصل از انقباض خود را به کمک عضله عمل کننده اصلی می فرستد.
- _ این عضله دو مفصله است و سر ثابت آن نزدیک به مفصل اول و سر متحرک آن نزدیک به مفصل دوم است در حالی که هر دو مفصل میتواند حرکت ایجاد کند ولی در مفصل اول کمکی و در مفصل دوم که نزدیک به سر متحرک آن است اصلی خواهد بود. مانند عضله دوسر بازویی که هم از مفصل بازو عبور میکند و هم از مفصل آرنج ولی در بازو کمکی بوده و در آرنج اصلی است. مثال دیگر عضله همسترینگ است که از مفصل ران و زانو عبور می کند و در ران کمکی و در زانو اصلی است. عضله دوقلو در مچ پا اصلی و در زانو کمکی است.

عضله مخالف:

_ عمل این عضله عکس عمل کننده موافق در هر مفصل می باشد و محل قرار گیری آن طرف مقابل عمل کننده اصلی است.

_ عضله اصلی زمانی می تواند حرکت را در یک مفصل ایجاد کند که عضله مخالف بدون انقباض باشد.

مثال: عضله راست داخلی در ران عمل آداکشن را ایجاد میکند و عضله مخالف این حرکت کشنده پهن نیام است که در خارج ران قرار گرفته و عمل آن آبداکشن ران است.

عضله ثابت دهنده:

این عضله با انقباض ایزومتریک خود قسمتی از بدن را ثابت نگه می دارد تا حرکت در مفصل نزدیک به آن بهتر صورت گیرد.

مثال: عضله مربع کمری که در موقع راه رفتن و دویدن لگن را به ستون فقرات ثابت نگه می دارد تا حرکات ران به راحتی صورت گرفته و به دنبال خم شدن ران لگن دچار چرخش نشود.

ویژگی های رفتاری واحدهای عضلانی تاندونی

چهار خصوصیت رفتاری بافتهای عضلانی: قابلیت کشش، الاستیسیته، تحریک پذیری و توانایی گسترش تنش هستند. این خواص وجه مشترک تمامی عضلات، از جمله عضلات قلبی صاف و اسکلتی انسان و همچنین عضلات دیگر پستانداران خزندگان، دوزیستان، پرندهگان و حشرات است.

کشش پذیری و الاستیسیته

خاص کشش پذیری و الاستیسیته در بسیاری از بافت های بیولوژیک موجود می باشد. قابلیت کشش عبارت است از توانایی کشیده شدن و یا افزایش طول، در حالی که الاستیسیته بر توانایی بازگشت به طول نرمال پس از کشش دلالت می کند. الاستیسیته عضله پس از کشش شرایط بازگشت عضله به حالت عادی و طول استراحت را فراهم می کند و موجب انتقال نرم تنش از عضلات به استخوان می گردد.

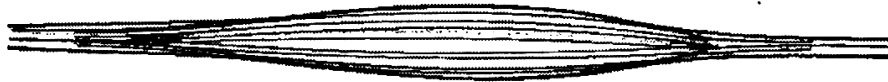
رفتار الاستیک عضله به همراه دو مولفه اصلی توصیف می شود. مولفه الاستیک موازی (PEC) تشکیل شده از غشاء عضلانی که هنگام کشش غیر فعال عضله ایجاد مقاومت می کند مولفه الاستیک سری (SEC) ، که در تاندون قرار دارد و در هنگام کشیده شدن عضله مانند فنر به ذخیره سازی انرژی الاستیک می پردازد. در واقع مولفه الاستیک موازی، خاصیت الاستیک غیر فعال عضله حاصل از غشاء عضله بوده و مولفه الاستیک سری، خاصیت الاستیک غیر فعال عضله حاصل از تاندون است. این مولفه های کشش عضلانی طبق نحوه ی قرار گیری غشاءها و تاندون ها نسبت به فیبرهای عضلانی به ترتیب به صورت موازی (یا در یک راستا) و سری نامگذاری شده اند که مولفه انقباضی را تشکیل می دهند. اعتقاد بر این است که خاصیت ارتجاعی عضله اسکلتی انسان در درجه اول به دلیل (SEC) است.

خاصیت ویسکوالاستیک عضله باعث می شود که در طول زمان در هنگام کشش به تدریج طولانی شود.

هر دو مولفه (SEC) و (PEC) دارای یک خاصیت ویسکوز هستند که عضلات را قادر میسازد تا در یک حالت وابسته به زمان دچار کشش و پس زنی شوند. هنگامی که کشش استاتیکی یک گروه عضلانی مانند همسترینگ در طول زمان حفظ شود، عضله به تدریج بلند شده و در نتیجه دامنه حرکتی مفصل افزایش می یابد. خاصیت ویسکوالاستیک در واقع خاصیت کشش و کوتاه شدگی در طول زمان است و عضله را قادر می سازد تا در زمان کشیده شدن به تدریج افزایش طول دهد. به همین ترتیب، پس از اینکه یک گروه عضلانی کشیده شود، بلافاصله به طول استراحت باز نمی گردد، بلکه در طول زمان و به تدریج کوتاه می شود. این پاسخ ویسکوالاستیک مستقل از جنسیت فرد است.



Normal resting length



Extended

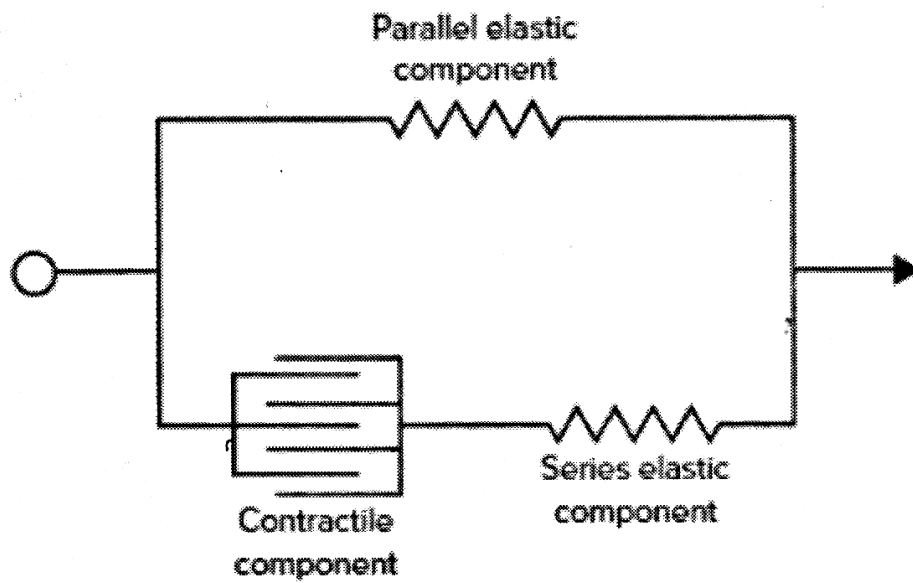


After passive elastic recoil



Contracted

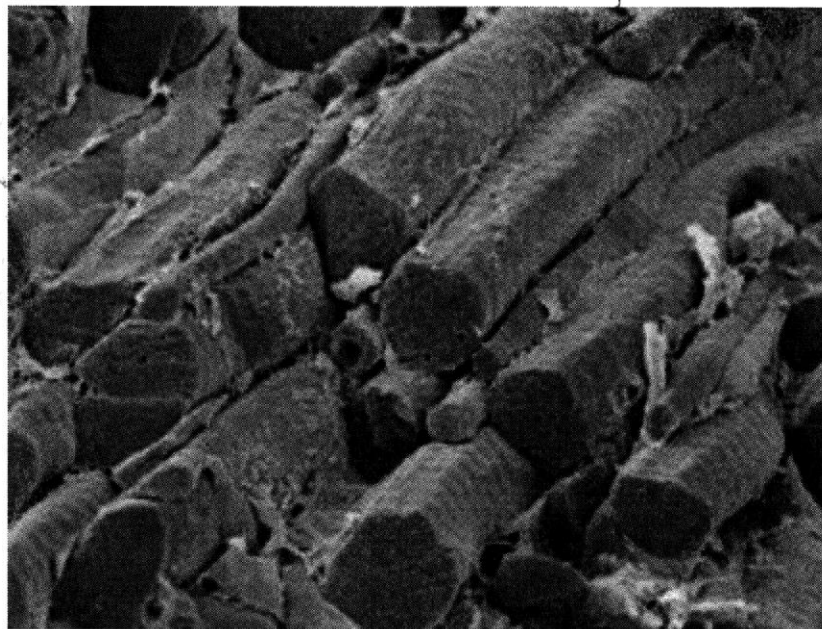
خواص مشخصه بافت عضلانی آن را قادر می‌سازد تا اکستنشن یابد، پس بزند و منقبض شود.



تحریک پذیری و توانایی انتشار تنش:

تحریک پذیری به عنوان دیگر مشخصه عضلات، توانایی پاسخ به یک تحرک است. محرک های موثر بر عضلات می توانند به صورت الکتروشیمیایی، همانند پتانسیل عمل گر از عصب متصل، و یا به صورت مکانیکی، به عنوان یک ضربه خارجی به بخشی از عضله باشند. هنگام فعال شدن عضله توسط محرک، عضله با انتشار تنش به محرک پاسخ می دهد.

توانایی انتشار تنش یکی از ویژگی های رفتاری منحصر به فرد بافت های عضلانی است. به صورت کلاسیک، انتشار تنش های عضلانی با عنوان انقباض، و یا به مولفه انقباضی در عملکرد عضله اشاره می کند. انقباض توانایی کوتاه شدن در طول است. با این حال، تنش در عضلات میتواند منجر به کوتاه شدن عضله نشود.



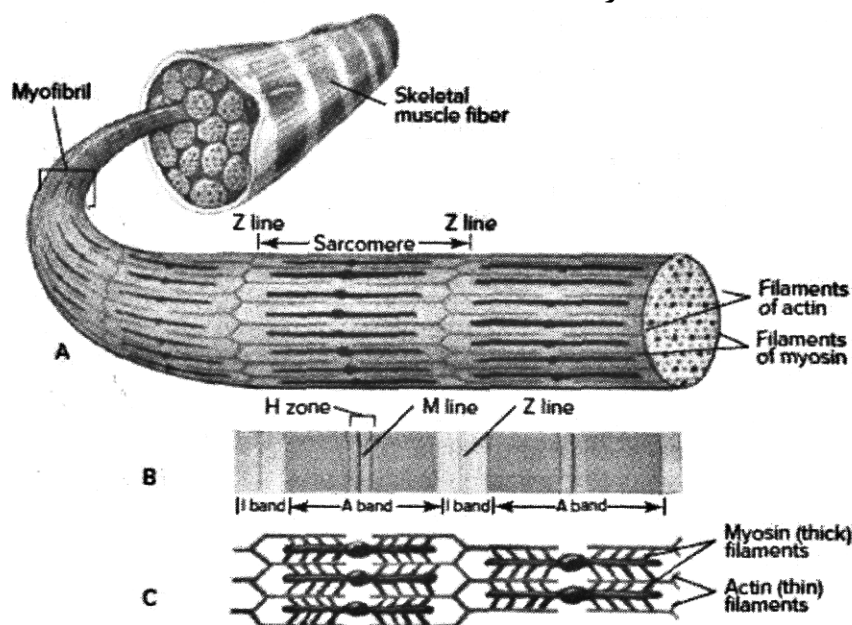
نمای میکروسکوپی فیبرهای عضلانی اسکلتی انسان.

سازماندهی ساختاری عضلات اسکلتی

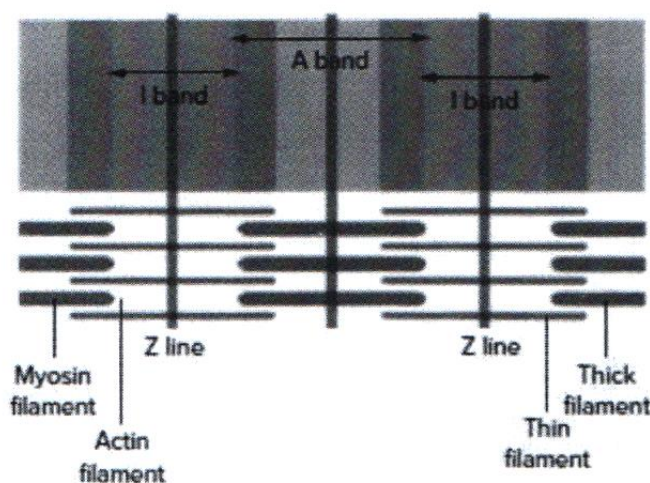
حدود ۴۳۴ عضله در بدن انسان وجود دارد که ۴۰ الی ۴۵ درصد از وزن بدن بزرگسالان را تشکیل می دهد. عضلات به صورت زوج در دو طرف راست و چپ بدن توزیع شده اند. حدود ۷۵ زوج عضله عهده دار حرکات و قرار گیری بدن هستند و دیگر عضلات وظایفی مانند کنترل چشم و بلعیدن را بر عهده دارند. هنگامی که تنش در یک عضله انتشار می یابد، ملاحظات بیومکانیکی مانند مقدار نیروی تولید شده، سرعت انتشار نیرو و طول مدت زمانی که نیرو اعمال می شود تحت تأثیر ویژگی های آناتومیک فیزیولوژیک عضله قرار دارد.

فیبر های عضلانی

یک سلول عضلانی را به دلیل ظاهر نخ مانند، اصطلاحاً فیبر عضلانی می نامند. غشای اطراف فیبر عضلانی را برخی اوقات به نام ساکرولوما و سیتوپلاسم اختصاصی را سارکوپلاسم می نامند. سارکوپلاسم هر فیبر شامل تعدادی هسته، میتوکندری و نیز بسیاری مایوفایبریل نخ مانند است که به موازات یکدیگر قرار گرفته اند. مایوفایبریل شامل دو نوع رشته پروتئینی است که آرایش آنها بیانگر الگوی مشخصه عضله خط دار است.



سارکوپلاسم یک فیبر عضلانی، حاوی مایوفایبریل های موازی و نخ مانند است که هر کدام از رشته های میوزین و آکتین تشکیل شده است.

