# سازگاری عصبی با تمرینات قدرتی

ترجمه و تنظیم: حمید رجبی

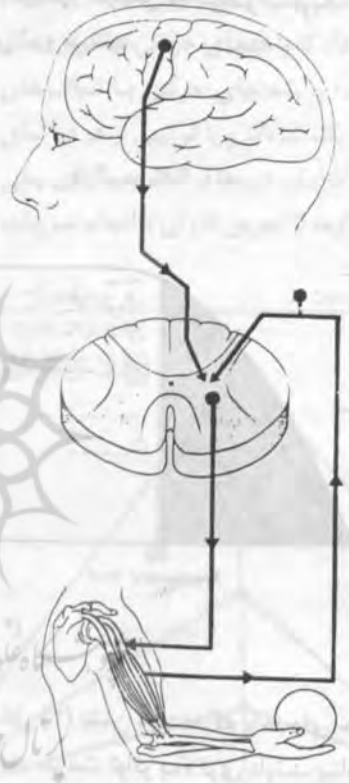
قابل توجه‌ترین اثر تمرینات قدرتی در ورزشکاران، افزایش قدرت براثر افزایش اندازهٔ عضله است. از آنجا که یک عضلهٔ بزرگتر می‌تواند نیروی بیشتری تولید کند، افزایش تودهٔ عضلانی، نوعی سازگاری با تمرینات قدرتی است که در افزایش قدرت سهم مهمی دارد. در برنامه‌های تمرینی که ماهها یا سالها ادامه می‌یابد، حد بالای افزایش قدرت در اثر افزایش اندازهٔ عضله، با توجه به توانایی ورزشکار برای ادامهٔ واکنش به تمرین، تعیین می‌شود. به هرحال، وقتی حد بالای قدرت به دست آمد، افزایش اندازه و در نتیجه قدرت بسیار مشکل خواهد شد (هاکینن ۱۹۸۵). این مشکل، یعنی عدم پیشرفت ممکن است علت وسوسهٔ قوی برای استفاده از استروئیدهای آنابولیکی به منظور تحریک کردن افزایش اندازه و قدرت عضلانی باشد (سال، ۱۹۸۸).

به هر حال، عملکرد قدرتی نه تنها براثر اندازهٔ عضلات درگیر شده، تعیین می‌شود، بلکه به توانایی سیستم عصبی برای فعال کردن مناسب عضلات نیز مربوط می‌شود. (شکل ۱). یک ورزش یا یک حرکت ورزشی که به مقدار بالایی از قدرت نیاز دارد، می‌تواند با یک عمل مهارتی همراه شود. برای انجام چنین حرکاتی، عضلاتی که به طور عمده مسئول تولید نیروی بزرگ در مسیر خواسته شدهٔ حرکتی هستند و «عضلات موافق»[1] نامیده می‌شوند، باید کاملاً فعال شوند. عضلاتی که در هماهنگی حرکت کمک می‌کنند و همکار[2] نامیده می‌شود، باید کاملاً فعال شوند.

عضلاتی هم که خلاف جهت حرکت، نیرو تولید می‌کنند و «عضلات مخالف» نامیده می‌شوند نیز باید به طور مناسبی فعال شوند. بنابراین، کنترل عصبی عضلات درگیر شده در تمرینات قدرتی متداول مانند اسکوآت و پرس نیمکت خیلی پیچیده

1- Agonist
2- Synergist

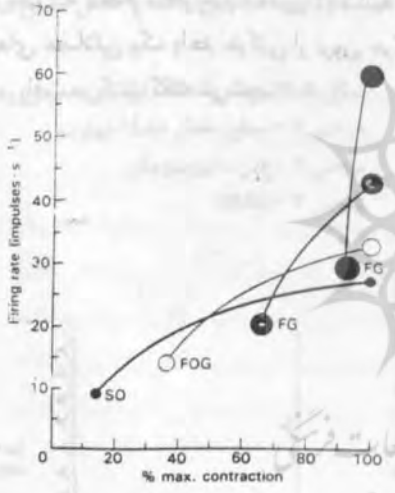
است. در نتیجه، وقتی یک ورزش ناآشنا در برنامه‌های تمرین قدرتی یک ورزشکار پایه‌ریزی می‌شود، بخشی از افزایش اولیه در قدرت او، به سبب تغییرات سازشی در سیستم عصبی او است که هماهنگی عضلات درگیر شده را بهتر می‌کند. تغییرات سازشی در سیستم عصبی به هنگام پاسخ به تمرین، «سازگاریهای عصبی» نامیده می‌شود.



شکل ۱ - کنترل عضلانی به وسیلهٔ سیستم عصبی

## ● مکانیزم احتمالی سازگاریهای عصبی

واحد عملکردی پایه در یک عضله، «واحد حرکتی» نامیده می‌شود. یک واحد حرکتی شامل یک سلول عصبی (که اصطلاحاً یک نرون حرکتی نامیده می‌شود) و تارهای عضلانی عصب یافته از آن است. هر واحد حرکتی، از تعداد اندکی تار عضلانی تا صدها تار را در برمی‌گیرد. عضلات شامل بیش از صدهزار تار هستند. بنابراین، هر عضله می‌تواند از تعدادی کم تا صدها واحد حرکتی داشته باشد. برای تولید حداکثر نیروی ممکن در یک عضلهٔ موافق، تمام واحدهای حرکتی آن باید فعال شوند. بعضی از واحدهای حرکتی که دارای آستانهٔ تحریکی بالا هستند، تنها وقتی که شخص سعی در تولید حداکثر انقباض ارادی می‌کند، به خدمت گرفته می‌شوند (شکل ۲).



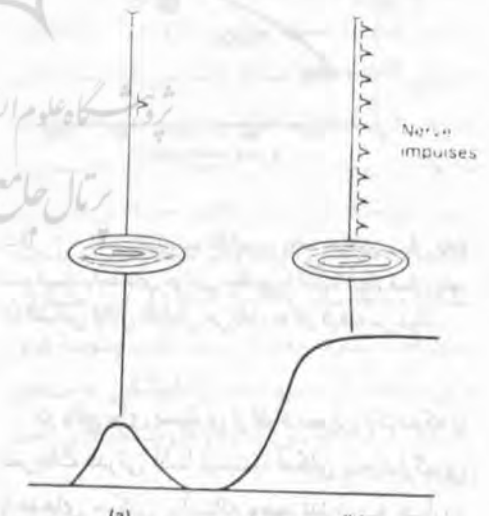

شکل ۲ - اصل اندازهٔ به کارگیری واحد حرکتی نشان داده شده است. واحدهای حرکتی مطابق با اندازهٔ آنها، همان طور که انقباض ارادی افزایش می‌یابد، به کار گرفته می‌شوند.

در واقع برای بسیاری از افراد تمرین نکرده که با تمرینات قدرتی آشنا نیستند، امکان به کارگیری واحدهای حرکتی پرآستانه وجود ندارد. به عبارت دیگر، آنها قادر نیستند عضلات موافق را کاملاً فعال کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

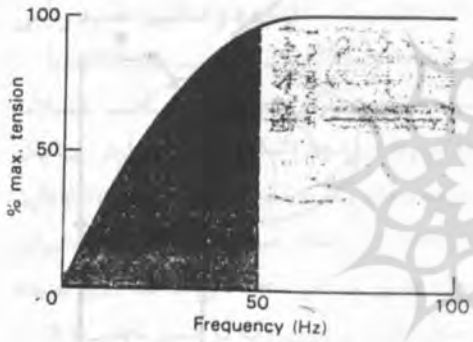
در مراحل اولیهٔ تمرین حرکات جدید، فرد ممکن است توانایی به خدمت گرفتن واحدهای حرکتی با آستانهٔ بالا را به دست آورد. بنابراین، افزایش فعالیت عضلات موافق و در نتیجه، افزایش نیروی عضلانی را هم می‌تواند کسب کند. البته حداکثر نیروی تولید شده از یک عضله، غیر از به کارگیری تمام واحدهای حرکتی، به عوامل دیگری هم نیاز دارد.