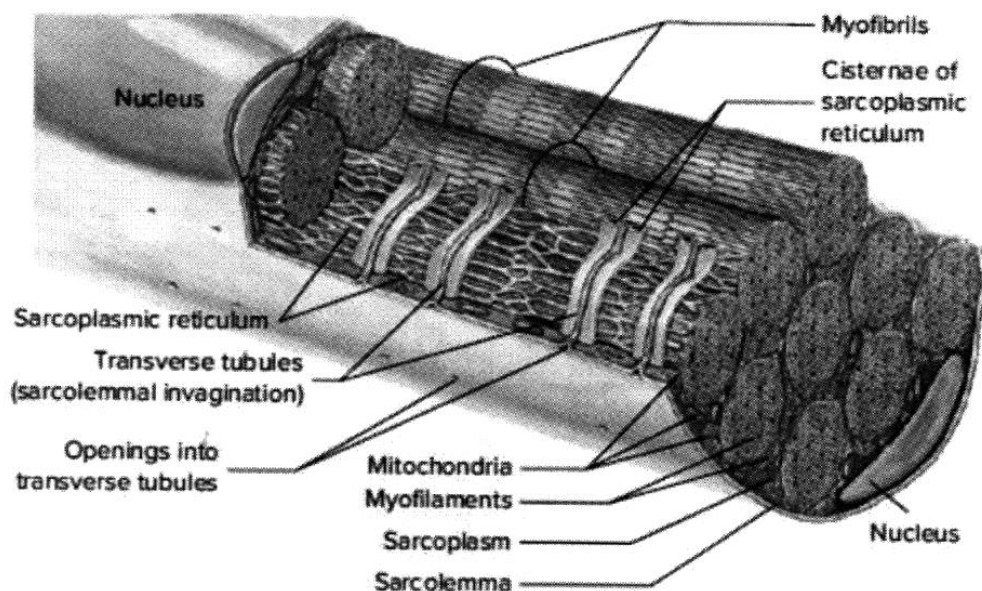


سارکومرها از باندهای تاریک و روشنی تشکیل شده‌اند که ظاهر خط داری برای عضلات ایجاد می‌کنند.

مشاهده تغییرات در باند و خطوط مری در عضله اسکلتی در حین انقباض عضله از طریق میکروسکوپ، نامگذاری این ساختارها را نشان می‌دهد. سارکومر که بین دو خط (Z) تفکیک شده است، واحد ساختاری پایه برای فیبر عضلانی را تشکیل می‌دهند. هر سارکومر توسط یک خط (M) به دو نیمه تقسیم شده است. باند های (A) هر کدام شامل رشته های میوزین ضخیم و زبر هستند که توسط شش رشته اکتین نازک و صاف احاطه شده است، باندهای (A) تنها شامل رشته های اکتین نازک هستند. در هر دو باند، رشته های پروتیین با اتصال به خطوط (Z) که به ساکرولما متصل هستند در محل خود نگه داشته می شوند. در مرکز باندهای (A) نواحی (H) قرار دارد، که تنها شامل رشته های میوزین ضخیم هستند.

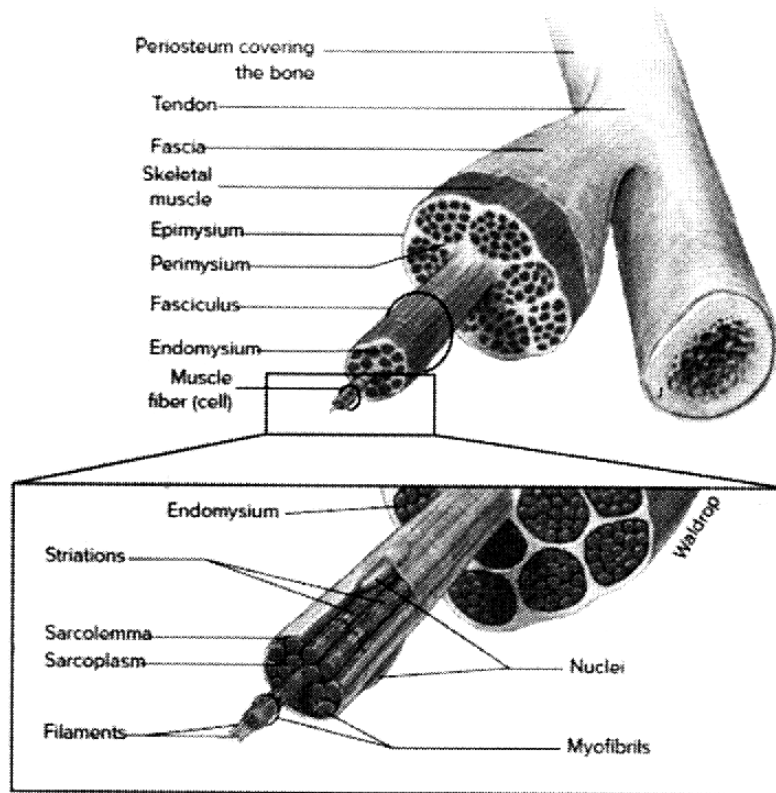
در طی انقباض عضلانی، رشته های نازک اکتین از هر دو انتهای سارکومر به طرف یکدیگر لغزش می کنند. همانطور که از طریق میکروسکوپ مشاهده کردیم خطوط (Z) به طرف باند های (A) که اندازه اصلی خود را حفظ کرده اند حرکت میکنند، در حالی که باند (I) نازک شده و ناحیه (H) از

بین می رود. برآمدگی رشته میوزین به نام پل متقاطع، در طول انقباض عضله با رشته های اکتین تشکیل پیوند های فیزیکی می دهند، که این تعداد پیوند با میزان تولید نیرو و انرژی مصرفی متناسب است.



بافت همبند و مشبک سار کوبلاسمی و لوله های عرضی کانال هایی برای انتقال الکترولیت هستند.

چندین لایه از بافت همبند ساختار فیبر عضلانی را تشکیل می دهند، هر غشاء فیبر ویا ساکرولما، توسط یک بافت همبند نازک به نام اندومیوزیوم احاطه شده است. فیبرهای عضلانی توسط یک غلاف از بافت همبند به نام پری میوزیوم در فاسیکول ها دسته بندی شده اند. سپس دسته های فاسیکول که کل عضلات را تشکیل می دهند، توسط اپی میوزیوم در بر گرفته می شوند که به تاندون های عضلانی متصل هستند.



عضله توسط یک سری بافت همبند غشایی تقسیم بندی شده است.

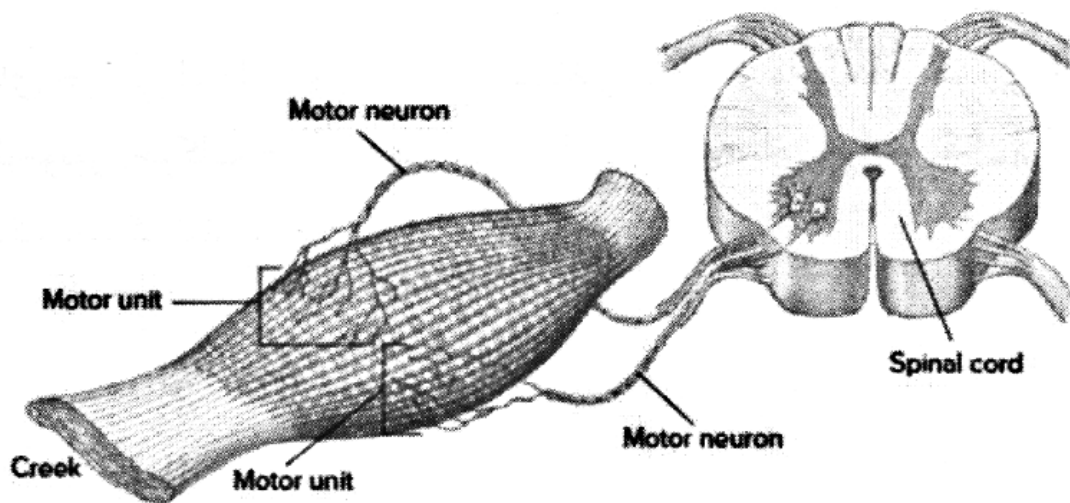
تنوع قابل توجه در طول و قطر فیبرهای عضلانی بزرگسالان دیده می شود. برخی از فیبرها ممکن است در تمام طول یک عضله کشیده شده باشند، در حالی که برخی دیگر بسیار کوتاه تر هستند. فیبرهای عضلات اسکلتی از بدو تولد تا بزرگسالی در طول و قطر رشد می کند. همچنین با انجام تمرینات مقاومتی با بارهای سنگین و در چندین تکرار نیز می توان در تمام سنین بزرگسالی موجب افزایش قطر فیبرهای عضلات شد.

واحد های حرکتی

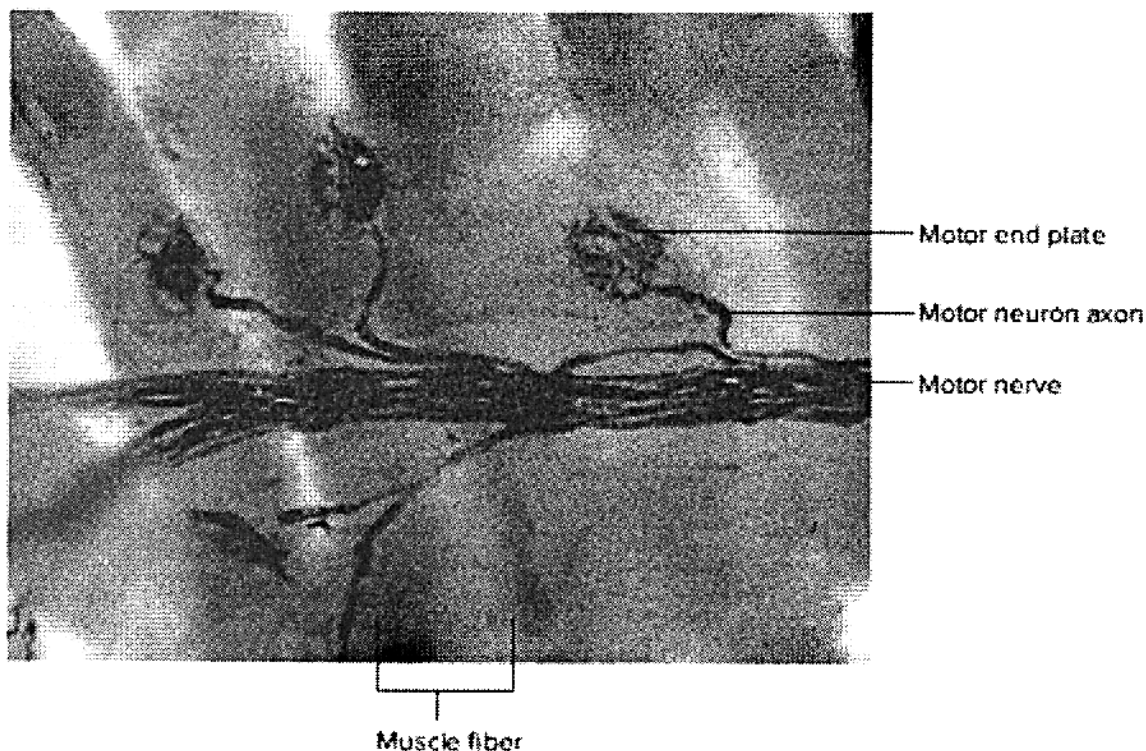
فیبرهای عضلانی در گروه های عملکردی با اندازه های مختلف سازماندهی شده اند. ترکیبی از یک نورون حرکتی منفرد و تمام فیبرهای تحریک شونده توسط آن، گروهی با عنوان واحد حرکتی، تشکیل می دهند، آکسون هر نورون واحد حرکتی چندین مرتبه تقسیم می شود به طوری که هر فیبر منفرد توسط یک صفحه انتهایی تغذیه می گردد. به طور معمول تنها یک صفحه معمول برای

هر فیبر وجود دارد، البته تحریک عصبی فیبرها در مهره دارانی به غیر از انسان نیز گزارش شده است. فیبرهای یک واحد حرکتی ممکن است در ناحیه ای بیش از چند سانتی متر گسترش یابند و یا در فیبرهای دیگر واحدهای حرکتی پراکنده شوند. واحدهای حرکتی معمولاً به یک عضله محدود شده و درون عضله قرار می گیرند. یک واحد حرکتی در پستانداران ممکن است بسته به نوع حرکات عضلانی، دارای حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ فیبر عضلانی باشد. حرکات دقیق و کنترلی مانند حرکات چشم و یا انگشت توسط واحدهای حرکتی بزرگ است.

اکثر واحدهای حرکتی اسکلتی در پستانداران از سلول های انقباض ناگهانی تشکیل شده اند و به عامل محرک با انتشار تنش به صورت ناگهانی پاسخ می دهند. تنش در فیبر تحریک شده توسط شوک عصبی در کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه به مقدار ماکزیمم خود می رسد و سپس بلافاصله کاهش می یابد.



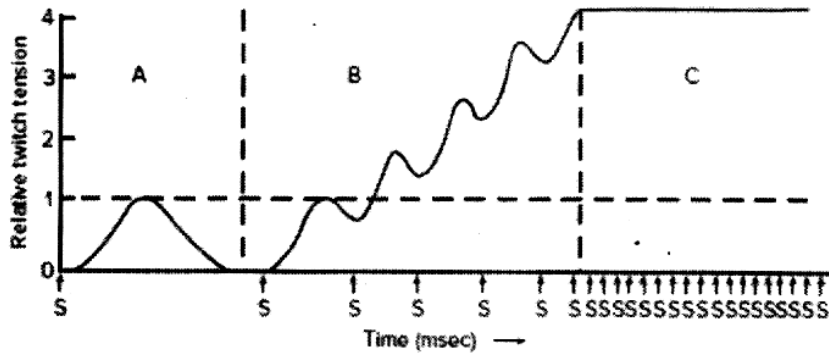
یک واحد حرکتی شامل یک نورون و تمام فیبرهای عضلانی تحریکی آن می شود.



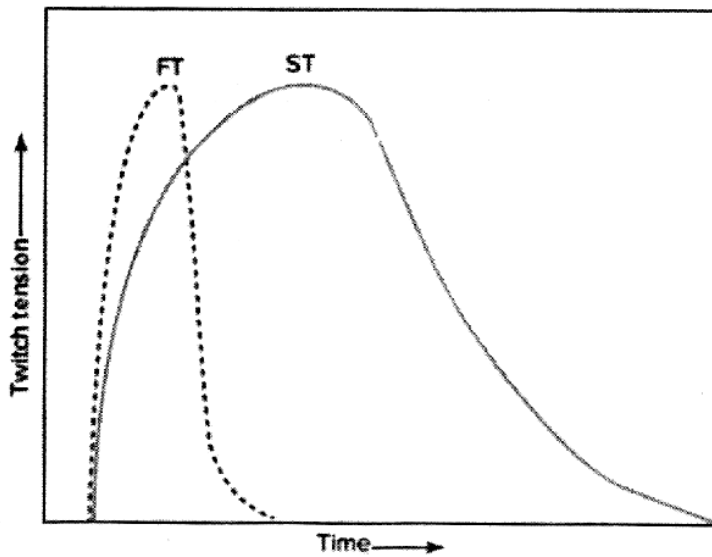
. هر فیبر عضلانی در یک واحد حرکتی دارای یک صفحه انتهایی از نورون حرکتی است.

با این حال واحدهای حرکتی در بدن معمولاً توسط قطاری از ایمپالس های عصبی فعال می شوند. هنگامی که ایمپالس های سریع و متوالی موجب فعال شدن فیبری که از پیش در تنش قرار دارد میشوند، مجموع تحریک اتفاق می افتد و تنش تا زمانی که به حداکثر مقدار فیبر برسد به تدریج افزایش خواهد یافت. فیبری که به صورت مکرر تحریک شده باشد به نحوی که سطح تنش حداکثر آن برای مدتی حفظ گردد در اصطلاح دچار انقباض دایم می گردد. با طولانی شدن دوره انقباض دایم، خستگی باعث کاهش تدریجی سطح تنش تولیدی می گردد.

همه واحدهای حرکتی اسکلتی انسان از نوع انقباضی نیستند. واحدهای حرکتی از نوع تونیک در دستگاه اکولوموتور (حرکات چشم) یافت می شوند. این واحدهای حرکتی قبل از ایجاد تنش اولیه به بیش از یک محرک نیاز دارند.



توسعه تنش در یک فیبر عضلانی (A) در پاسخ به یک تحرک منفرد، (B) در پاسخ به تحریک مکرر و (C) در پاسخ به تحریک با فرکانس بالا (انقباض دائم).



فیبرهای تند انقباض (*FT*) نسبت به فیبرهای کند انقباض (*ST*) زودتر به اوج تنش می‌رسند و همچنین سریع‌تر تنش خود را از دست می‌دهند، توجه داشته باشید که سطوح تنش نشان داده شده نسبت به تنش ماکزیمم بوده و مطلق نیستند و فیبرهای *FT* نسبت به فیبرهای *ST* تمایل رسیدن به ماکزیمم تنش‌های بالاتری را دارند.

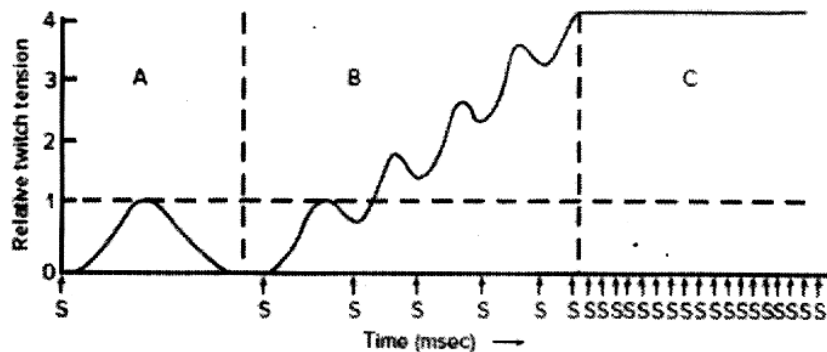
انواع فیبرها

فیبرهای اسکلتی عضلانی ویژگی‌های ساختاری، بافتی شیمیایی و رفتاری مختلفی از خود بروز می‌دهند. از آنجا که این تفاوتها مستقیماً بر عملکرد عضلات تأثیر گذار هستند، توجه بسیاری از دانشمندان را به خود اختصاص داده‌اند. برخی از واحدهای حرکتی پس از تحریک با سرعت بیشتری نسبت به دیگران برای رسیدن به حداکثر تنش دچار انقباض می‌شوند. بر اساس این مشخصه، فیبرها را میتوان از نظر سرعت انقباض به فیبرهای با انقباض ناگهانی و تند انقباض (FT) و فیبرهای با انقباض آرام و کند انقباض (ST) تقسیم بندی کرد. در واقع فیبرهای تند انقباض نسبتاً با سرعت بیشتری به ماکزیمم می‌رسد اما فیبرهای کند انقباض به آرامی به مقدار ماکزیمم تنش نزدیک می‌شود. در مقایسه می‌توان گفت که فیبرهای (FT) تنها به یک هفتم زمان مورد نیاز برای رسیدن به ماکزیمم تنش در فیبرهای (ST) نیاز دارند. این تفاوت در زمان به اوج رسیدن تنش، به غلظت‌های بالاتر میوزین (ATPase) در فیبرهای (FT) نسبت داده شده است. همچنین قطر فیبرهای (FT) نسبت به فیبرهای (ST) بزرگتر می‌باشد. با توجه به مطالب عنوان شده و تفاوت‌های دیگر، فیبرهای (FT) معمولاً نسبت به فیبرهای (ST) با سرعت بیشتری دچار خستگی می‌شوند.

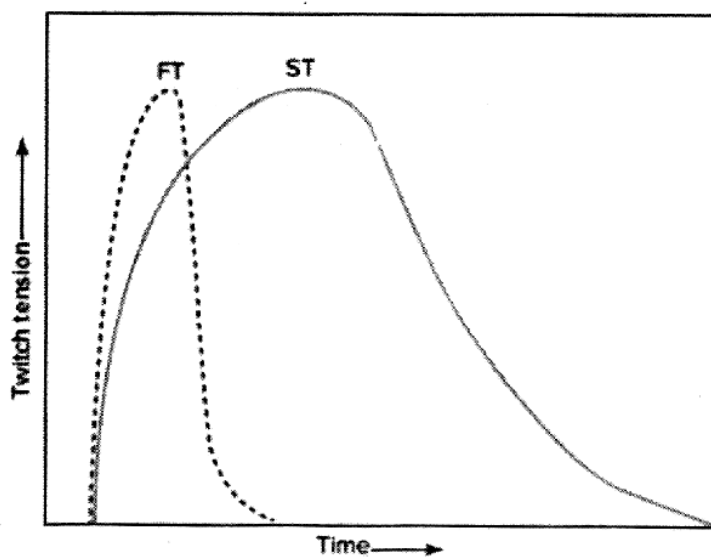
فیبرهای (FT) بر اساس خواص هیستوشیمیایی به دو دسته تقسیم می‌شوند. اولین نوع فیبر (FT) دارای مقاومت در برابر خستگی است که مشخصه فیبرهای (ST) است نوع دوم فیبر (FT) قطر بزرگتری دارد، حاوی میتوکندری‌های کمتری است و سریعتر از نوع اول خسته می‌شود.

مشخصات فیبرهای اسکلتی عضلانی .

مشخصات	نوع: I	نوع IIa	نوع IIb
	کند انقباض اکسیداتیو (so)	تند انقباض اکسیداتیو گلیکولیتیک (FOG)	تند انقباض گلیکولیتیک (FG)
سرعت انقباض	آهسته	سریع	سریع
نرخ خستگی	آهسته	متوسط	سریع
قطر	کوچک	متوسط	بزرگ
غلظت ATPase	پایین	بالا	بالا
غلظت میتوکندری	بالا	بالا	پایین
غلظت آنزیم گلیکولیتیک	کم	متوسط	بالا



توسعه تنش در یک فیبر عضلانی (A) در پاسخ به یک تحرک منفرد، (B) در پاسخ به تحریک مکرر و (C) در پاسخ به تحریک با فرکانس بالا (انقباض دائم).



فیبرهای تند انقباض (*FT*) نسبت به فیبرهای کند انقباض (*ST*) زودتر به اوج تنش می‌رسند و همچنین سریع‌تر تنش خود را از دست می‌دهند، توجه داشته باشید که سطوح تنش نشان داده شده نسبت به تنش ماکزیمم بوده و مطلق نیستند و فیبرهای *FT* نسبت به فیبرهای *ST* تمایل رسیدن به ماکزیمم تنش‌های بالاتری را دارند.

درصد بالایی از الیاف (FT) برای ایجاد حرکات سریع مفید است و درصد بالایی از الیاف (ST) برای فعالیت هایی که نیاز به استقامت دارند مفید است.

معماری فیبرها

یکی دیگر از عوامل موثر در عملکرد عضلات به نحوه آرایش فیبرها در یک عضله ارتباط دارد. جهت گیری فیبرهای یک عضله و نحوه اتصال فیبرها به تاندون عضله بطور قابل توجهی در میان عضلات مختلف بدن انسان متفاوت است. این خصوصیات ساختاری قدرت انقباضی عضلات و دامنه حرکتی یک گروه عضله ای در یک سگمنت از بدن را تحت تأثیر قرار می دهد.

فیبرهای عضلانی از نظر نحوه قرار گیری به دو دسته موازی و پره دار تقسیم می شوند. اگرچه زیر شاخه های متعددی برای آرایش های موازی و پره دار پیشنهاد شده است، تمایز بین این دو دسته گسترده برای بحث در مورد ویژگی های بیو مکانیکی کفایت می کند.

در آرایش موازی فیبرها با محور طولی عضله در یک امتداد هستند. عضله خیاطه، عضله راست شکمی و عضلات دوسر بازو دارای آرایش موازی فیبرها هستند. در اغلب عضلات با فیبرهای موازی فیبرهایی وجود دارند که در تمام طول عضله گسترده نشده و در جایی داخل عضله خاتمه یافته اند. این فیبرها دارای خصوصیات ساختاری خاصی هستند که در زمان تحریک شدن با فیبرهای بسیاری از نقاط در امتداد سطح فیبر ارتباط برقرار می سازند تا انتقال تنش را انجام دهند.

آرایش پره دار در فیبرها به صورتی است که در آن فیبرها نسبت به محور طولی عضله با زاویه قرار می گیرند. در یک آرایش پره دار هر فیبر به یک یا چند تاندون متصل بوده و برخی از آنها در تمام طول عضله گسترده شده اند. فیبرهای یک عضله ممکن است دارای چندین زاویه (زاویه اتصال) به تاندون باشد. عضلات خلفی درشت نی، عضله ران و عضله دلتوئید شامل فیبرهای پره دار هستند.

هنگامی که تنش در عضلات با فیبرهای موازی گسترش می یابد، هرگونه کوتاه سازی عضله در درجه اول ناشی از کوتاه سازی فیبرهای آن است. زمانی که فیبرهای یک عضله پره دار کوتاه شده اند، حول تاندون و یا پیوست خود می پیچند و به تدریج زاویه اتصال را افزایش می دهند. هرچه زاویه اتصال بیشتر باشد، در واقع مقدار نیروی موثر منتقل شده به تاندون ویا تاندون ها جهت حرکت دادن استخوان کوچک تر است. هنگامی که زاویه اتصال به بیش از ۶۰ درجه افزایش یابد

میزان نیروی موثر منتقل شده به تاندون کمتر از نصف مقدار تولید شده توسط فیبر عضلانی خواهد بود. ساق پای دونده های دو سرعت نسبت به دوندگان ماراتن دارای زاویه اتصال کمتری است. زاویه اتصال کوچکتر موجب افزایش سرعت کوتاه سازی می گردد و برای دوندگان دو سرعت مزیت به شمار می رود.

اگرچه پره دار بودن فیبرها نیروی موثر تولیدی در یک سطح تنش فیبر را کاهش می دهد، این آرایش اجازه می دهد تا نسبت به عضلات طولی فیبرهای بیشتری را بتوان در یک فضای مشخص جای داد. از آنجا که عضلات پره دار در یک واحد حجم عضله دارای فیبرهای بیشتری هستند می توانند نسبت به عضلات با فیبرهای موازی با ابعاد یکسان نیروی بیشتری تولید کنند. جالب توجه است که هنگام هایپرتروفی عضلانی، افزایش پیوسته ای در در زاویه فیبرهای تشکیل دهنده وجود دارد. حتی در غیاب هایپرتروفی عضلات ضخیم تر دارای زاویه اتصالی بزرگتر هستند.

آرایش فیبر پره دار باعث تولید نیروی عضلانی می شود و آرایش موازی فیبر کوتاه شدن عضلات را تسهیل میکند.

به عبارت دیگر آرایش موازی فیبرهای عضلات را قادر می سازد تا کوتاه سازی بیشتری در مقایسه با آرایش پره دار داشته باشد. عضلات با فیبرهای موازی می توانند نسبت به عضلات با فیبرهای پره دار با اندازه یکسان در دامنه حرکتی بیشتری موجب حرکت سگمنت های بدن شوند.

عملکرد عضلات اسکلتی

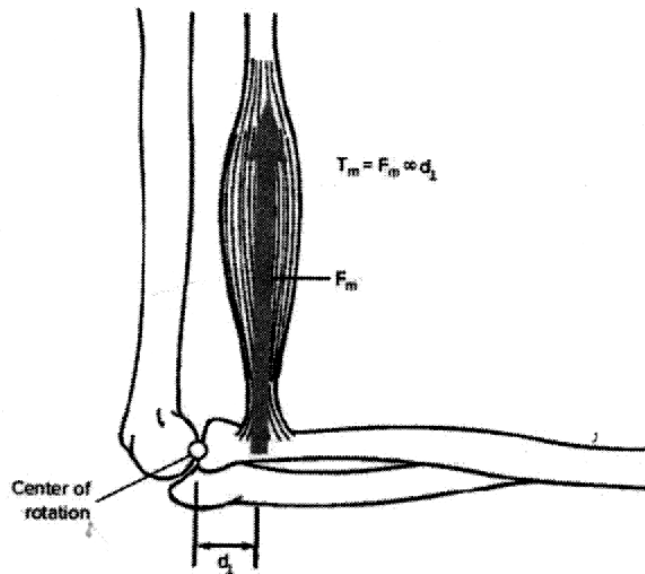
هنگامی که تنش در در یک عضله فعال گسترش می یابد، میزان تنش در سراسر طول عضله، تاندون ها و همچنین در محل های اتصال تاندونی عضلانی به استخوان ثابت است. نیروی کششی توسعه یافته توسط عضلات موجب کشش استخوان می شود و در مفاصل متقاطع با عضلات ایجاد گشتاور می کند. مقدار گشتاور تولید شده با حاصلضرب نیروی عضله در بازوی گشتاور برابر است. با توجه به قوانین برداری، گشتاور خالص موجود در مفصل جهت حرکت را مشخص می کند. گشتاور خالص در یک مفصل با بردار حاصل جمع گشتاور عضله و گشتاور مقاوم برابر است. وزن بخش موردنظر از بدن، نیروی خارجی وارد شده بر بدن و تمام تنش های موجود در عضلات عبوری از یک مفصل می تواند موجب تولید گشتاور در آن مفصل گردد.

گشتاور خالص در یک مفصل حاصل جمع برداری گشتاور عضله و گشتاور مقاومتی است.