وقتی سیستم عصبی مرکزی یک واحد حرکتی را به کار می‌اندازد، می‌تواند با تواترهای مختلفی آن واحد حرکتی را تحریک کند (شکل ۳). تواتر تحریک به تعداد تحریک عصبی در ثانیه که تارهای عضلانی یک واحد حرکتی از نرون حرکتی آن دریافت می‌کنند، گفته می‌شود.




(شکل ۳)

واحدهای حرکتی حدود ۱۰ تا ۶۰ تحریک را در هر ثانیه می‌فرستند. افزایش میزان تحریک نرونهای حرکتی توسط سیستم عصبی مرکزی، تواتر تحریک بیشتری را در واحدهای حرکتی ایجاد می‌کند. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص شده است، تغییر در تواتر تحریک باعث تغییرات عمده‌ای در نیروی تولیدی واحد حرکتی می‌شود. به عبارت دیگر، افزایش در تواتر تحریک باعث افزایش نیرو می‌شود.




(شکل ۴)

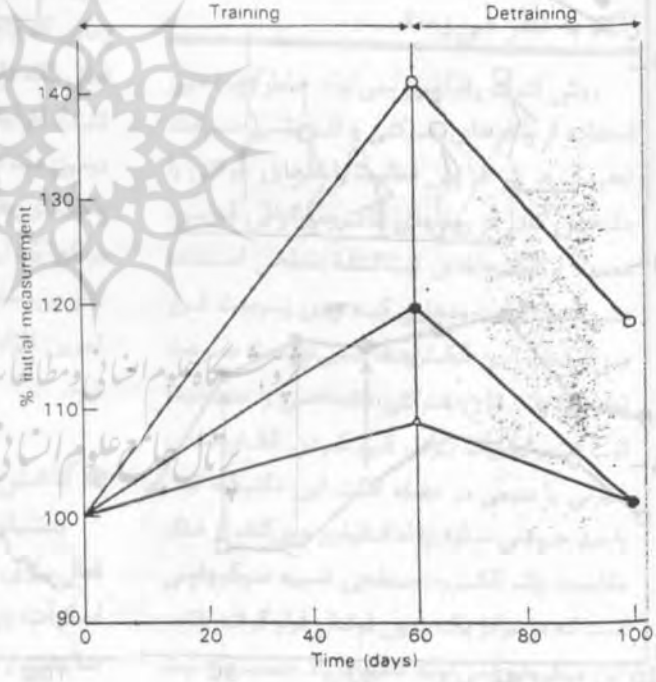
شکل (۲) نشان می‌دهد که واحدهای حرکتی پرآستانه، سرعت تواتر بالاتری دارند. بنابراین، نیروی حداکثر حاصل از یک عضلهٔ موافق، نه تنها به استفاده از تمام واحدهای حرکتی بستگی دارد، بلکه تمام واحدها باید با حداکثر تواتر مؤثر تحریک شوند. بنابراین ، افزایش فعالیت عضلات موافق به عنوان یک سازگاری عصبی با تمرینات قدرتی می‌تواند به علت استفاده از واحدهای حرکتی دارای آستانهٔ بالاتر – که قبلاً به کار گرفته نمی‌شدند – و یا افزایش تواتر تحریک واحدها باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## ● بررسیهای الکترومیوگرافی

الکترومیوگرافی، روشی برای ثبت و سنجش فعالیت الکتریکی تولید شده توسط تارهای عضلانی در واحدهای حرکتی فعال شده، می‌باشد. اگر الکترومیوگرافی یک عضلهٔ موافق، در هنگام حداکثر انقباض ارادی، قبل و بعد از برنامهٔ تمرینی ثبت شود، افزایش در مقدار الکترومیوگرافی باتوجه به شاخص «الکترومیوگرافی یکی شده» (IEMG)[3] نشان خواهد داد که واحدهای حرکتی بیشتری به کار گرفته شده‌اند؛ یا واحدهای حرکتی با تواترهای بیشتری تحریک شده‌اند و یا ترکیبی از هر دو اتفاق افتاده است. افزایش در مقدار الکترومیوگرافی یکی شده (IEMG)بعد از تمرین قدرتی با انجام تمرینات وزنه‌برداری (موریتانی و دوریس ۱۹۷۹ - هاکینن و کومی ۱۹۸۳ و ۱۹۸۶ - هاکینن و همکاران ۱۹۸۵)، کارهای ایزومتریکی (کومی و همکاران ۱۹۷۸)، تمرینات ایزوکنتیکی (ناریسی و همکاران ۱۹۹۰) و پرش انفجاری (هاکینن و همکاران ۱۹۸۵) گزارش شده است. نتایج این مطالعات در شکل ۵ نشان داده شده است:

در پریدن از ارتفاع ۱۱۰ سانتیمتری روی کف زمین، شخص تمرین نکرده در مرحلهٔ انقباض طویل شونده پس از فرود (بار کششی) با یک دورهٔ مهاری پاسخ می‌دهد. در مقابل، یک پرش‌کنندهٔ تمرین کرده با یک دورهٔ تسهیل یافته واکنش نشان

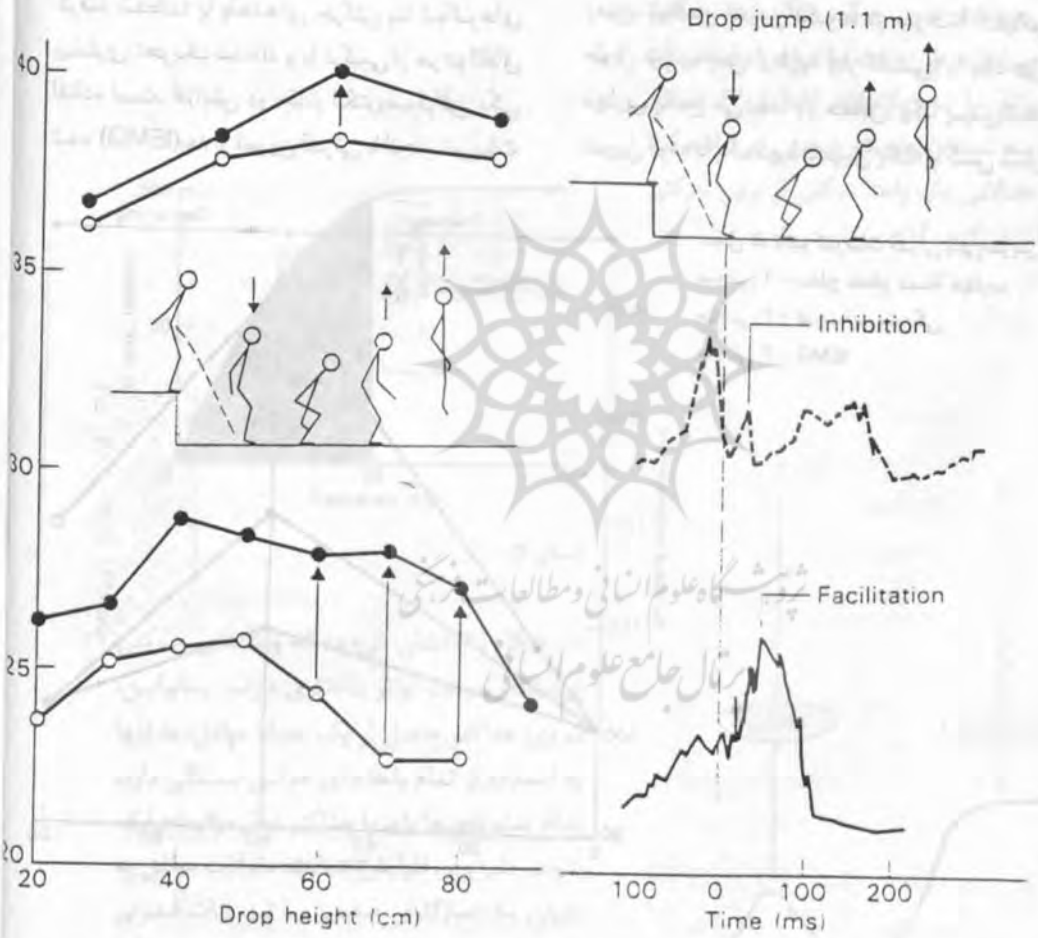



شکل ۵: تاثیر تمرینات قدرتی و بی‌تمرینی
منحنی ۱ - سطح مقطع عضلهٔ چهارسر
منحنی ۲ - قدرت ایزومتریکی
منحنی ۳ - IEMG