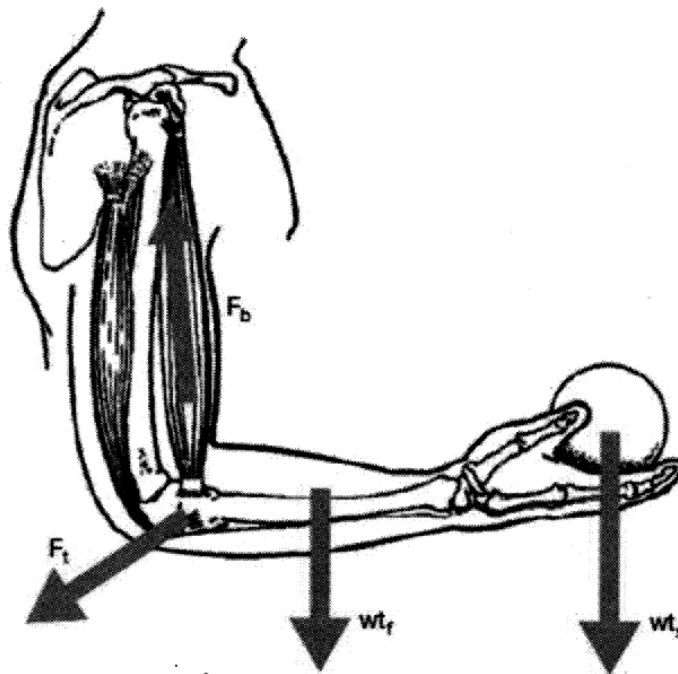
بکارگیری واحدهای حرکتی

سیستم عصبی مرکزی بدن برنامه ای استادانه جهت کنترل و تطبیق سرعت و مقدار انقباض عضله برای حرکت مورد نظر اعمال می کند به طوری که حرکات نرم، ظریف و دقیق قابل اجرا هستند. نورون هایی که موجب تحریک واحدهای حرکتی (ST) می شوند به طور کلی آستانه کمی دارند و نسبتاً براحتی فعال می شوند اما واحدهای حرکتی (FT) به سختی فعال می گردند. در نتیجه، فیبرهای (ST) برای اولین بار فعال می شوند، حتی زمانی که حرکت اندام سریع باشد.

واحدهای حرکتی کند انقباض همیشه ابتدا تنش ایجاد میکنند، چه در نتیجه حرکت آهسته یا سریع باشد.



گشتاور (T_m) تولید شده توسط یک عضله در مرکز چرخش مفصل با حاصلضرب نیروی عضله (F_m) در بازوی گشتاور عضله برابر است (d_1).



گشتاور اعمال شده توسط عضله دوسر بازو (F_b) باید با گشتاور ایجاد شده توسط نیروی توسعه یافته در عضله سه سر بازو (F_t)، وزن ساعد و دست (w_{t_f}) و وزن توپ نگه داشته شده در دست (w_{t_g}) مقابله کند.

تغییر در طول عضله با توسعه تنش

هنگامی که تنش عضلانی گشتاوری بزرگ تر از گشتاور مقاومتی در یک مفصل ایجاد می کند، عضله کوتاه می شود و باعث تغییر در زاویه مفصل می شود. هنگامی که یک عضله کوتاه می شود، انقباض کانسنتریک است و حرکت مفصل حاصل در همان جهت با گشتاور خالص تولید شده توسط عضلات است. یک فیبر عضلانی به تنهایی قادر است تا تقریباً نیمی از طول استراحت طبیعی خود را کوتاه کند.

عضلات همچنین می توانند بدون کوتاه شدن تنش ایجاد کنند. اگر گشتاور مخالف در مفصل عبوری از عضله با گشتاور تولید شده توسط عضلات برابر باشد (گشتاور خالص برابر با صفر باشد)، طول عضله بدون تغییر باقی می ماند و هیچ گونه حرکتی در مفصل رخ نمی دهد. هنگامی که عضله دچار تنش می گردد اما طول عضله بدون تغییر باقی می ماند، انقباض ایزومتریک صورت گرفته است. از آنجا که تنش قطر عضله را افزایش می دهد، بدنسازان برای نمایش عضلات خود هنگام رقابت از تنش های ایزومتریک بهره می گیرند. در هنگام تنش ایزومتریک همزمان در دو طرف از یک اندام، مانند عضله سهسر و دو سربازو، سطح مقطع عضله افزایش می یابد اما هیچ گونه حرکتی در مفاصل شانه یا آرنج رخ نمی دهد.

هنگامی که گشتاور مخالف از مقدار تنش تولید شده توسط عضله بیشتر باشد، طول عضله بزرگ می گردد. هنگامی که یک عضله به جهت تحریک شدن و انتقال تنش افزایش طول بدهد، انقباض عضلانی رخ داده از نوع اکسنتریک محسوب می شود و جهت حرکت مفاصل در جهت مخالف با گشتاور خالص تولیدی عضله خواهد بود. تنش های اکسنتریک در فلکسورهای آرنج در حین اکستنشن آرنج ویا مرحله پایین آوردن وزنه در حرکت دمبل رخ می دهند. این تنش های اکسنتریک به عنوان یک مکانیسم ترمزی برای کنترل سرعت در حرکت عمل می کنند. بدون وجود تنش های اکسنتریک در عضلات، ساعد، دست و وزنه به دلیل وجود نیروی گرانش در یک مسیر غیر قابل کنترل رها می شوند. توانایی ایجاد تنش در شرایط کانسنتریک به بهترین وجه با تمرینات مربوط به هر حالت به دست می آید.

نقش های که عضلات برعهده دارند

یک عضله فعال فقط یک کار می تواند انجام دهد: ایجاد تنش. از آنجایی که یک عضله به ندرت به صورت مجزا عمل می کند، گاهی اوقات ما در مورد عملکرد یا نقشی صحبت می کنیم که یک عضله معین در هماهنگی با سایر عضلاتی که از همان مفصل عبور میکنند، انجام می دهد.

هنگامی که یک عضله منقبض شده و باعث حرکت سگمنت هایی از بدن در مفصل می گردد، عضله به عنوان آگونیست یا محرک عمل می کند. آگونیست در واقع نقش ایفا شده توسط عضله جهت ایجاد حرکت است. از آنجا که چندین عضله مختلف در یک حرکت شرکت دارند، گاهی اوقات تفاوتی میان عضلات آگونیست اولیه و دستیاران نیز در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال، در طول حرکت فلکشن آرنج در یک حرکت دمبل، عضله بازویی قدامی و عضله دوسر به عنوان آگونیست اولیه و عضله دوسربازویی، بازویی قدامی برون گرداننده دراز ع عضله پروناتور کوتاه به عنوان آگونیست دستیار به خدمت گرفته می شوند. تمامی عضلات تک مفصلی در هر دو حالت انتقال تنش به صورت همزمان و سکون به عنوان آگونیست عمل میکنند.

عضلاتی که در جهت مخالف با آگونیست عمل میکنند به عنوان به عنوان آنتاگونیست شناخته می شوند و به صورت همزمان با ایجاد حرکت توسط عضله آگونیست موجب انتقال تنش می گردند. در واقع نقش عضلات آگونیست کند کردن یا متوقف کردن حرکت است. عضلات آگونیست و آنتاگونیست به طور معمول در طرفین مقابل یک مفصل قرار دارند. در حین فلکشن آرنج، زمانی که عضلات بازویی قدامی و دوسر بازویی آگونیست های اولیه هستند، عضلات سه سر می توانند با انتقال تنش مقاومتی به عنوان آنتاگونیست عمل کنند. در مقابل حین اکستنشن آرنج، هنگامی که عضله سه سر نقش آگونیست را برعهده دارد، عضلات بازویی قدامی و دوسر بازویی می توانند در نقش آنتاگونیست عمل کنند. اگر چه مشخصه حرکات حرفه ای تنش مداوم در عضلات آنتاگونیست نیست اما عضلات آنتاگونیست اغلب به خصوص در انتهای حرکات سریع و قدرتی اقدامات کنترلی و ترمزی را انجام می دهند. در حالی که آگونیست ها در حین شتاب گرفتن بخشی از بدن فعال می شوند، آنتاگونیست ها در مواقع کاهش شتاب و یا شتاب منفی فعال می گردند. به عنوان مثال،

هنگامی که یک فرد به سوی پایین تپه در حال دویدن است، عضله چهارسر ران در نقش عضله آنتاگونیست و جهت کنترل میزان فلکشن زانو دارای عملکرد اکسنتریک می باشد.

همچنین انقباض رایج عضلات آگونیست و آنتاگونیست موجب افزایش ثبات در مفصل عضلات می گردد. انتقال تنش همزمان در عضلات چهارسر ران و همسترینگ، ثبات مفصلی زانو را در برابر نیروهای چرخشی آسیب رسان افزایش می دهد.

یکی دیگر از نقش های متصور برای عضلات، برقراری ثبات در بخشی از بدن در برابر یک نیروی مشخص است. این نیرو می تواند دارای منشأ داخلی حاصل از تنش در سایر عضلات باشد و یا ناشی از نیروی خارجی اعمال شده در هنگام بلند کردن وزنه باشد. در هنگام انجام ورزش اسکی روی آب، عضله متوازی الاضلاع با انتقال تنش جهت ثبات عضله گوشه ای در برابر کشش طناب، نقش تثبیت کننده را ایفا می کند. عضلات در نقش تثبیت کنندگی، جهت ثبات بخشی از بدن در برابر دیگر نیروها به کار میروند.

چهارمین نقش متصور برای عضلات نقش خنثی کننده است. عضلات خنثی کننده از فعالیت های جانبی که به صورت طبیعی در هنگام انتقال تنش کانسنتریک توسط عضلات آگونیست رخ می دهند جلوگیری به عمل می آورند. در واقع نقش عضلات خنثی کننده حذف فعالیت های ناخواسته ایجاد شده توسط عضلات آگونیست است. برای مثال، اگر عضله ای باعث تولید هر دو حرکت فلکشن و ابداکشن در یک مفصل گردد در حالی که تنها فلکشن مورد نظر باشد، عملکرد یک عضله خنثی کننده در جهت اداکشن می تواند موجب حذف حرکت ناخواسته ابداکشن شود. هنگامی که عضله دوسر بازو و تنش کانسنتریک را انتقال می دهد، فلکشن آرنج و سوپینیشن ساعد رخ می دهد. اگر تنها چرخش آرنج مورد نظر باشد عضله پروناتور جهت مقابله با سوپینیشن ساعد به عنوان یک خنثی کننده وارد عمل می شود.

عضلات دو مفصلی و چند مفصلی

بسیاری از عضلات بدن انسان از دو یا چند مفصل عبور می کنند. به عنوان نمونه می توان از عضله دوسر بازو، سربلند عضلات سه سر بازویی، همسترینگ، عضله راست رانی و تعدادی از عضلات عبوری از مچ دست و مفاصل انگشتان یاد کرد. از آنجا که اساساً میزان تنش هر عضله در طول آن و همچنین در محل پیوست به استخوان ثابت است، این عضلات در تمام مفاصل به طور همزمان حرکت را تحت تاثیر قرار می دهد. اثر گاری یک عضله دو مفصلی و یا چند مفصلی در ایجاد حرکت در مفصل عبوری به محل و جهت اتصال عضله نسبت به مفصل، سفتی یا سستی در محل واحد عضلانی تاندونی و عملکرد سایر عضلات عبوری از مفصل بستگی دارد.

عضلات دو مفصلی مکن است در هنگام شل شدن (نارسایی فعال) نیرو تولید نکنند و در صورت کشش کامل دامنه حرکتی را محدود کنند (نارسایی غیر فعال).

با این حال دو نقصان در عملکرد عضلات دو مفصلی با چند مفصلی نیز وجود دارد، این دسته از عضلات جهت ایجاد همزمان رنج گسترده ای از حرکات در تمام مفاصل عبوری، قادر به کوتاه سازی نمی باشند. این محدودیت را نارسایی فعال می نامند. نارسایی فعال عبارت است از محدودیت یک عضله دو مفصلی برای ایجاد نیرو در زمانی که عضله بواسطه نحوه قرار گیری مفصل در حالت سستی قرار بگیرد. برای مثال هنگامی که مچ دست به طور کامل خم شده باشد، فلکسورهای انگشتان سست بوده و قادر به انتقال تنش برای شکل گیری مشت کامل نیستند. برخی از عضلات دو مفصلی هنگامی که محل اتصال دو مفصل عضله را در موقعیت شدیداً سست شده قرار می دهد، به هیچ وجه قادر به تولید نیرو نیستند. مسئله دوم این است در اکثر مردم عضلات دو مفصلی و چند مفصلی را نمی توانند تا حد اکستنشن در بازه محدوده حرکتی کامل در جهات مخالف مفاصل عبوری گسترش دهند. این مسئله را با عنوان نارسایی غیر فعال مطرح می کنند. نارسایی غیر فعال، عدم توانایی کشش عضله دو مفصلی به حد دلخواه جهت ایجاد بازه حرکتی کامل در تمام مفاصل عبوری است. به عنوان مثال هنگامی که انگشتان به طور کامل با نشده باشد، محدوده حرکتی بزرگتری برای مچ دست حاصل می گردد. به همین ترتیب محدوده بزرگتری از دورسی فلاکشن مچ پا را می توان بهنگام فلکشن زانو جهت تغییر سفتی عضله دو قلو تجربه کرد.

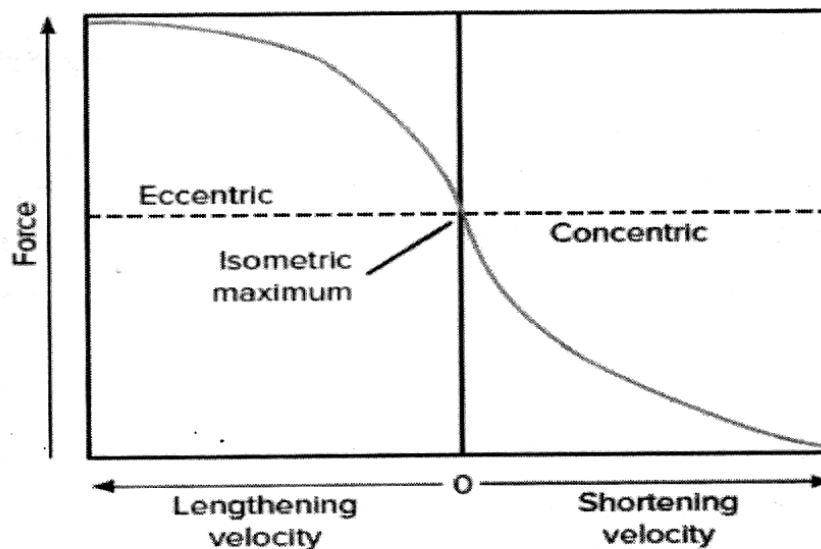
عوامل موثر بر تولید نیروی عضلانی

بزرگی نیروی تولید شده توسط عضله نیز به سرعت کوتاه شدن عضله، طول عضله زمانی که تحریک می شود و مدت زمانی که عضله یک محرک دریافت کرده است، بستگی دارد. از آنجایی که این عوامل تعیین کننده های مهمی برای نیروی عضلانی هستند، به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته اند.