3- Integrated EUG

می‌دهد (افزایش فعالیت عضلات موافق) (شکل ۶). پدیدهٔ تسهیل در پرش‌کنندهٔ تمرین کرده ممکن است سازگاری با واکنشهای رفلکسی ویژه‌ای باشد. این سازگاری امکان دارد به طور ویژه مربوط به بار کششی مشخصی باشد (شکل ۷).

روش دیگری از الکترومیوگرافی که برای بررسی تمرینات قدرتی به کار رفته است، نیرومندی رفلکسی است. در این روش، پاسخهای رفلکسی EMG در هنگام انقباضهای ارادی به طور حداکثر استخراج می‌شود. بزرگتر بودن انقباض ارادی و در نتیجه، فعال شدن واحدهای حرکتی بیشتر، باعث بیشتر شدن قدرت رفلکسی خواهد شد. مطالعات انجام شده روی تمرین قدرتی، افزایش در قدرت رفلکسی را بعد از تمرین نشان داده است (میلنر براون و همکاران ۱۹۷۵ - سال و همکاران ۱۹۸۳).




شکل ۶: منحنی بالا، مربوط به فرد تمرین نکرده و منحنی پایین، مربوط به فرد تمرین کرده می‌باشد. عضلهٔ مورد نظر، عضلهٔ دوقلو است.

شکل ۷: مقایسهٔ پرش در ورزشکاران (●) و غیرورزشکاران (○). منحنی بالا، بازیکنان والیبال مرد و منحنی پایین، زنان ژیمناستیک را با غیرورزشکاران نشان می‌دهد.

بررسیهای موردی نشان داده است که قدرت رفلکسی در وزنه‌بردارها (میلنر - براون و همکاران ۱۹۷۵ - سال و همکاران ۱۹۸۳) و دوندگان سرعت (آپاتون و رادفورد ۱۹۷۵) بیشتر است.

**برای بسیاری از افراد تمرین نکرده که با تمرینات قدرتی آشنا نیستند، امکان به کارگیری واحدهای حرکتی پرآستانه وجود ندارد.**

**انقباض همزمان عضلات مخالف، به ویژه در وظایف قدرتی، یک عمل زائد به نظر می‌رسد.**

روش قدرت رفلکسی نمی‌تواند مشارکت نسبی استفاده از واحدهای حرکتی و افزایشی سرعت تحریک در اثر افزایش فعالیت واحدهای حرکتی را مشخص کند. در روشهای الکترومیوگرافی قدیمی، معمولاً از الکترودهای ثبت‌کنندهٔ سطحی استفاده می‌شده (الکترودهایی که روی پوست قرار می‌گرفت). این الکترودها نمی‌توانست سرعت تحریک واحدهای حرکتی مشخصی را مستقیماً ثبت کنند. تکنیک برتر، فرو کردن الکترودهای سوزنی یا سیمی در عضله است. این تکنیک، ثبت واحد حرکتی مفرد را امکانپذیر می‌کند. از نظر مقایسه، یک الکترود سطحی شبیه میکروفونی است که در مرکز یک زمین فوتبال قرار گرفته باشد. این میکروفون می‌تواند داد و فریاد جمعیت را ثبت کند. و نمی‌تواند مشخص کند که هر فرد چه می‌گوید. الکترود داخل عضلانی را می‌توان به میکروفونی که نزدیک دهان یکی از تماشاگران قرار گرفته است، تشبیه کرد. اگر چه داد و فریاد جمعیت هنوز هم شنیده می‌شود، اما شنیدن صدای آن تماشاگر نیز امکانپذیر است. متاسفانه، در تمرینات قدرتی تنها یک واحد حرکتی درگیر نمی‌شود. در این رابطه، دو مشاهدهٔ مناسب انجام شده است. در یک بررسی خستگی، بعضی افراد قادر نبودند واحدهای حرکتی با آستانهٔ بالا را با سرعت لازم برای تولید نیرو، تحریک کنند. بعد از تکرار تجارب، این افراد قادر شدند سرعت تحریک بالاتری را به دست اورند. در این نقطه، انقباض ارادی آنها با نیروی حاصل از تحریکات کزازی (پُرفرکانس) شبیه بود.

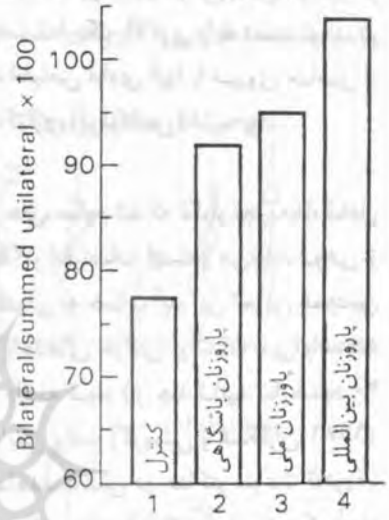
به هر حال، معلوم شد که تکرار تجربه‌ها، شامل تحمل حداکثر انقباضات است و می‌تواند نوعی از تمرینات قدرتی به حساب آید. این تمرین همچنین زمانی که واحدهای حرکتی پرآستانه می‌توانستند فعال نگه داشته شوند (از چند ثانیه تا حدود ۲۰ ثانیه). افزایش یافت (گریمبی و همکاران ۱۹۸۱). دومین مشاهده، کاهش در حداکثر سرعت تحریک واحدهای حرکتی به دنبال یک دورهٔ بی‌تحرکی اندام در گچ بود (راچاتی و هاینات ۱۹۹۰). بنابراین، به نظر می‌رسد که حداکثر سرعت تحریک می‌تواند با تمرین افزایش یابد و با دوره‌های عدم استفاده کم شود.

## ● کاهش دو طرفه

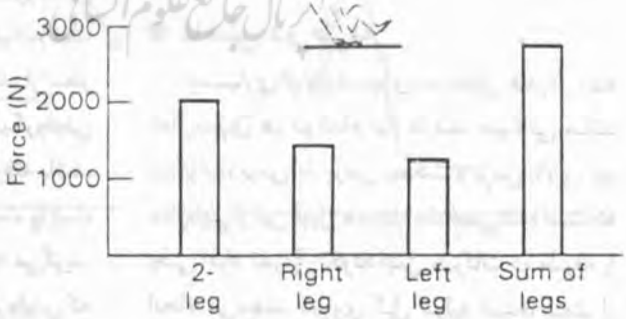
بسیاری از ورزشهای متداول قدرتی، به فعال‌سازی هر دو اندام نیاز دارند. حرکاتی مانند اسکوآت، پرس پا، پرس نیمکت و پرس بالای سر مثالهایی از این قبیل هستند. مشخص شده است که وقتی افراد تمرین نکرده این حرکات دو طرفه را انجام می‌دهند، نیروی کل تولید شده، کمتر از مجموع نیروهای تولید شده توسط عملکرد اندام راست و چپ بتنهایی است (هنری و اسمیت ۱۹۶۱

- کویل و همکاران ۱۹۸۱ - اوتسوکی ۱۹۸۱ - و اندر ورت و همکاران ۱۹۸۴ و ۱۹۸۷ - ون سوئست و همکاران ۱۹۸۵ - هووارد و انوکا ۱۹۸۷).