رابطه نیرو_ سرعت

رابطه نیرو_ سرعت به این معنی نیست که حرکت یک مقاومت شدید با سرعت بالا غیر ممکن است. هرچه عضلات قویتر باشند، میزان حداکثر تنش ایزومتریک بیشتر است. این مقدار حداکثر نیرویی است که عضله میتواند قبل از بلند شدن و با افزایش مقاومت تولید کند. البته فرم کلی منحنی نیرو_ سرعت صرف نظر از میزان حداکثر تنش ایزومتریک ثابت باقی می ماند.

همچنین رابطه نیرو_ سرعت بدان معنا نیست که امکان حرکت یک بار سبک با سرعت آهسته وجود ندارد. اغلب فعالیت های زندگی روزمره به حرکات آهسته و کنترل شده بارهای زیر بیشینه احتیاج دارد. سرعت کوتاه شدن عضلات در هنگام جابجایی بارهای زیر بیشینه تحت کنترل ارادی قرار دارد. تنها تعدادی از واحدهای حرکتی مورد نیاز فعال می شوند. به عنوان مثال یک مداد را می توان وابسته به الگوی کنترلی بکارگیری واحد کنترلی در گروه های عضلانی مربوط، به صورت آهسته و یا سریع از روی میز برداشت.



رابطه نیرو - سرعت بافت عضله ای. هنگامی که مقاومت (نیرو) ناچیز است، عضله با حداکثر سرعت منقبض می گردد. با افزایش تدریجی بار سرعت انقباض کانسنتریک در ماکزیمم ایزومتریک به صفر می رسد. با افزایش بیشتر بار، عضله به صورت اکستنتریک بلند می گردد.

رابطه نیرو_سرعت بای عضلات اسکلتی، صاف و عضله قلب در انسان و همچنین برای بافت های عضلانی از گونه های دیگر مورد آزمایش قرار گرفته اند. فرم کلی نمودار برای انواع عضله به همین شکل است، حتی عضلات کوچک به سریع بال زدن حشرات پاسخ می دهند. مقادیر حداکثر نیرو در سرعت صفر و سرعت های ماکزیمم بارهای حداقل در اندازه ها و انواع عضله متغیر هستند. اگر پایه و اساس فیزیولوژیکی رابطه نیرو_سرعت به طور کامل درک نشده است، فرم نواحی کانسنتریکی منحنی به میزان تولید انرژی در عضلات مربوط می شود.

رابطه نیرو_سرعت برای عضلاتی که فراتر از مقدار حداکثر ایزومتریک بارگزاری می شوند در شرایط اکسنتریک، حداکثر نیرویی که عضله میتواند تولید کند با ضریب ۱،۵ الی ۲ از مقدار حداکثر ایزومتریک فراتر می رود. البته به نظر می رسد دستیابی به چنین سطح نیروی بالایی به تحریک الکتریکی عصب حرکتی نیاز داشته باشد. نیروی اکسنتریکی حداکثر تولیدی به صورت ارادی با نیروی حداکثر ایزومتریک مشابهت دارد. احتکماً این مطالب صحت دارد زیرا سیستم عصبی از طریق مسیر های بازتابی جهت محافظت عضلات و تاندون ها در برابر آسیب مهارهایی را در نظر میگیرد.

هرچه یک عضله قویتر باشد، بزرگی حداکثر ایزومتریک آن در منحنی نیرو_سرعت بیشتر است.

تمرینات قدرتی اکسنتریک شامل استفاده از بارهای بیش از حداکثر توانایی تولید نیروی ایزومتریک توسط ورزشکار می شود. به محض اینکه بارگزاری بارگزاری انجام گیرد، عضلات شروع به طویل شدن میکنند. پژوهش ها نشان می دهد که این نوع تمرینات نسبت به تمرینات کانسنتریک جهت افزایش حجم و قدرت عضلانی موثرتر هستند. با این حال در مقایسه با تمرینات کانسنتریک و ایزومتریک، تمرینات اکسنتریک نیز به تأخیر در شروع درد عضلانی ارتباط دارند.

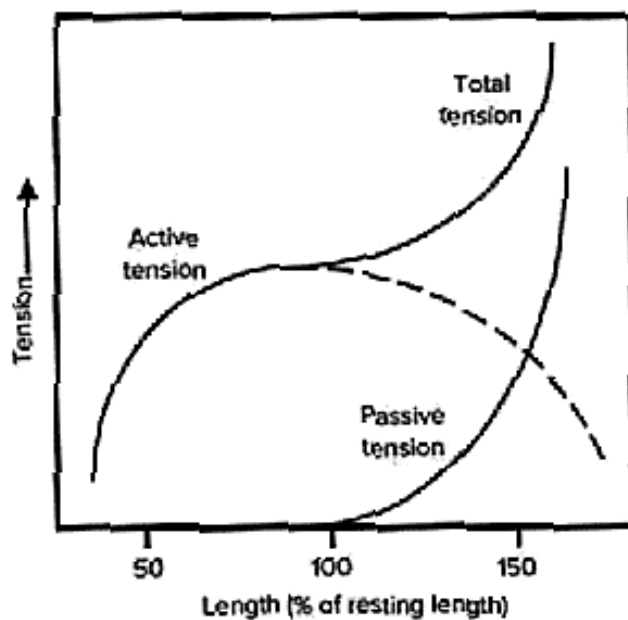
رابطه طول_تنش

مقدار حداکثر تنش ایزومتریکی که یک عضله قادر به تولید آن است تا حدی به طول عضله بستگی دارد. در عضلات تک واحدی، آماده سازی عضلات تیزوله شده و عضلات داخلی بدن انسان، تولید نیرو هنگامی که عضلات کمی کشیده شده باشد در ماکزیمم مقدار خود قرار دارد. در مقابل، قابلیت توسعه تنش عضلانی به علت کوتاه سازی عضلات کمتر خواهد بود. مدت زمان کشش و یا کوتاه

سازی عضله و همچنین زمان طی شده از کشش و یا کوتاه سازی بر قابلیت تولید نیرو تأثیر می گذارد.

در بدن انسان عضلات در حال استراحت به دلیل خاصیت ارتجاعی خود تحت کشش غیر فعال هستند. با این حال، توانایی تولید نیروی عضلانی زمانی افزایش می یابد که عضله کمی کشیده شود. عضلات با فیبرهای موازی حداکثر نیروی خود را درست پس از طول استراحت تولید می کنند و عضلات با فیبرهای پره ای حداکثر تنش خود را در بازه ۱۲۰ درصد و ۱۳۰ درصد از طول استراحت ایجاد میکنند. این پدیده به علت مشارکت مولفه عضلانی الاستیک (عمدتاً SEC) است که در زمان کشیده شدن عضله به تنش موجود در عضله اضافه می گردد. الگو رشد تنش حداکثر به صورت تابعی از طول عضله با مشارکت فعال معلفه انقباضی و مشارکت غیر فعال SEC و PEC را نشان

می دهد .



کل تنش موجود در یک عضله کشیده شده برابر است با مجموع تنش فعال فیبرهای عضلانی و تنش غیرفعال حاصل از تاندون ها و غشاء عضلات.

چرخه کشش_کوتاه سازی (انقباض)

هنگامی که یک عضله با تنش فعال درست قبل از انقباض کشیده می شود، انقباض حاصل نسبت به شرایطی که کشش اولیه وجود ندارد قویتر خواهد بود. این الگوی انقباض اکسنتریک را که

بلافاصله توسط انقباض کانسنتریک دنبال می‌گردد، با عنوان چرخه کشش_انقباض (SSC) می‌شناسند. عضله در حالتی که پیش از کوتاه سازی به صورت فعال کشیده شده باشد نسبت به شرایطی که در حالت انقباض ساده باشد، دارای قابلیت انجام کار بهتری است. در آزمایشی شامل یک حرکت دورسی فلاکشن قوی به همراه خم کردن کف پا با فرکانس بالا و پایین نشان داده شد که (SSC) به ترتیب ۲۰،۲ درصد و ۴۲،۵ درصد در کار مثبت انجام گرفته نقش داشته‌اند. همچنین هزینه سوخت و ساز بدن برای انجام یک میزان مشخص از کار مکانیکی نیز در هنگام استفاده از (SSC) نسبت به عدم استفاده از آن کمتر است.

مکانیسم عملکردی (SSC) هنوز به طور کامل شناخته نشده‌اند. با این حال یکی از عوامل تأثیر گذار حداقل در برخی از موارد به احتمال زیاد (SEC) است که با اثر پس زنی الاستیک عضله کشیده شده به طور فعال موجب بهبود تولید نیرو می‌گردد. تمرینات اکسنتریک توانایی واحد عضلانی تاندونی را جهت ذخیره سازی و بازگشت انرژی الاستیک افزایش خواهد داد. یکی دیگر از پتانسیل های سهمیم در (SSC) فعال شدن کشش بازتابی توسط طویل سازی اجباری عضله است. پیش از حرکت، انقباض فعال عضله، خواه اکسنتریک یا ایزومتریک، نیروی بعدی انقباض کانسنتریک را نیز افزایش می‌دهد.

الکترومیوگرافی

گالوانی، دانشمند ایتالیایی قرن هجدهم، دو کشف جالب در مورد عضله اسکلتی انجام داد (الف) زمانی که توسط الکتریسیته تحریک می‌شود، تنش ایجاد می‌کند و (ب) هنگام ایجاد تنش، یک جریان یا ولتاژ قابل تشخیص تولید میکند، حتی زمانی که محرک یک ایمپالس عصبی باشد.

کشف اخیر تا قرن بیستم، زمانی که فناوری برای تشخیص و ثبت بارهای الکتریکی بسیار کوچک در دسترس قرار گرفت، ارزش علمی کمی داشت. تکنیک ثبت فعالیت الکتریکی تولید شده توسط عضله یا فعالیت الکتریکی عضلات، امروزه به عنوان الکترومیوگرافی (EMG) شناخته می‌شود.

الکترومیوگرافی برای مطالعه عملکرد عصبی_عضلانی، از جمله شناسایی اینکه کدام عضلات در طول یک حرکت کشش ایجاد می‌کنند و کدام حرکات باعث ایجاد کشش بیشتر یا کمتر از یک عضله یا گروه عضلانی خاص می‌شود، استفاده می‌شود. همچنین از نظر بالینی برای ارزیابی سرعت هدایت

عصبی و پاسخ عضلانی در ارتباط با تشخیص و ردیابی شرایط پاتولوژیک سیستم عصبی_عضلانی استفاده می شود. دانشمندان همچنین از تکنیک های الکترومیوگرافی برای مطالعه روش هایی استفاده می کنند که واحدهای حرکتی فردی به دستورات سیستم عصبی مرکزی پاسخ می دهند.

تأخیر الکترومکانیکی

هنگامی که یک عضله تحریک می شود، یک دوره کوتاه قبل از اینکه عضله شروع به ایجاد تنش کند می گذرد. این زمان که به آن تأخیر الکترومکانیکی (EMD) گفته می شود، اعتقاد بر این است که برای بخش انقباضی عضله برای کشش (SEC) مورد نیاز است. در این مدت شلی عضلانی از بین می رود. هنگامی که (SEC) به اندازه کافی کشیده شد، توسعه تنش ادامه می یابد.

طول (EMD) به طور قابل توجهی در بین عضلات انسان متفاوت است، با مقادیر ۲۰_۱۰۰ میلی ثانیه گزارش شده است. محققان (EMD) های کوتاه تری را یافته اند که توسط عضلاتی با درصد بالای فیبرهای (FT) در مقایسه با عضلات با درصد بالای فیبرهای (ST) تولید می شود. (EMD) در کودکان نیز به طور قابل توجهی طولانی تر از بزرگسالان است.

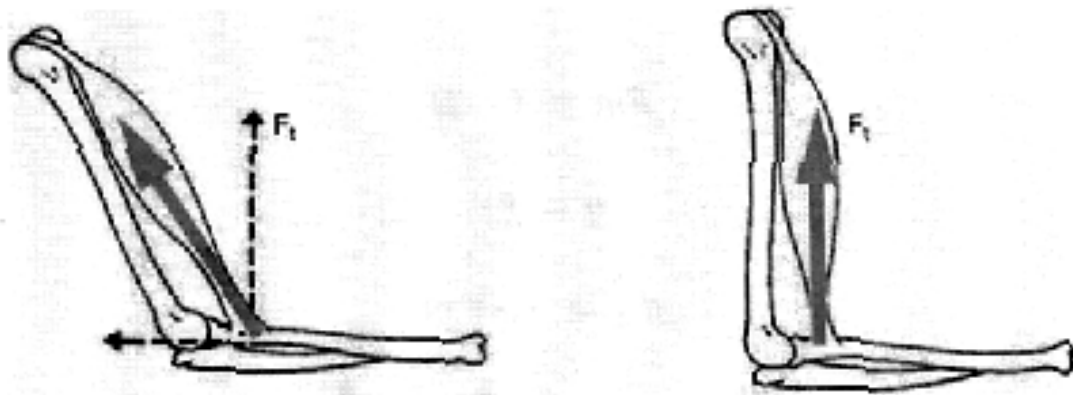
قدرت، توان و استقامت عضلانی

در ارزیابی عملی عملکرد عضلانی، مشخصه تولید نیروی عضله در غالب مفهوم قدرت عضلانی، توان و استقامت مورد بحث است. این ویژگی های عملکردی عضله دارای مفاهیم قابل توجهی در اشکال متنوع حرکات ورزشی مانند پرتاب نیزه و یا صخره نوردی هستند، در میان افراد بزرگسال و افراد مبتلا به اختلالات یا صدمات عصبی و عضلانی، حفظ قوای عضلانی کافی و استقامت جهت انجام فعالیت های روزانه و اجتناب از آسیب ضروری است.

قدرت عضلانی

هنگامی که دانشمندان یک عضله را از یک حیوان آزمایشی جدا میکنند و آن را به صورت الکتریکی در آزمایشگاه تحریک می کنند، می توانند مستقیماً نیروی تولید شده توسط عضله را اندازه گیری کنند. عمدتاً کارهای آزمایشی کنترل شده از این نوع است که درک اولیه ما از روابط نیرو_سرعت و طول_تنش برای بافت عضلانی به دست آمده است.

با این حال در بدن انسان، ارزیابی مستقیم نیروی تولید شده توسط یک عضله مناسب نیست. مستقیم ترین ارزیابی « قدرت عضلانی » که معمولاً انجام می شود، اندازه گیری حداکثر گشتاور تولید شده توسط کل گروه عضلانی در یک مفصل است. بنابراین، قدرت عضلانی معمولاً به عنوان تابعی از توانایی تولید نیروی یک گروه عضلانی عملکردی معین اندازه گیری می شود. به طور خاص، قدرت عضلانی توانایی تولید نیروی یک گروه عضلانی معین برای ایجاد گشتاور در یک مفصل خاص است.



مولفه‌ای از نیروی عضلانی که موجب تولید گشتاور در مفصل می‌گردد (F_L) عمود بر استخوان متصل است.