این کاهش دو طرفه (شکل ۸) با کاهش IEMG در عضلات موافق، در مقایسه به عضلات فعال مشابه در شرایط یک طرفه همراه است (اوتسوکی ۱۹۸۳ - واندر ورت و همکاران ۱۹۸۴ - هووارد




شکل ۸ - الف) - کاهش دو طرفی همراه با تمرینات دو طرفی کاهش می‌یابد.




شکل ۸ - ب - کاهش دو طرفی

وانوکا ۱۹۸۷). کاهش دو طرفه در بعضی حرکات نسبت به حرکات دیگر بیشتر است (واندر ورت و همکاران ۱۹۸۷) و امکان دارد در بعضی از حرکات دیگر، اصلاً وجود نداشته باشد (کدول ۱۹۶۵).

در ورزشکارانی که با حرکات دوطرفه تمرین می‌کنند، ممکن است کاهش دو طرفه پدید نیاید. برای مثال، کاهش دو طرفه در پارو زنان کم است و یا اصلاً وجود ندارد. حتی بسیاری از آنان در شرایط دو طرفه، از شرایط مجموع یک طرفه بهتر عمل می‌کنند (شکل ۸). در وزنه‌بردارها نیز به همین صورت است، در حالی که دوچرخه‌سواران که با حرکات متناوب یا متقابل تمرین می‌کنند، کاهش دو طرفی را نشان می‌دهند (هووارد و انوکا ۱۹۸۷). حتی مطالعات تمرینی کوتاه‌مدت نیز کم‌کردن کاهش دو طرفی را نشان داده است (انوکا ۱۹۸۸). بنابراین، کم کردن یا حذف کاهش دو طرفی می‌تواند به عنوان یک سازگاری عصبی با تمرینات قدرتی - که باعث افزایش توانایی فعالیت عضلات در حرکات دو طرفه می‌شود - در نظر گرفته شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## ● سرعت توسعهٔ نیرو

در بخشهای قبلی، در مورد چگونگی افزایش فعالیت عضلات موافق که می‌توانست قدرت را افزایش دهد، بحث شد. بحث مهم دیگر در مورد عملکردهای یک ورزشکار، توانایی توسعهٔ نیرو با سرعت هر چه تمامتر است. در بسیاری از ورزشکاران، حرکات، تنها در قسمتی از ثانیه انجام میشود. در این حرکات، سرعت بالا در توسعهٔ نیرو، عامل مهمی برای موفقیت است. برای مثال، نشان داده شده که پرش‌کننده‌های اسکی در اوج نیروی بازکنندهٔ ساق پا هیچ برتری نسبت به تمرین‌نکرده‌ها ندارند. اما پرش‌کننده‌ها قادر بودند اوج نیروی خودشان را سریعتر به دست آورند. (کومی ۱۹۸۴).

**در بسیاری از ورزشکاران، حرکات، تنها در قسمتی از ثانیه انجام می‌شود. در این حرکات، سرعت بالا در توسعه نیرو عامل مهمی برای موفقیت است.**

یک پدیدهٔ وابسته به این موضوع، در اصطلاح، «ویژگی سرعت در تمرین قدرتی» نامیده می‌شود. تمرین با حرکات سریع، قدرت را در سرعتهای بالا، بیشتر از قدرت در سرعتهای پایین افزایش می‌دهد، و برعکس (کای اوز و همکاران ۱۹۸۱ - کویل و همکاران ۱۹۸۱ - کانه هیسا و میاشیتا ۱۹۸۳ - داچاتی و هاینات ۱۹۸۴ - روسلر و همکاران ۱۹۸۶ - ناریسی و همکاران ۱۹۹۰).

بخشی از ویژگی سرعت در تمرین می‌تواند تغییرات سازشی عضلات (مانند افزایش در سرعت کوتاه شدن حداکثر) بعد از تمرینات سریع باشد (داچانی و هاینات ۱۹۸۴). اما شواهدی نیز امکان درگیر شدن سازگاریهای عصبی را نشان می‌دهند. برای مثال، تمرین کردن پرش انفجاری باعث افزایش ویژه در سرعت شروع فعالیت واحد حرکتی می‌شود. به وسیلهٔ الکترومیوگرافی سطحی نشان داده شده که در ویژگی سرعت، مکانیزمهای احتمالی مختلفی می‌توانند مشارکت داشته باشند (هاکینن و همکاران ۱۹۸۵). سازماندهی و فرمان مرکزی برای عملکرد جهشی و سریع یک عضله، با موقعی که آن عضله عملکرد آهسته دارد، فرق می‌کند (دسمت و گوداگس ۱۹۷۹) این اختلاف می‌تواند با تمرینات کم‌سرعت و سریع بارز شود.

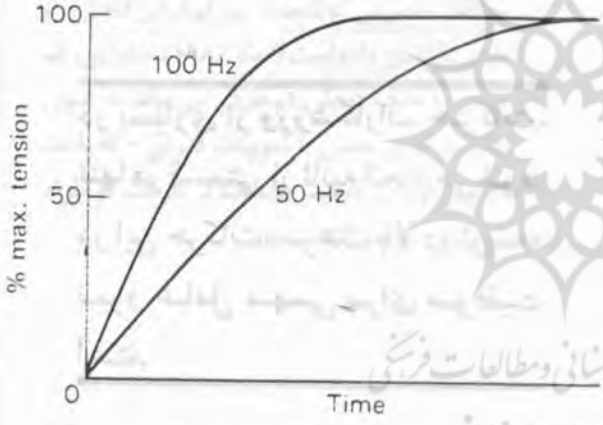
عضلات موافق، تنها قبل از عملکرد جهشی است که یک خاموشی پیش حرکتی (PMS) نشان می‌دهند؛ یعنی هیچگونه واحد حرکتی فعال در آنها حضور ندارد و یا تعداد کمی از آنها حضور دارند. خاموشی پیش حرکتی (PMS)، بیشتر در کوششهای جهشی حداکثر اتفاق می‌افتد؛ اما همیشه وجود ندارد. خاموشی پیش حرکتی ممکن است یک مورد اکتسابی باشد تا یک واکنش خودکار به وظایف جهشی (مورتیمر و همکاران ۱۹۸۷) و این احتمال را به وجود می‌آورد که افزایش تواتر در رخداد خاموشی پیش‌حرکتی ممکن است یک سازگاری عصبی با تمرینات با سرعت بالا باشد.

خاموشی پیش حرکتی ممکن است سرعت توسعهٔ نیرو و اوج نیروی عملکردهای جهشی را به دو روش افزایش دهد. دورهٔ خاموشی کوتاه‌مدت ممکن است تمام نرونهای حرکتی را به یک حالت

غیرمقاوم درآورد و موجب شود که تمام آنها برای به کارگیری و شرکت در حداکثر سرعت تحریک ممکن، آماده شوند. خاموشی (آرامش) پیش حرکتی همچنین ممکن است از طریق ایجاد یک چرخه کوتاه‌مدت کششی - انقباضی، سرعت توسعهٔ نیرو و اوج نیروی عملکرد جهشی پس از آن را افزایش دهد (والتر ۱۹۸۸).