گشتاور برابر است با حاصلضرب نیرو در بازوی گشتاور و یا فاصله عمودی اثر نیرو از محور چرخش، با تجزیه نیروی عضله به دو مولفه متعامد عمود و موازی با استخوان متصل شده، تصویر روشنی از اثر تولید گشتاور عضله فراهم می‌سازد. از آنجا که مولفه قدرت عضله بر استخوان موجب تولید گشتاور و یا اثر چرخشی می‌گردد، این مولفه را مولفه ی چرخشی نیروی عضله می‌گویند. اندازه مولفه چرخشی در حالتی که عضله زاویه ۹۰ درجه با استخوان داشته باشد حداکثر است و با تغییر زاویه ناشی از جهت گیری در هردو جهت به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود. ماشین آلات مقاومت ایزوکنتریک به نحوی طراحی میشوند که میزان مولفه چرخشی قدرت عضله را در طول دامنه حرکت مفصل مطابقت دهند.

قدرت عضلانی معمولاً به عنوان مقدار گشتاوری که یک گروه عضلانی می‌تواند در یک مفصل ایجاد کند اندازه گیری می‌شود.

توان عضلانی

توان مکانیکی برابر با حاصلضرب نیرو در سرعت است. بنابراین توان عضلانی با حاصلضرب نیروی عضلانی در سرعت کوتاه سازی عضلات برابر است.

از آنجا که نیروی عضلانی و سرعت کوتاه سازی عضله به طور مستقیم در انسان قابل اندازه گیری نیست، به طور کلی توان عضلانی به عنوان نرخ تولید گشتاور در مفاصل و یا حاصلضرب گشتاور برآیند در سرعت زاویه ای مفصل تعریف می شود. بر این اساس، توان عضلانی از هر دو عامل سرعت و قدرت عضلانی تأثیر می پذیرد.

توان عضلانی از مهمترین عوامل موثر در حرکات قدرتی و سرعتی است. یک پرتابگر قوی در یک تیم لزوماً بهترین نیست، زیرا توانایی شتاب بخشیدن به ضربه مولفه بسیار مهمی در موفقیت مسابقات بشمار می رود. موارد ورزشی از جمله وزنه برداری المپیک، پرتاب، پرش و دوی سرعت که به حرکت های انفجاری نیاز دارند به توانایی تولید توان عضلانی ارتباط دارند.

از آنجا که فیبرهای (FT) نسبت به فیبرهای (ST) تنش را با سرعت بیشتری انتقال می دهند، درصد زیادی از فیبرهای (FT) در عضلات فرد سرمایه مناسبی در رویدادهای ورزشی مبتنی بر توان عضلانی بشمار می رود. افرادی که دارای فیبرهای (FT) بیشتر هستند نسبت به افرادی که دارای درصد بالاتری از فیبرهای (ST) می باشند، در بارگزاری های مشابه می توانند قدرت بیشتری تولید کنند. آن هایی که عمدتاً دارای ترکیبات (FT) هستند، حداکثر توان خود را در سرعت های سریعتر کوتاه شدن عضله توسعه می دهند.

استقامت عضلانی

استقامت عضلانی توانایی توانایی انتقال تنش توسط عضلات در طول زمان است. این تنش می تواند همانند زمانی که یک ژیمناست حرکت صلیب را اجرا میکند ثابت باشد و یا حرکاتی از جمله، قایقرانی، دو و دوچرخه سواری به صورت یک سیکل تکرار شود. هرچه مدت زمان اعمال تنش بیشتر باشد، فرد از استقامت عضلانی بالاتری برخوردار است. با این وجود که حداکثر قدرت عضلانی و حداکثر

توان عضلانی مفاهیم نسبتاً مشخصی هستند اما استقامت عضلانی به دلیل اثرگذاری چشم گیر نیرو و سرعت موردنیاز برطول مدت انجام فعالیت، کم تر شناخته شده است.

تمرینات استقامت عضلانی معمولاً شامل تعداد زیادی از تکرار و وزنه های مقاومتی نسبتاً سبک می گردد. این نوع تمرینات موجب افزایش قطر فیبرهای عضلانی نمی گردد.

خستگی عضلانی

خستگی عضلانی به عنوان کاهش ظرفیت فیبرهای عضلانی برای تولید نیرو، حتی در حضور تحریک نورون حرکتی تعریف شده است. خستگی عضلانی نیز نقطه مقابل استقامت عضلانی است. هرچه عضله سریعتر خسته شود، استقامت کمتری دارد. مجموعه پیچیده ای از عوامل بر سرعت خستگی عضلانی تأثیر می گذارد، از جمله نوع و شدت تمرین، گروه های عضلانی خاص درگیر، و محیط فیزیکی که در آن فعالیت انجام می شود. علاوه بر این در یک عضله معین، ترکیب نوع فیبر و الگوی فعال سازی واحد حرکتی در تعیین میزان خستگی عضله نقش دارند. با این حال، این یک مبحث در حال تکامل بوده، و با حجم قابل توجهی از تحقیقات مرتبط در حال پیشرفت است.

ویژگی های خستگی عضلانی شامل کاهش توانایی تولید نیروی عضلانی و کاهش سرعت و همچنین آرام سازی طولانی مدت واحدهای حرکتی در فواصل به کارگیری را افزایش می دهند. یک فیبر عضلانی زمانی که قادر به ایجاد تنش در هنگام تحریک آکسون حرکتی خود نباشد، به خستگی مطلق می رسد. خستگی ممکن است در خود نورون حرکتی نیز رخ دهد که باعث می شود نتواند پتانسیل عمل ایجاد کند. الیاف (FG) سریعتر از الیاف (FOG) خسته می شوند و الیاف (SO) مقاوم ترین در برابر خستگی هستند.

تأثیر دمای عضله

با افزایش دمای بدن، سرعت عملکرد عصب و عضله افزایش می یابد. این عامل باعث تغییر در منحنی منحنی نیرو_سرعت شده و در بارگذاری مشخص مقدار حداکثر تنش ایزومتریک و حداکثر سرعت کوتاه سازی بالاتر می رود. با بالا رفتن دما، فعال شدن واحدهای حرکتی کمتری در برابر بارگذاری مشخص مورد نیاز است. فرایندهای متابولیک بدن در تأمین اکسیژن و حذف کردن مواد زائد جهت

عملکرد عضلات با درجه حرارت بالاتر بدن سریعتر صورت می پذیرد. این مزایا موجب افزایش قدرت، توان و استقامت عضلانی شده و دلایل علمی برای گرم کردن قبل از مسابقات را ارائه میکند. قابل ذکر است که این مزایا از هرگونه تغییر در الاستیسیته واحدهای تاندونی عضلانی مستقل هستند، زیرا تحقیقات نشان داده است که خواص مکانیکی عضلات و تاندون ها با گرم کردن و سرد کردن در محدوده فیزیولوژیکی تغییر نمی کنند.

عملکرد عضلانی در حدود ۲ تا ۳ درجه فارنهایت بالاتر از دمای طبیعی بدن در حالت استراحت کارآمدتر است. افزایش دمای بدن فراتر از این نقطه ممکن است در طی تمرینات شدید تحت شرایط دمای بالا و یا رطوبت محیط اتفاق بیفتد و می تواند بسیار خطرناک باشد و احتمالاً منجر به گرما گرفتگی یا گرما زدگی شود. برگزار کنندگان رویدادهای مسافت طولانی شامل دویدن یا دوچرخه سواری باید به ویژه از خطرات احتمالی مرتبط با رقابت در چنین محیط هایی آگاه باشند.

آسیب های عضلانی رایج

آسیب های عضلانی شایع هستند واکثر آنها نسبتاً جزئی هستند. خوشبختانه عضلات اسکلتی سالم توانایی قابل توجه ای برای خود ترمیم دارد. عضلات اسکلتی از طریق فعال شدن مجموعه پیچیده ای از پاسخ های سلولی و مولکولی بازسازی می شوند. سلول های بنیادی عضلات اسکلتی که به سلولهای ماهواره ای معروف هستند، نقش مهمی در این فرآیند تشکیل بافت عضلانی جدید دارند.

استرین ها

استرین عضلانی ناشی از کشش بیش از حد بافت های عضلانی است. به طور معمول، اغلب عضلات فعال بواسطه اندازه و نرخ بارگذاری بیش از حد، دچار آسیب می شوند. استرین ها می توانند خفیف، متوسط یا شدید باشند. استرین های خفیف حداقل آسیب ساختاری را شامل میشود و با احساس سفتی یا تنش در عضله مشخص می شود. استرین های درجه دوم شامل پارگی جزئی در بافت های عضلانی با علائم درد، ضعف و تاحدی ناتوانی در عملکرد می گردد. در استرین درجه سوم، شاهد پارگی شدید عضله، از دست دادن عملکرد همراه با خونریزی و تورم هستیم. عضلات همسترینگ بیشترین استرین را در بدن انسان دارد. استرین های همسترینگ به خصوص برای ورزشکاران مشکل ساز است، زیرا بازسازی آن به کندی صورت می گیرد و پس از بهبودی و بازگشت به میادین به

احتمال یک سوم در سال اول مجدداً عود می کند. براساس تحقیقات، برنامه های پیشگیری یا توانبخشی از آسیب همسترینگ باید بر تمرینات اکسنتریک که با بارهای زیاد انجام می شوند، تمرکز کنند.

کوفتگی

کوفتگی و یا کبودی عضله توسط نیروهای فشاری پایدار در اثر ضربات ایجاد می شود و منجر به خون مردگی در بافت عضله می گردد. کوفتگی های عضلانی جدی میتوانند منجر به ایجاد یک ناهنجاری شناخته شده با نام میوزیت اسی فیکانس و یا استخوان سازی در بافت عضلانی گردد.

میوزیت اسی فیکانس در واقع وجود توده کلسیفی در داخل عضله است. ظاهراً فیبروبلاست هایی که در بازسازی به خدمت گرفته می شوند شروع به تبدیل شدن به سلول های استئوبلاست می کنند و در طی کلسیفیکاسیون پس از سه یا چهار هفته در عکس رادیو گرافی قابل مشاهده می باشد. اگرچه پس از شش یا هفت هفته تحلیل توده آغاز می شود اما گاهی اوقات یک ضایعه استخوانی در عضله باقی می ماند.

اسپاسم (گرفتگی عضلات)

زمانی که تصور می شد که علت اصلی اسپاسم نتیجه عدم تعادل الکترولیت، کمبود کلسیم و منیزیم و کم آبی بدن است، مطالعات اخیر نشان داده است که گرفتگی عضلات ناشی از عدم تعادل تحریک از دوک عضلانی و مهار اندام های وتری گلژی است که همه ناشی از خستگی عصبی عضلانی است. اسپاسم عضلانی نیز می تواند در پی ضربه های مستقیم رخ دهد. اسپاسم ممکن است شامل اسپاسم عضلانی متوسط تا شدید، با سطوح متناسبی از درد همراه باشد.

درد عضلانی تأخیر یافته

درد عضلانی تأخیری اغلب در مدت زمانی پس از انجام حرکات جدید رخ می دهد. درد عضلانی تأخیری (DOMS) ۲۴ الی ۷۲ ساعت پس از شرکت در حرکات ورزشی طولانی و شدید اتفاق می افتد و با درد، تورم، تغییرات بافتی و التهاب حاد همراه است. درد، سفتی عضله، و محدود شدن دامنه حرکتی از عواقب پارگی میکروسکوپی بافت های عضلانی است.

سندروم کمپارتمان

خونریزی یا ورم درون عضله ای می تواند در نتیجه آسیب دیدگی ویا فعالیت عضلانی بیش از حد ایجاد گردد. این سندروم موجب افزایش فشار در عضله می گردد وبا عدم کاهش فشار آسیب های شدیدی به ساختار های عصبی و عروقی آن وارد می کند. تورم، تغییر رنگ، کاهش نبض دیستال، بی حسی و ازدست دادن عملکرد حرکتی همگی از علائمی هستند که در این سندروم به تدریج آشکار می شوند

بررسی نوع عضله ، اتصال آنها ، عملکردها و تحریکات عصبی

عضلات شانه.

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد اولیه	تحریک عصبی
دلتوئید	یک سوم بیرونی ترقوه، بالای آکرومیون، استخوان ترقوه	برآمدگی دلتوئید استخوان بازو		(C5 و C6) جانبی
(اقدامی)			فلکشن، اداکشن افقی، چرخش میانی	
(میانی)			ابداکشن، اداکشن افقی	
(خلفی)			اکستنشن، اکستنشن افقی، چرخش جانبی	
سینه‌ای بزرگ		وجه جانبی استخوان بازو درست زیر سر		
(ترقوه‌ای)	دو سوم میانی ترقوه		فلکشن، اداکشن افقی چرخش میانی	سینه‌ای جانبی (C5, T1)
(جناق‌ی)	استخوان جناق قدامی و غضروف شش دنده ابتدایی		اکستنشن، اداکشن، اداکشن افقی، چرخش میانی	سینه‌ای میانی (C5 و T1)
سویر اسپیناتوس	حفره سویر اسپیناتوس	برآمدگی بزرگ استخوان بازو	ابداکشن، مشارکت در چرخش جانبی	سویرا اسکاپولار (C5 و C6)
عضله کورا کوبراکیالیس	قسمت داخلی نوک زائده کورا کوئید	قسمت میانی و اقدامی استخوان بازو	فلکشن، اداکشن، اداکشن افقی	موسکولو کوتانوس (C5 و C7)
لاتیموس دورسی	شش مهره پایینی قفسه سینه و تمام مهره‌های کمری، استخوان خاجی خلفی، ستیغ خاصره، سه دنده پایینی	قدامی استخوان بازو	اکستنشن، اداکشن، چرخش میانی، اداکشن افقی	تورا کوردیسال (C6 و C8)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد اولیه	تحرك عصبی
ترس ماژور	قسمت پایینی، جانبی و خلفی استخوان کتف	قدامی استخوان بازو	اکستنشن، اداکشن، چرخش میانی	تحت کتفی (C5 و C6)
اینفراسپیناتوس	حفره اینفراسپیناتوس	برآمدگی بزرگ استخوان بازو	چرخش جانبی، اداکشن افقی	تحت کتفی (C5 و C6)
ترس مینور	برجستگی سطح خلفی استخوان کتف	برآمدگی بزرگ استخوان بازو، ستون مجاور استخوان بازو	چرخش جانبی، اداکشن افقی	جانبی (C5 و C6)
ساب اسکاپولاریس	کل سطح قدامی استخوان	برآمدگی کوچک استخوان بازو	چرخش میانی	تحت کتفی (C5 و C6)
دوسر بازویی	برآمدگی رادیال			موسکولو کوتانوس (C5 و C7)
(سر بلند)	دنده فوقانی حفره گلوئید		مشارکت در اداکشن	
(سر کوتاه)	زائده کورا کوئید کتف		مشارکت در فلکشن، اداکشن، چرخش میانی، اداکشن افقی	
سه سر بازویی	قسمت زیرین حفره گلوئید	زائده اوله کرانون زند زیرین	مشارکت در اکستنشن، اداکشن	رادیال (C5 و T1)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد اولیه	تحريك عصبی
عضله دوسر بازو		برآمدگی رادیال	فلکشن، کمک به سوپینیشن	تاندونی عضلانی (C5 و C7)
(سر بلند)	لبه فوقانی حفره گلوئید			
(سر کوتاه)	زائده کورا کوئید کتف			
عضله بازویی زند اعلی	دو سوم فوقانی برآمدگی سوپر اکوندیلار جانبی استخوان بازو	زائده استیلوئید نیزه‌ای استخوان رادیوس	فلکشن، پرونیشن از موقعیت سوپینیشن به حالت عادی و بالعکس	رادیال (C5 و C6)
بازویی قدامی	بخش قدامی نیمه پایینی استخوان بازو	زائده کروئوئید قدامی اولنا	فلکشن	تاندونی عضلانی (C5 و C7)
عضله پروناتور ترس		نقطه جانبی در میانه رادیوس	پرونیشن، کمک به فلکشن	میانی (C7 و C6)
(سر استخوان بازو)	برجستگی میانی سر استخوان بازو			
(سر اولنا)	زائده کروئوئید اولنا			