**ورزشکارانی که عضلهٔ چهار سر ران هیپروتروفی شده‌ای داشتند، نسبت به گروه کنترل در هنگام باز کردن زانو به روش ایزوکنیتکی انقباض همزمان خم‌کننده‌های زانو آهسته‌تری داشتند.**

اهمیت سرعت تحریک نرون حرکتی به تولید نیروی یک واحد حرکتی قبلاً اشاره شده است تا یک تواتر معین. افزایش در سرعت، تحریک نیروی انقباضی را افزایش می‌دهد؛ اما ثبت الکترومیوگرافی از واحدهای حرکتی مفرد نشان داده است که در انقباضهای ارادی حداکثر، ممکن است واحدهای حرکتی شروع به تحریک در سرعتی بیشتر از مقدار مورد نیاز برای به دست آوردن حداکثر انقباض ایزومتریکی کنند. برای مثال، واحدهای حرکتی ممکن است با سرعت ۱۰۰ تکان در ثانیه (۱۰۰ هرتز) برای حدود تقریباً ۱۰۰ هزارم ثانیه در شروع یک انقباض حداکثر تحریک شوند. حتی اگر نیروی حداکثر ایزومتریکی بتواند در یک ساعت تحریک ۵۰ تکانه در ثانیه نیز کسب شود (گریمبی و همکاران ۱۹۸۱). به هر حال، سرعت بالاتر یعنی ۱۰۰ هرتز سرعت توسعهٔ نیرو را افزایش خواهد داد (شکل ۹).

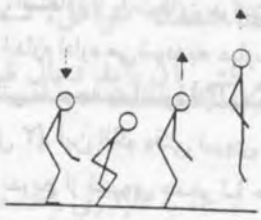


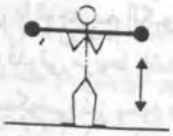

شکل ۹ - اثر تحریک پرتواتر در میزان توسعهٔ نیرو

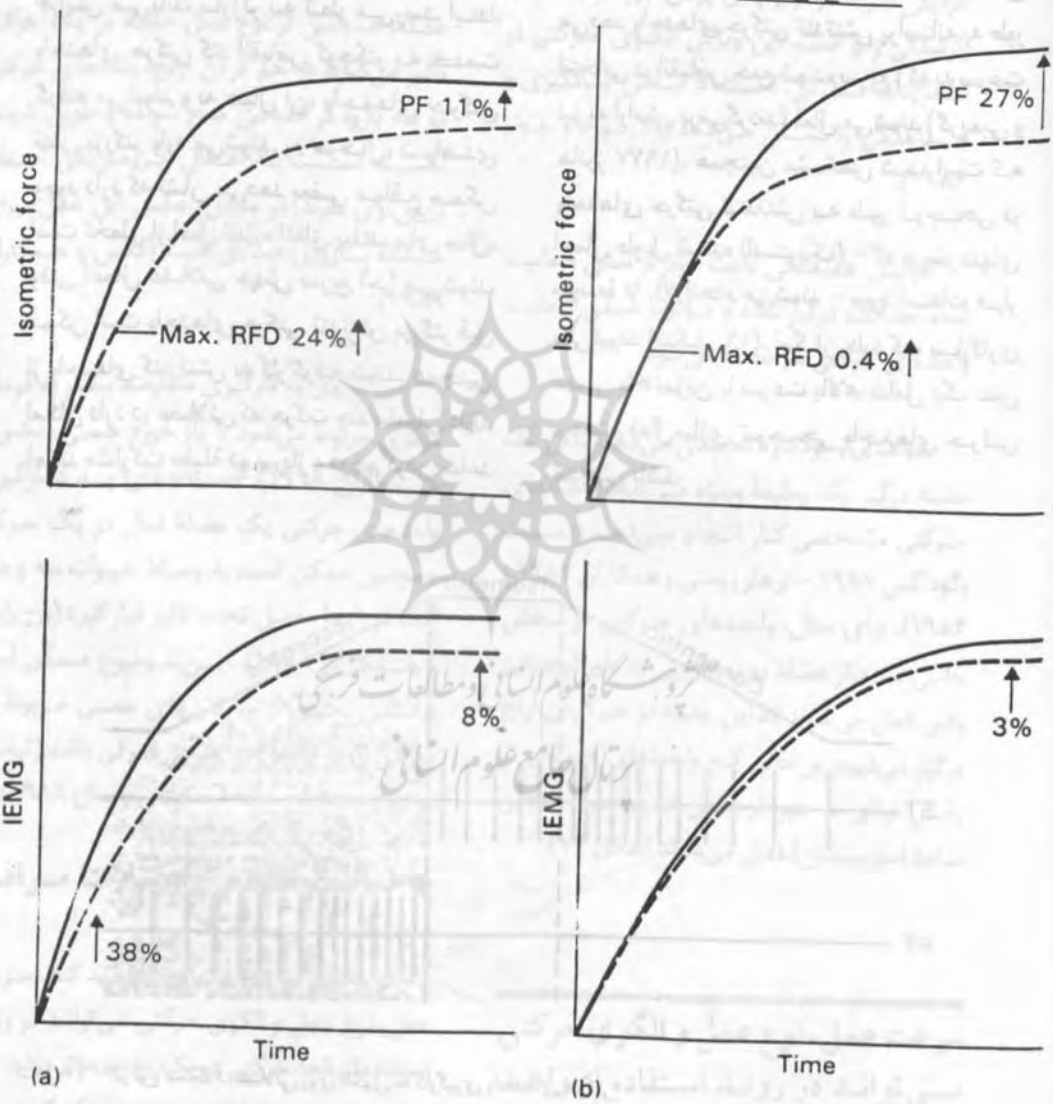
بالاترین سرعت تحریک واحد حرکتی در عملکردهای جهشی، حداکثر تا ۱۲۰ هرتز ثبت شده است (دسمت و گوداگس ۱۹۷۷). یکی از سازگاریهای عصبی با تمرینات خیلی سریع، ممکن است توانایی به دست آمده برای افزایش سرعت تحریک حداکثر واحد حرکتی در حرکات جهشی باشد.

**در انقباضات قوی، انقباض عضلات مخالف ممکن است در حفظ استحکام مفصل به لیگامنتها کمک کنند.**

افزایش در حداکثر سرعت تحریک واحد حرکتی، علتی است برای شروع سریعتر الکترو میوگرافی مشاهده شده بعد از تمرین پرشی انفجاری (شکل ۱۰).





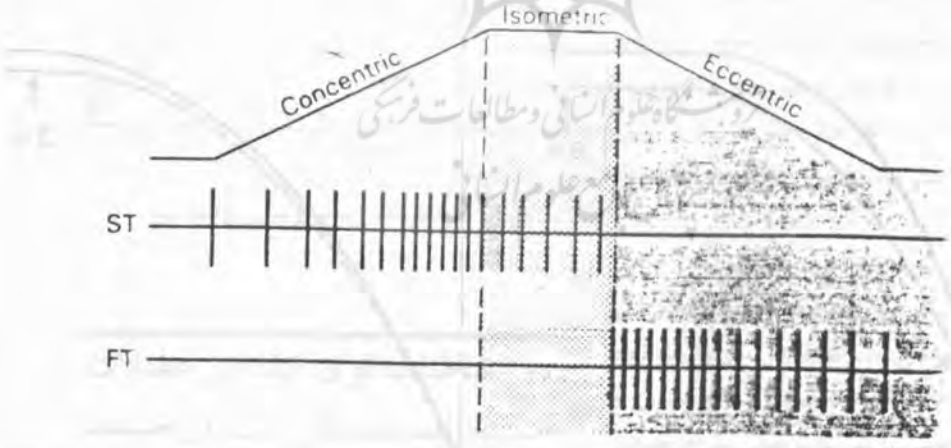



شکل ۱۰ - اثر تمرینی پرش انفجاری و قدرتی سنگین روی قدرت ایستا و فعال شدن واحد حرکتی (IEMG)