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد اولیه	تحریک عصبی
عضله مربع درون گرداننده	یک چهارم پایینی بخش قدامی اولنا	یک چهارم پایینی رادیوس قدامی	پرونیشن	عصب بین استخوانی قدامی (T_1 و C_8)
عضله سه سر بازو (سر بلند)	درست پایین تر از حفره گلوئید			
(سر جانبی)	نیمه فوقانی خلفی استخوان بازو			
سر میانی)	دو سوم پایینی بخش خلفی استخوان بازو			
عضله سه گوش آرنجی	برجستگی خلفی جانبی استخوان بازو	زائده اولکرونون جانبی و اولنای خلفی	کمک به اکستنشن	رادیال (C_7 و C_8)
عضله برون گرداننده کوتاه	برجستگی جانبی استخوان بازو و اولنای مجاور	یک سوم فوقانی جانبی رادیوس	سوپینشن	عصب بین استخوانی خلفی (C_5 و C_6)

عضلات اصلی دست و انگشتان.

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد اولیه	تحریک عصبی
اکستنسور بلند شست	خلفی میانی اولنا	عضلات خارجی بخش دیستال خلفی انگشت شست	اکستنشن در مفاصل MP و IP، اداکشن در مفصل MP شست	رادیال (C_7 و C_8)
اکستنسور کوتاه شست	خلفی میانی رادیوس	بخش پروگزیمال خلفی انگشت شست	اکستنشن در مفاصل MP و CM شست	رادیال (C_7 و C_8)
فلکسور بلند شست	کفی میانی رادیوس	کفی دیستال انگشت شست	فلکشن در مفاصل MP و IP شست	زادیال (T_1 و C_8)
ابداکتور بلند شست	خلفی میانی اولنا و رادیوس	پایه رادیال اولین متاکارپال	ابداکشن در مفصل CM شست	رادیال (C_7 و C_8)
اکستنسور انگشت سبابه	خلفی دیستال اولنا	طرف اولنای تاندون عضله اکستنسور انگشتان دست	اکستنشن در مفصل MP انگشت دوم	رادیال (C_7 و C_8)
اکستنسور انگشتان دست	استخوان سر بازو جانبی	پایه بند انگشتان دوم و سوم، انگشتان ۲ تا ۵	اکستنشن در مفاصل MP، پروگزیمال و دیستال مفاصل IP، ۲ تا ۵	رادیال (C_7 و C_8)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستانال	عملکرد اولیه	تحریک عصبی
اکستنسور انگشت کوچک	تاندون پروگزیمال اکستنسور انگشتان	تاندون اکستنسور انگشتان دیستانال مفصل MP پنجم	اکستنشن در پنجمین مفصل MP	رادیال (C_7 و C_8)
فلکسور عمقی انگشتان	سه چهارم پروگزیمال اولنا	پایه بخش دیستانال بند انگشتان ۲-۵	فلکشن در سر پروگزیمال و دیستانال مفصل IP و MP، ۲-۵	اولنار میانی (C_8 و T_1)
فلکسور سطحی انگشتان	ابی کندیل میانی استخوان بازو	پایه انگشت میانی، ۲-۵	فلکشن در بخش پروگزیمال و دیستانال مفصل IP MP، ۲-۵	میانی (C_7 و C_8 و T_1)
فلکسور کوتاه شست	طرف اولنا، اولین متاکاریال	عضلات داخلی اولنار، پایه پروگزیمال بند انگشت شست	فلکشن و اداکشن در مفصل MP شست	میانی (C_8 و T_1)
ابداکتور کوتاه شست	استخوان‌های ذوزنقه‌ای و اسکافوئید	پایه رادیوس اولین بند شست	ابداکشن در اولین مفصل CM	میانی (C_8 و T_1)
متقابل انگشت شست	استخوان اسکافوئید	سطح رادیال اولین متاکاریال	فلکشن و اداکشن در مفصل CM شست	میانی (C_8 و T_1)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستانال	عملکرد اولیه	تحریک عصبی
اداکتور شست	راسی، ناحیه دیستانال مفصل متاکاریال ۲ و ۳	بند دیستانال اولنار شست	اداکشن و فلکشن در مفصل CM شست	اولنار (C_8 و T_1)
ابداکتور انگشت کوچک	استخوان نخودی مچ	پایه اولنار دیستانال انگشت، انگشت پنجم	ابداکشن و فلکشن در پنجمین مفصل MP	اولنار (C_8 و T_1)
متقابل انگشت کوچک	استخوان قلابی شکل	متاکاریال اولنار پنجمین متاکاریال	تقابل در پنجمین مفصل CM	اولنار (C_8 و T_1)
بین استخوانی پشت دستی (چهار عضله)	کناره متاکاریال‌ها، کل انگشت‌ها	پایه بخش پروگزیمال انگشتان، تمام انگشتان	ابداکشن در دومین و چهارمین مفصل MP، انحراف رادیال و اولنار در مفصل سوم MP، فلکشن در مفصل ۲-۴	اولنار (C_8 و T_1)
بین استخوانی کف دستی (سه عضله)	متاکاریال‌های ۲ و ۴ و ۵	پایه بخش پروگزیمال انگشتان، انگشتان ۴ و ۵ و ۲ و ۵	اداکشن و فلکشن در مفصل MP، انگشتان	اولنار (C_8 و T_1)
عضله دودی دست (چهار عضله)	تاندون فلکسور عمقی انگشتان، انگشتان ۲-۵	تاندون اکستنسور انگشتان، انگشتان ۲-۵	فلکشن در مفصل MP انگشتان ۲-۵	میانی و اولنار (C_8 و T_1)

عضلات ستون فقرات.

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
عضلات پره ورتبرال (عضلات رکتوس کاپیتیس آنتریور و لترال، لونگوس کاپیتیس، عضله لونگوس کولی)	بخش قدامی استخوان پس سری و مهره‌های گردن	سطوح قدامی مهره گردن و سه مهره اول قفسه سینه	فلکشن، فلکشن جانبی، چرخش به طرف مقابل	اعصاب گردن (C ₁ -C ₆)
عضله راست شکمی	غضروف دنده‌های ۵ و ۶ و ۷ دنده‌ها	سمفیز وستیغ عانه	فلکشن، فلکشن جانبی	اعصاب بین دنده‌ای (T ₆ -T ₁₂)
عضله مورب خارجی	سطح خارجی دنده‌های پایینی (پنج تا دوازده)	تاج خاصره ایلیاک	فلکشن تنه به راست و چپ و حرکات چرخشی تنه	اعصاب بین دنده‌ای (T ₇ -T ₁₂)
عضله مورب داخلی	دو سوم خارجی لیگامنت مغبنی، دو سوم قدامی تاج خاصره و از آپونوروز کمری	چهار دنده پایین و یک نیم پهن	فلکشن تنه به راست و چپ و حرکات چرخشی تنه	اعصاب بین دنده‌ای (L ₁ -7 ₁ -T ₁₂)
عضله اسپلینوس	زائده ماستوئید از استخوان تمپورال، زائده‌های عرضی از سه مهره اولیه گردنی	نیمه پایینی لیگامان پس گردنی، زائده‌های خاردار هفتمین مهره گردنی و شش مهره سینه‌ای بالایی	اکستنشن، فلکشن جانبی، چرخش به همان سمت	اعصاب گردنی میانی و پایینی (C ₄ -C ₈)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
گروه عضله زیرپس سری (مورب راسی فوقانی، مورب راسی تحتانی، راست راسی خلفی کوچک، راست راسی خلفی بزرگ)	استخوان پس سری، زائده عرضی اولین مهره گردنی	سطوح خلفی دو مهره ابتدایی گردنی	اکستنشن، فلکشن جانبی، چرخش به همان سمت	عصب پس سری (C ₁)
عضلات ارکتور اسپاین (عرضی - خاری، طویل سینه‌ای خاصره‌ای)	بخش پایینی لیگامنت huchae، خلفی گردنی، سینه‌ای و ستون فقرات کمری، نه دنده پایینی، تاج خاصره، ساکروم خلفی	زائده ماستوئید از استخوان تمپورال، خلفی گردنی، سینه‌ای، و ستون فقرات کمری دوازده دنده	اکستنشن، فلکشن جانبی، چرخش به طرف مقابل	اعصاب نخاعی (T ₁ -T ₁₂)
عضلات سمی اسپینالیس	استخوان پس سری، خاردار زائده‌های قفسه سینه مهره‌های ۲-۴	زائده‌های عرضی قفسه سینه و هفتمین مهره گردنی	اکستنشن، فلکشن جانبی، چرخش به طرف مقابل	اعصاب گردنی و پشتی ستون فقرات (C ₁ -T ₁₂)
عضلات عمقی ستون فقرات	زائده‌های خلفی همه مهره‌ها، استخوان خاجی خلفی	زائده‌های خاردار و عرضی و laminae مهره در زیر اتصال پروگزیمال	اکستنشن، فلکشن جانبی، چرخش به طرف مقابل	اعصاب ستون فقرات و بین دنده‌ای (T ₁ -T ₁₂)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستانال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
عضله جناغی چنبری	زائده ماستوئید استخوان گیجگاهی	جناغ سینه بالایی، یک سوم داخلی ترقوه	فلکشن گردن، اکستنشن سر، فلکشن جانبی، چرخش به طرف مقابل	عصب جانبی و C ₂ عصب نخاعی
عضله گوشه‌ای	زائده عرضی چهار مهره اول گردنی	مرز مهره کتف	فلکشن جانبی	اعصاب نخاعی (C ₄ -C ₃)، عصب پشتی کتف (C ₃ -C ₅)
اسکالنی (قدامی)، گلو تنوس، خلفی)	زائده‌های عرضی مهره‌های گردن	دو دنده بالایی	فلکشن، فلکشن جانبی	اعصاب گردنی (C ₇ -C ₃)
مربع کمری	آخرین دنده، زائده‌های عرضی چهار مهره کمری اول	لیگامنت lumbal، تاج خاصره مجاور	فلکشن جانبی	اعصاب نخاعی (L ₄ -T ₁₂)
پسواس بزرگ	طرفین مهره دوازدهم قفسه سینه‌ای و تمام مهره‌های کمری	تروکانتر پایینی استخوان ران	فلکشن	عصب فمورال (L ₁ -L ₃)

عضلات مفصل ران.

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستانال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
راست رانی	قدامی تحتانی خار خاصره (ASIS)	کشکک زانو	فلکشن	رانی (L ₂ و L ₄)
سوئز خاصره‌ای		تروکانتر کوچک استخوان ران	فلکشن	رانی و L ₂
خاصره‌ای	حفره خاصره و استخوان خاجی مجاور			(L ₂ و L ₄)
سوئز	کنار خارجی دوازدهمین مهره پشتی و تمام مهره‌ها و دیسک‌های کمری			(L ₁ و L ₃)
خیاطه	قدامی فوقانی خار خاصره	درشتنی میانی بالایی	کمک به فلکشن، ابداکشن و چرخش جانبی	رانی (L ₃ و L ₂)
شانه‌ای	سطح خارجی شاخ صعودی عانه	سطح خلفی استخوان ران در انتهای فوقانی تنه	فلکشن، ابداکشن چرخش میانی	رانی (L ₃ و L ₂)
کشنده پهن نیام	قسمت قدامی لبه خارجی ایلیاک کمرست	باند ایلئوتیبیال	کمک به فلکشن، ابداکشن و چرخش میانی	سرینی فوقانی (L ₄ و L ₁)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
سرینی بزرگ	سطح خارجی ایلیم، استخوان خاجی، دنبالچه و لیگامان ساکروتوبروس	نوار ایلیوتیبیال و برجستگی گلوئتال استخوان ران	اکستنشن و چرخش جانبی	سرینی تحتانی (L5, S2)
سرینی متوسط	سطح خارجی ایلیم در زیر عضله سرینی بزرگ	برجستگی (تروکانتر) بزرگ استخوان ران	چرخش داخلی پا و اداکشن لگن	سرینی فوقانی (L4, S1)
سرینی کوچک	سطح خارجی ایلیم بین دو خط گلوئتال فوقانی و تحتانی	سطح قدامی برجستگی (تروکانتر) بزرگ استخوان ران	چرخش داخلی مفصل ران و اداکشن پا	سرینی فوقانی (L4, S1)
گراسیلیس	کنار تحتانی شاخه ایسکیوپوبیک و پوبیس	ناحیه پنجه غاز تیپیا	اداکشن ران و فلکسور زانو	عصب ابراتور (L4, L3)
اداکتور بزرگ	شاخه تحتانی پوبیس و استخوان ورک	تقریباً سر تا سر طول بخش داخلی و قدامی استخوان ران	چرخش جانبی پا و اداکشن لگن	عصب ابراتور (L4, L3)
اداکتور دراز	سطح قدامی استخوان عانه	بخش میانی استخوان ران	اداکشن ران و کمک به فلکشن و چرخش داخلی	عصب ابراتور (L4, L3)
اداکتور کوتاه	سطح قدامی استخوان عانه	بخش بالایی خط خشن استخوان ران	اداکشن ران و کمک به حرکت فلکشن و چرخش داخلی ران	عصب ابراتور (L4, L3)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
نیمه وتری	برجستگی ورکی استخوان ورک	بخش قدامی و داخلی استخوان درشتنی، در کنار تاندون عضله راست داخلی	اکستنشن	عصب درشت-نی (L5, S1)
نیمه غشایی	توبروزیته ایسکیوم	بالا و داخل استخوان درشتنی	اکستنشن	عصب درشت-نی (L5, S1)
راست رانی	توبروزیته ایسکیوم جانبی	بخش فوقانی استخوان کشکک زانو	اکستنشن	عصب درشت نی (L5, S1)
شش عضله چرخنده خارجی	استخوان خاجی، حرقفی، ورک	برآمدگی خلفی بزرگ استخوان ران	چرخش رو به خارج	(L5, S1)

عضلات زانو.