## ● به کارگیری انتخابی واحدهای حرکتی در عضلات موافق

به طورکلی، استفاده از واحدهای حرکتی در یک عضله با اصل اندازه اداره می‌شود؛ به عبارت دیگر، واحدهای حرکتی با توجه به اندازهٔ آنها به کارگرفته می‌شوند (شکل ۲). این الگو وقتی نیروی انقباض یک عضله به تدریج از نیروی صفر تا حداکثر افزایش می‌یابد، بارزتر به نظر می‌رسد. ابتدا، واحدهای حرکتی کند انقباض کوچکتر به خدمت گرفته می‌شوند و به دنبال آن، واحدهای حرکتی تنش بزرگتر وارد می‌شوند. به هرحال، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد بعضی مواقع ممکن است تخطی از اصل اندازه اتفاق بیفتد. برای مثال، وقتی اعمال عضلانی جهش سریع اجرا می‌شوند، ممکن است واحدهای حرکتی تندتنش بزرگتر قبل از واحدهای کند تنش به کار گرفته شوند. همچنین امکان دارد در عضلاتی که حرکت چند مفصلی دارند (مانند مشارکت عضلهٔ دو سرباز و درخم کردن ساعد و چرخش خارجی ساعد)، فعال شدن زیر مجموعهٔ مشخصی از واحدهای حرکتی به طور انتخابی حرکات ویژه‌ای را انجام دهند. این دو انحراف از اصل اندازه می‌توانند به طور قابل توجهی به سازگاریهای عصبی با توجه به الگوی حرکتی و سرعت در تمرینات قدرتی مربوط باشد.

اگرچه شواهد معکوسی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد واحدهای حرکتی تندتنش پرآستانه به طور انتخابی در انقباض جمع شونده سریع (که به سرعت نیز به آرامش برمی‌گردند) فعال می‌شوند (گریمبی و هانرز ۱۹۷۷). همچنین مشخص شده است که واحدهای حرکتی تندتنش به طور ترجیحی در اعمال طویل شونده (اسنتریک) - که در سرعتهای متوسط تا بالا انجام می‌شوند - مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۱۱). امکان دارد که سازگاری عصبی با «تمرین با سرعت بالا»، شامل یک عمل برجستهٔ فعال‌سازی ترجیحی واحدهای حرکتی تندتنش باشد.




شکل ۱۱ - اثر نوع عملکرد عضلانی روی الگوی به کارگیری واحدهای حرکتی

## ● ویژگی الگوی حرکتی

اغلب در مطالعات تمرین قدرتی مشاهده شده است که افزایش در قدرت بستگی به میزان شباهت آزمون قدرت به ورزش تمرین شده دارد (سال و مک داگال ۱۹۸۱). برای مثال، تمرین حرکت اسکوات‌پا به منظور افزایش در حداکثر قدرت خیلی بیشتر از افزایش قدرت در آزمونهای پرس ایزومتر یک پا یا بازشدگی زانو است. این ویژگی الگوی حرکتی در تمرینات قدرتی، احتمالاً نقش یادگیری و هماهنگی را نشان می‌دهد (رادرفورد و جونز ۱۹۸۶).

افزایش هماهنگی باعث مؤثرتر شدن فعالیت تمام عضلات درگیر شده و مؤثرتر شدن فعالیت واحدهای حرکتی هر عضله می‌شود.

شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد، وقتی یک عضله درگیر یک وظیفهٔ ویژه می‌شود، واحدهای حرکتی مشخصی کار انجام می‌دهند (دسمت وگوداگس ۱۹۸۱ - ترهار رومنی و همکاران ۱۹۸۲ و ۱۹۸۴). برای مثال، واحدهای حرکتی در بخش جانبی سر دراز عضلهٔ دو سربازویی به طور ترجیحی وقتی فعال می‌شوند که این عضله در خم کردن آرنج درگیر می‌شود، در حالی که واحدهای حرکتی در بخش میانی به طور ترجیحی در چرخش خارجی ساعد (سوپینیشن) فعال می‌شوند (شکل ۱۲).

**سرعت عمل، نوع عمل و الگوی حرکتی می‌تواند در روند استفاده از واحد حرکتی در یک عضله مؤثر باشد.**

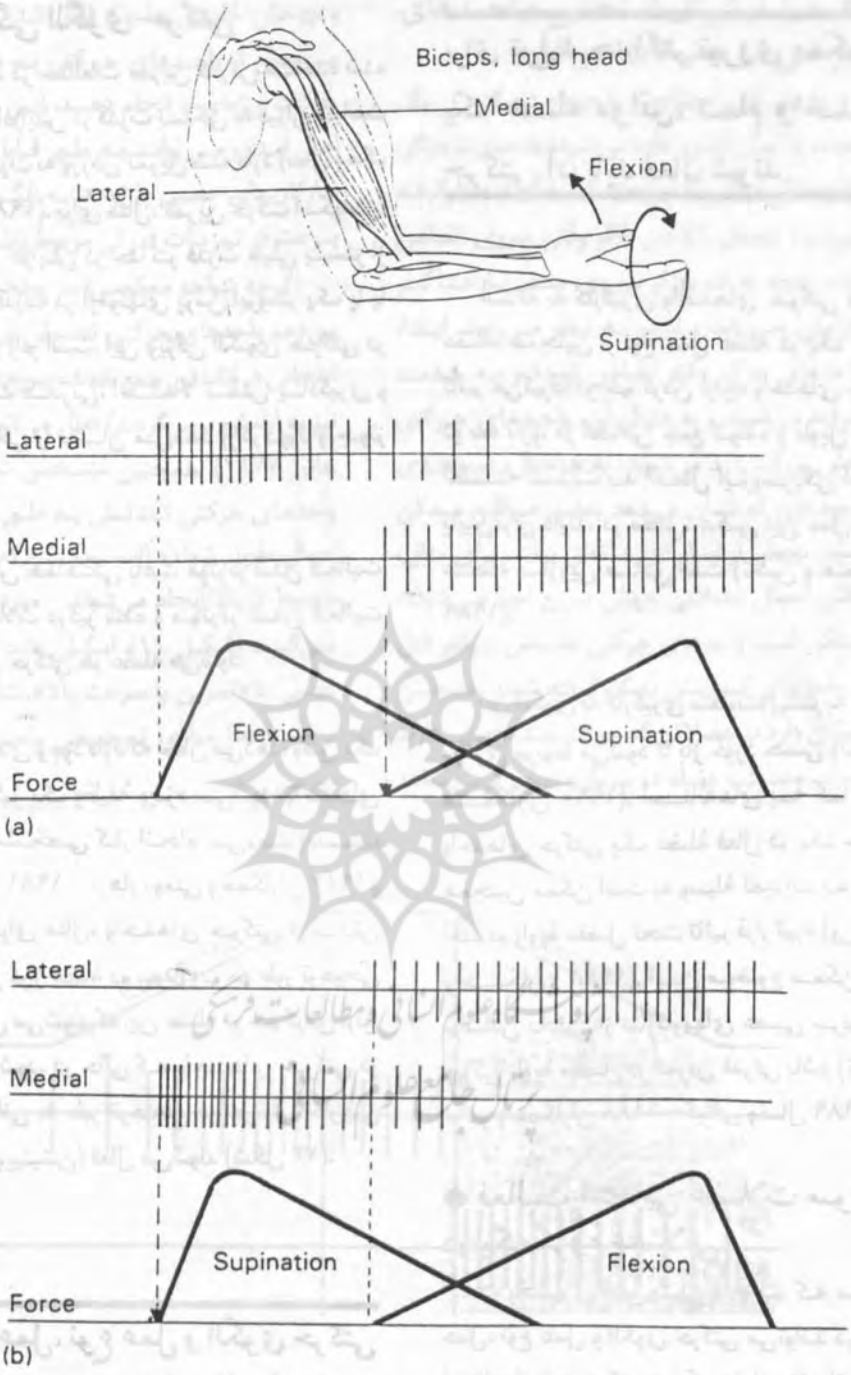
**برای تولید حداکثر نیروی ممکن در یک عضله موافق، تمام واحدهای حرکتی آن باید فعال شوند.**

آستانه به کارگیری واحدهای حرکتی در یک عضله، همچنین از نوع عمل عضله در یک حرکت تأثیر می‌گیرد. در خم کردن آرنج، واحدهای حرکتی دو سه بازو، در انقباض جمع شونده و طویل شوندهٔ آهسته نسبت به اعمال ایزومتریکی آستانهٔ پایین‌تری دارند. در مقابل، عکس این عمل برای عضلهٔ بازویی صادق است (تکس و همکاران ۱۹۸۹).

این الگوی به کارگیری متفاوت، بیشتر به فرمان مرکزی مربوط می‌شود تا باز خورد حسی (تکس و همکاران ۱۹۹۰). آستانه‌های به کارگیری واحدهای حرکتی یک عضلهٔ فعال در یک حرکت همچنین ممکن است به وسیلهٔ تغییرات به وجود آمده در زاویهٔ مفصل تحت تاثیر قرار گیرد (ون زایلن و همکاران ۱۹۸۸). این موضوع ممکن است براساس بخشی از سازگاریهای عصبی مربوط به ویژگی زاویهٔ مفصل در تمرین قدرتی باشد (تپات - ماتیو و همکاران ۱۹۸۸ - کیتای و سال ۱۹۸۹).

## ● فعالیت انتخابی عضلات موافق در یک گروه عضلانی

در بخشهای قبلی نشان داده شد که سرعت عمل، نوع عمل و الگوی حرکتی می‌توانند در روند استفاده از واحد حرکتی در یک عضله مؤثر باشد. این موضوع در مورد عضلات موجود در یک گروه نیز صادق است. بعضی عضلات در یک گروه عملکردی

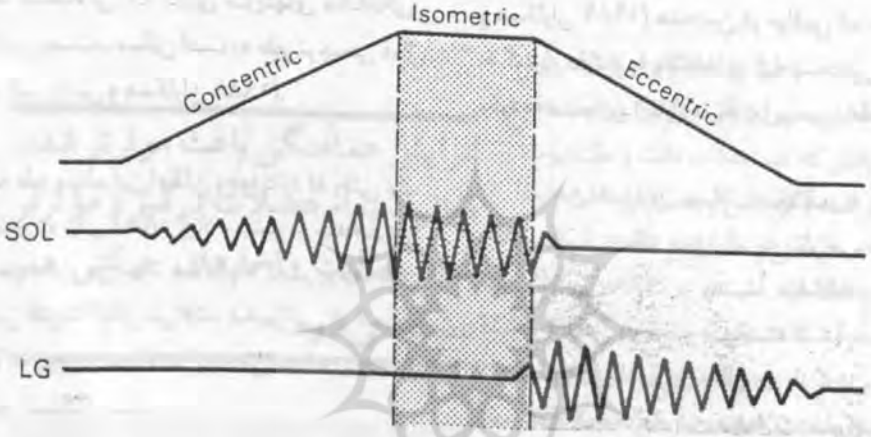



شکل ۱۲ - اثر الگوی حرکتی روی به کارگیری واحدهای حرکتی

ممکن است به طور ترجیحی پیش از دیگران و با توجه به سرعت و نوع عمل و الگوی حرکتی فعال شوند. بنابراین، بعضی سازگاریهای عصبی، تمرین قدرتی، ممکن است شامل تناوب در نوع فعال شدن ترجیحی عضلات در یک گروه باشد.

**افزایش در سرعت، تحریک نیروی انقباضی را افزایش می‌دهد.**

در حرکات جهشی نیز عضلهٔ دوقلو مقدم بر عضلهٔ نعلی فعال می‌شود (موریتانی و همکاران ۱۹۹۰). در اعمال انقباضی طویل شونده و جمع شونده برای تولید نیروی ملایم، عضلهٔ نعلی نخست در مراحل جمع‌شونده فعال می‌شود؛ در حالی که عضلهٔ دوقلو به طور ترجیحی در مرحلهٔ طویل شونده فعال می‌شود (شکل ۱۳) که هر چه سرعت طویل شدن بیشتر باشد، این عمل برجسته‌تر می‌شود (ناردون و شیپانی ۱۹۸۸).




شکل ۱۳ - اثر نوع عملکرد روی فعال‌سازی عضلات همکار

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## ● ویژگی نوع عمل و سرعت

عضلات سریع، یعنی آنهایی که نسبت واحدهای حرکتی تند تنش آنها بیشتر است، امکان دارد به طور ترجیحی پیش از عضلات آهسته در اجرای حرکات خیلی سریع فعال شوند. مشاهدهٔ این امر در مورد انسان، تنها محدود به عضلات دو قلو و نعلی ساق پا بوده است. در حرکت پدال زدن خیلی سریع روی دوچرخهٔ ثابت، عضلهٔ دوقلو متورم بر عضلهٔ نعلی - فعال می‌شود (راچاتی و همکاران ۱۹۸۶).

## ● ویژگی الگوی حرکتی

در عضلاتی که در یک مفصل عمل می‌کنند، فعل و انفعالات خیلی پیچیده‌ای وجود دارد (با چانان و همکاران ۱۹۸۹). فعال شدن نسبی و هماهنگی یک عضله وظیفهٔ ویژه‌ای است (تکس و همکاران ۱۹۹۰) و سیستم عصبی مرکزی ممکن است گروههایی را که شامل بخشهایی از عضلات مختلف می‌شود، فعال کند (لئوب ۱۹۸۵). برای مثال، مفصل آرنج عضلهٔ دو سرباز و در حرکات پویا، نسبت به عضلهٔ بازویی آمادگی فعال شدن بیشتری

دارد؛ در حالی که عکس این قضیه برای اعمال ایزومتریکی صادق است (تکس و همکاران ۱۹۸۹).

فعالیت عضلاتی که در مفاصل زانو و ران عمل می‌کنند، با توجه به اینکه در حرکات تک مفصلی یا چندمفصلی درگیر شوند، تفاوت می‌کند (یاماشیتا ۱۹۸۸).

مشارکت نسبی عضلات در سرتاسر دامنه حرکتی به زاویه مفصل بستگی دارد. در یک زاویه ویژه، عضلاتی که دارای مزیتهای مکانیکی بزرگتری هستند، ممکن است به طور ترجیحی فعال شوند (ون زایلن و همکاران ۱۹۸۸).

به طور مسلم این امکان وجود دارد که وقتی یک حرکت ویژه برای دفعات زیاد و بیشتر از چند هفته یا چند ماه تکرار می‌شود، همانگونه که در برنامه‌های تمرینی قدرت اتفاق می‌افتد، تغییراتی در فعل و انفعالات پیچیده عضلات ایجادمی‌شودکه نتیجه آن افزایش عملکرد است.

**استفاده از واحدهای حرکتی در یک عضله با اصل اندازه اداره می‌شود؛ به عبارت دیگر واحدهای حرکتی با توجه به اندازه آنها به کار گرفته می‌شوند.**

## ● انقباض همزمان عضلات مخالف

انقباض عضلات موافق (حرکت‌دهنده‌های اصلی در یک عمل) ممکن است با انقباض همزمان عضلات مخالف خود (عضلاتی که نیرو و حرکت را در خلاف مسیر تولید می‌کنند) همراه شوند.

این انقباض همزمان عضلات مخالف کاملاً متداول است؛ به ویژه وقتی که انقباض عضلهٔ موافق قوی و سریع است. (فروند و بادینگن ۱۹۷۸ - اسمیت ۱۹۸۱ - بارتا و همکاران ۱۹۸۸ - کورکاس و همکاران ۱۹۸۹) همچنین در مواقعی که عمل نیاز به کنترل دارد و یا وظیفه‌ای که شخص تمرین نکرده است، این اتفاق می‌افتد (پرسون ۱۹۵۸).