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد(های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
راست رانی	خار خاصه‌ای قدامی تحتانی (ASIS)	کشکک زانو	اکستنشن زانو	رانی (L_4 و L_2)
پهن خارجی	سطح خارجی استخوان ران	لبه‌های استخوان کشکک	اکستنشن زانو	رانی (L_4 و L_2)
پهن میانی	استخوان ران	البه بالایی استخوان کشکک	اکستنشن زانو	رانی (L_4 و L_2)
پهن داخلی	سر تاسر خط خشن استخوان ران	لبه‌های استخوان کشکک	اکستنشن زانو	رانی (L_4 و L_2)
نیمه وتری	برجستگی ورکی استخوان ورک	بخش قدامی و داخلی استخوان درشت نی، در کنار تاندون عضله راست داخلی	اکستنشن و هایپر اکستنشن ران و کمک به عمل چرخش داخلی ران و اداکشن ران	سیاتیک (L_5 و L_2)
نیمه غشایی	توبروزیته ایسکیوم جانبی	خلفی داخلی ران	فلکشن و چرخش داخلی	سیاتیک (L_5 و L_2)
دوسر رانی	برجستگی ورکی استخوان ورک	برجستگی خارجی استخوان درشتانی و سر استخوان نازکنی	اکستنشن و هایپر اکستنشن مفصل ران و کمک به چرخش خارجی استخوان فوق	سیاتیک (L_5 و L_2)
(سر بلند)	توبروزیته ایسکیوم			

(سر کوتاه)	لینا اسپرا جانبی			
خیاطه	خار خاصه ای فوقانی قدامی	تیبیبای داخلی پروگزیمال در بخش داخلی	به فلکشن و چرخش جانبی ران کمک می کند	رانی (L_3 و L_2)
گراسیالیس (نواری)	لبه داخلی شاخه نزولی استخوان عانه	تیبیبای داخلی پروگزیمال در بخش داخلی	اداکشن ران و فلکشن پا	سدادی (L_3 و L_2)
گودی زانوی یا رکیبی	لقمه خارجی استخوان ران	لقمه خارجی استخوان ران	فلکشن زانو	درشتنی (L_5 و L_4)
دو قلو	دو سر، یکی به بخش خلفی دو برجستگی داخلی و دیگری به اقسامت خارجی استخوان ران	این عضله به تاندون آشیل و سطح خلفی استخوان پاشنه	فلکشن زانو	درشتنی (L_2 و S_1)
کف پای	به بخش خلفی استخوان ران در بالای مفصل زانو	به بخش خلفی استخوان پاشنه	فلکشن زانو	درشتنی (L_2 و S_1)

عضلات مچ پا و پا.

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
تیبیالیس قدامی (ساقی قدامی)	دو سوم بالایی بخش خارجی درشت نی	سطح داخلی کف پای اولین استخوان میخی و پایه اولین استخوان کف پای	دورسی فلکشن مچ پا و اینورژن مفصل قاپ و ناوی	عصب میان دو راهی عمقی (L4وL5)
اکستنسور بلند انگشتان	کندیل خارجی درشتنی و از استخوان نازکنی یا فیبولا	بندهای دیستال و وسطی چهار انگشت پا (بجز شست)	دور سی فلکشن یعنی بالا آوردن چهار انگشت پا بجز شست	عصب میان دو راهی عمقی (L4وL5)
نازکنی طرفی	بخش قدامی و یک سوم نازکنی	بخش روی پای پنجمین استخوان کف پای	دورسی فلکشن و اورژن مچ پا	عصب میان دو راهی عمقی (L4وL5)
اکستنسور هالوسیس لانگوس	بخش میانی و قدامی نازکنی	پایه استخوان بند اول شست پا	اکستنشن مفصل بند شست و استخوانهای کف پا و دورسی فلکشن مچ پا	عصب میان دو راهی عمقی (L4وL5)
دو قلو	دو سر، یکی به بخش خلفی، دو برجستگی داخلی و دیگری به قسمت خارجی استخوان ران	تاندون آشیل و سطح خلفی استخوان پاشنه	فلکشن زانو	عصب درشت- نی (S1وS2)
کف پای	بخش خلفی استخوان ران در بالای مفصل زانو	بخش خلفی استخوان پاشنه	فلکشن زانو	عصب درشت- نی (S1وS2)

عضله	اتصال پروگزیمال	اتصال دیستال	عملکرد (های) اولیه حول مفصل ران	تحریک عصبی
نعلی	قسمت خلفی- فوقانی استخوان درشتنی	سطح خلفی استخوان پاشنه	فلکشن زانو	عصب درشت- نی (S1وS2)
نازکنی بلند	سر و دو سوم بالای استخوان نازکنی	سطح خارجی اولین استخوان میخی و همچنین اولین استخوان کف پای	اور شن و کمک به عمل پلانتر فلکشن مفصل مچ پا	عصب میان دو راهی سطحی (L4وL5)
نازکنی کوتاه	دو سوم بالایی استخوان نازکنی	بخش خارجی پایه پنجم استخوان کف پا	پلانتر فلکشن و اورژن مچ پا	عصب میان دو راهی سطحی (L4وL5)
فلکسور دراز انگشتان پا	بخش خلفی درشتنی	پایه سطح کف پای بند انگشتان پا	فلکشن بند انگشتان و مفصل کف پا و مفصل اول انگشتان پا، پلانتر فلکشن و اینورژن مچ پا	عصب درشت- نی (S1وS2)
اکستنسور دراز شست پا	دو سوم بخش پایینی و خلفی استخوان نازکنی	بخش کف پای پایه استخوان بند دوم انگشت شست پا	تاکننده بند انگشت شست و مفصل کف پا، پلانتر فلکشن و اینورژن مچ پا	عصب درشت- نی (S1وS2)
تیبیالیس خلفی (ساقی خلفی)	سطح دو سوم بالایی درشتنی و سطح داخلی دو سوم نازکنی	پایین سطح داخلی استخوان ناوی و استخوانهای تاسی، پاشنه و سه استخوان میخی	پلانتر فلکشن و اینورژن مچ پا	عصب درشت- نی (S1وS2)

١. Aagaard P: Training-induced changes in neural function, *Exerc Sport Sci Rev* ٣١:٤١, ٢٠٠٣.
٢. Ait-Haddou R, Binding P, and Herzog W: Theoretical considerations on cocontraction of sets of agonistic and antagonistic muscles, *J Biomech* ٣٣:١١٠٥, ٢٠٠٠.
٣. Bolster DR, Kimball SR, and Jefferson LS: Translational control mechanisms modulate skeletal muscle gene expression during hypertrophy, *Exerc Sport Sci Rev* ٣١:١١١, ٢٠٠٣.
٤. Douglas J, Pearson S, Ross A, and McGuigan M: Chronic adaptations to eccentric training: A systematic review, *Sports Med* ٤٧:٩١٧, ٢٠١٧.
٥. Enoka RM: Muscle fatigue-From motor units to clinical symptoms, *J Biomech* ٤٥:٤٢٧, ٢٠١٢.
٦. Falk B, Usselman C, Dotan R, Brunton L, Klentrou P, Shaw J, and Gabriel D: Childadult differences in muscle strength and activation pattern during isometric elbow flexion and extension, *Appl Physiol Nutr Metab* ٣٤:٦٠٩, ٢٠٠٩.
٧. Fukutani A, Misaki J, and Isaka T: Effect of preactivation on torque enhancement by the stretch-shortening cycle in knee extensors, *PLoS One* ١٤:١١, ٢٠١٦.
٨. Gazzoni M, Botter A, and Vieira T: Surface EMG and muscle fatigue: Multi-channel approaches to the study of myoelectric manifestations of muscle fatigue, *Physiol Meas* ٢٠١٧ Feb ١٥. doi: ١٣٦١-١٠,١٠٨٨ ٦٥٧٩/aa٦٠b٩. [Epub ahead of print].

9. Gowitzke BA and Milner M: Understanding the scientific bases of human movement (2nd ed.), Baltimore, 1980, Williams & Wilkins.

10. Haizlip K, Harrison B, and Leinwand L: Sex-based differences in skeletal muscle kinetics and fiber-type composition, *Physiol* 30:30, 2015.

11. Herzog W: Force production in human skeletal muscle. In Nigg BM, MacIntosh BR, and Mester J, Eds: Biomechanics and biology of movement, Champaign, IL, 2000, Human Kinetics, pp. 269-281.

12. Hill AV: First and last experiments in muscle mechanics, Cambridge, MA, 1970, Cambridge University Press.

13. Hody S, Lacrosse Z, Leprince P, Collodoro M, Croisier JL, and Rogister B: Effects of eccentrically and concentrically biased training on mouse muscle phenotype, *Med Sci Sports Exerc* 45:1460, 2013.

14. Komi PV, Linnamo V, Silventoinen P, and Sillanpaa M: Force and EMG power spectrum during eccentric and concentric actions, *Med Sci Sports Exerc* 32:1757, 2000.

15. Kraemer WJ, Fleck SJ, and Evans WJ: Strength and power training: Physiological mechanisms of adaptation, *Exerc Sport Sci Rev* 24:363, 1996

16. Knaflitz M, Reinsel G, and Reinsel G: Effect of water immersion on the mechanical properties of human muscle and tendon in vivo, *Clin Biomech* 20:291, 2005.

17. Fukunaga T: In vivo dynamics of human medial gastrocnemius muscle-tendon complex during stretch-shortening cycle exercise, *Acta Physiol Scand* 170:127, 2000.

24. 0000000 0, 00000 0, 000 000000000000 0: 0000000 000 000 00
repeated fast and voluntary contractions in man, Acta Physiol Scand
101:194, 1977. 00000

25. 0000 00, 000000000 00, 000 000000 00: 0000000000 0000000 0000000000:
Factors that lead to injury and re-injury, Sports Med 42:209, 2012.

26. 000000 00, 0000000 00, 0000 00, 00000000000000 00, 00000000 00, 000
Rice CL: AMMotor unit number estimates in master runners: Use it or
lose it? Med Sci Sports [
Exerc 42:1644, 2010.

27. 00000000 0: 00000000000000 00 00000000 00000000 00 000 0000000000
and energetics of muscle function during movement, J Exp Biol
219:266, 2016. 000

28. 00000000000 0 000 0000000 00: 000 00000000000 00 000000000000 000
warm-up exercises on Achilles tendon reflex activity, J Sports Sci 13:481,
1995.

29. 000000 0, 0000000000 0, 00-0000000 0, 000 00000000 0: 0000000000 00000000 000
weak muscles, Ageing Res Rev 8:251-67, 2009.

30. 0000000 0, 0000000 0, 000 000000 0: 000000000000000 000 000000 0000000
different mechanisms of electromechanical delay, Med Sci Sports
Exerc 43:1200, 2011

31. 000000000 00, 00000 00, 0000000 00, 000000 00, 000 000000 00:
Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting, Med Sci
Sports Exerc 44:647, 2012.

۳۲. ۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰ ۰۰۰۰ ۰: ۰۰۰ ۰۰۰۰۰۰۰-۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ cycle (SSC) revisited: Residual force enhancement contributes to increased performance during fast SSCs of human m. adductor pollicis, *Physiol Rep* 3:1, 2015.

۳۳. ۰۰۰۰۰۰ ۰۰, ۰۰۰۰۰۰ ۰۰, ۰۰۰۰ ۰۰, ۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰۰, ۰۰۰ ۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰۰: ۰۰۰۰۰۰۰ versus isometric electromechanical delay in non-fatigued and fatigued muscle: A combined electromyographic, mechanomyographic, and force approach, *J Electromyogr Kinesiol* 33:34, 2017.

۳۴. ۰۰۰۰۰۰۰۰-۰۰۰۰۰۰ ۰۰, ۰۰۰۰۰۰ ۰۰, ۰۰ ۰۰۰۰۰ ۰۰, ۰۰ ۰۰.: ۰۰۰۰ ۰۰۰۰۰۰۰ regulate muscle fiber type transition without altering can during aerobic training, *Int J Sports Med* 34:861, 2013.

۳۵. ۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰ ۰۰۰۰۰ ۰: Relationship between muscle architecture and joint performance during concentric contractions in humans, *J Appl Biomech* 2012 Aug 22. [Epub ahead of print]. 36. Westing SH, Seger JY, and Thorstensson A: Effects of electrical stimulation on eccentric and concentric torque-velocity relationships during knee extension in man, *Acta Physiol Scand* ۱۴۰:۱۷, ۱۹۹۰.

۳۷. ۰۰۰ ۰, ۰۰۰۰۰ ۰, ۰۰۰ ۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰۰: ۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰۰۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰۰۰ stem cell niche, *Physiol Rev* 93:23, 2013.

وب سائتهای مرتبط

Guided Tour of the Visible Human

<http://www.madsci.org/~lynn/VH/> The Visible Human Project generated over 18,000 digitized sections of the human body. This tour introduces

key concepts in human anatomy with images and animations from the dataset.

Martindale's The "Virtual" Medical Center: Muscles

http://www.martindalecenter.com/Medical1_1_MhU.html#Mus

Contains numerous images, movies, and course links for muscle actions and muscle physiology.

Myology Section from Gray's Anatomy

<http://www.bartleby.com/107/102.html> A description of muscle anatomy, actions, strength, and work from this classic anatomy text.

Nicholas Institute of Sports Medicine and Athletic Trauma

<http://www.nismat.org/> Includes links to a runner's resource guide with medically based information on fitness, injury prevention and treatment, and therapeutic

exercises.

Wheeless' Textbook of Orthopaedics

<http://www.wheelessonline.com/> A comprehensive resource for orthopedics, including anatomy, histology, and physiology for all human body muscles.

دانشگاه علمی کاربردی شهربابک و دانشگاه اختصاصی سبک کانگ فوتوآ-۲۱ در سال ۱۳۸۷ تاسیس شد. دغدغه اصلی هیات موسس این مرکز همواره خدمت صادقانه و تربیت نیروی انسانی متخصص بوده است از همین رو شیوه ی تدریس نوین یاران که برگرفته از ۱۷ نوع روش تدریس می باشد را جایگزین روش های سنتی نمود . این مرکز تنها دانشگاه تقاضا محور در کشور است که توسعه، خلاقیت، مهارت اموزی و کارآفرینی را رسالت خود می داند. این مرکز با دارا بودن پتانسیل های فراوان و بالقوه همواره در جهت تغییرات مثبت و جهانی شدن گام برداشته و قادر به خروج از دانشگاه های نسل چهارم و ورود به دانشگاه های نسل پنجم می باشد