انقباض همزمان عضلات مخالف، به ویژه در وظایف قدرتی، یک عمل زائد به نظر می‌رسد زیرا تولید گشتاور مخالف به وسیلهٔ عضلات مخالف، گشتاور خالص در مسیر خواسته شدهٔ حرکتی را کاهش خواهد داد. برای مثال، در باز کردن حداکثر زانو، عضلات مخالف که عضلات خم‌کنندهٔ زانو هستند، گشتاوری، در حدود ۱۰درصد گشتاور عضلات بازکنندهٔ را تولید می‌کنند (بارتا و همکاران ۱۹۸۸). همچنین شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد انقباض همزمان عضلات مخالف ممکن است به وسیلهٔ مهار متقابل معیوب شود و توانایی فعال شدن کامل عضلات موافق حاصل گردد (تایلر وهاتون ۱۹۸۶).

پس، عملکرد همزمان عضلات مخالف برای چیست؟

در انقباضات قوی، انقباض عضلات مخالف ممکن است در حفظ استحکام مفصل به لیگامنتها

کمک کنند (بارتا و همکاران ۱۹۸۸). انقباض همزمان عضلات مخالف ممکن است بخشی از هماهنگی حرکتی باشد. برای مثال، در چرخش خارجی دست (سوپینیشن)، عضلهٔ دو سربازو، یک عضلهٔ موافق است. عضلهٔ دو سربازو همچنین در مورد خم کردن آرنج نیز عمل می‌کند. برای جلوگیری از خم شدن ناخواستهٔ آرنج، عضلهٔ سه سرپشت بازو (عضلهٔ مخالف) باید برای خنثی کردن گشتاور خم شدن آرنج فعال شود (وَن زیلن و همکاران ۱۹۸۸ - جانگن و همکاران ۱۹۸۹).

انقباض همزمان عضلات مخالف در عملکردهای خیلی سریع (انفجاری) برجسته هستند؛ یعنی وقتی که استحکام، دقت و مکانیزم توقفی ایجاد می‌کنند (کورکاس و همکاران ۱۹۸۹ - لستیئن ۱۹۷۹ - مارسدن و همکاران ۱۹۸۳ - ویدز بیکا و همکاران ۱۹۸۶).

در نهایت، بازداری ظاهراً زیان‌آور عضلات موافق که به وسیلهٔ انقباض همزمان عضلات مخالف پدید می‌آید، ممکن است مکانیزمی حمایت کننده در فعالیت‌هایی باشد که از انقباضهای سریع و قوی برخوردارند (تایلر و هاتون ۱۹۸۶).

مطالعات محدودی اثر تمرین روی الگوی انقباض همزمان عضلات مخالف را بررسی کرده‌اند. در یک مطالعهٔ موردی نشان داده شد که در عمل باز کردن زانو با سرعت خیلی زیاد، دوندگان سرعتی نسبت به دوندگان استقامتی انقباض همزمان عضلات مخالف آنها بیشتر است (شکل ۱۴). در مقابل، ورزشکاران قدرتی و سرعتی نسبت به استقامتی‌ها انقباض همزمان کمتری در خم‌کننده‌های زانو در هنگام بازکردن آهسته زانو دارند (اُسترینگ و همکاران ۱۹۹۰).

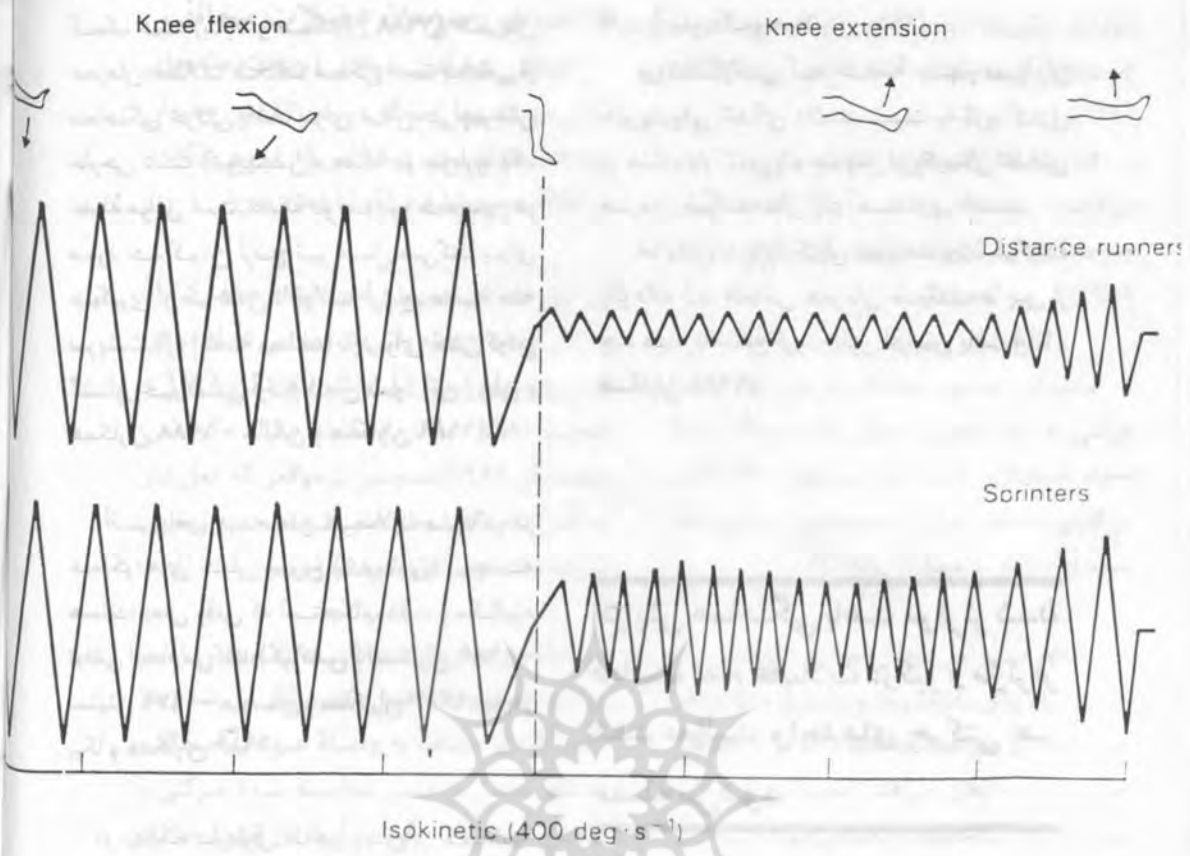
ورزشکارانی که عضلهٔ چهار سر ران هیپروتروفی شده‌ای داشتند، نسبت به گروه کنترل در هنگام باز کردن زانو به روش ایزوکنیتکی انقباض همزمان خم‌کننده‌های زانو آهسته‌تری داشتند.

اما وقتی به ورزشکاران تمرینات ویژهٔ خم‌کنندهٔ زانو داده شد، انقباض همزمان خم‌کننده‌ها پس از چند هفته تا سطح گروه کنترل افزایش یافت (باتا و همکاران ۱۹۸۸).

**افزایش هماهنگی باعث موثرتر شدن فعالیت تمام عضلات درگیر و مؤثرتر شدن فعالیت واحدهای حرکتی هر عضله می‌شود.**

**در انقباضات قوی، انقباض عضلات مخالف ممکن است در حفظ استحکام مفصل به لیگامنتها کمک کنند.**

به هر حال، تحقیقات بیشتری نیاز است تا نقشهای متناوب انقباضهای همزمان عضلات مخالف را به عنوان سازگاریهای عصبی به تمرین قدرتی روشن سازد.




شکل ۱۴ - ارائه طرح شماتیک از الکترومیوگرافی خم کردن زانو هنگام بازکردن سریع و خم کردن سریع زانو به وسیله یک دستگاه نیروسنج ایزوکنیتکی.

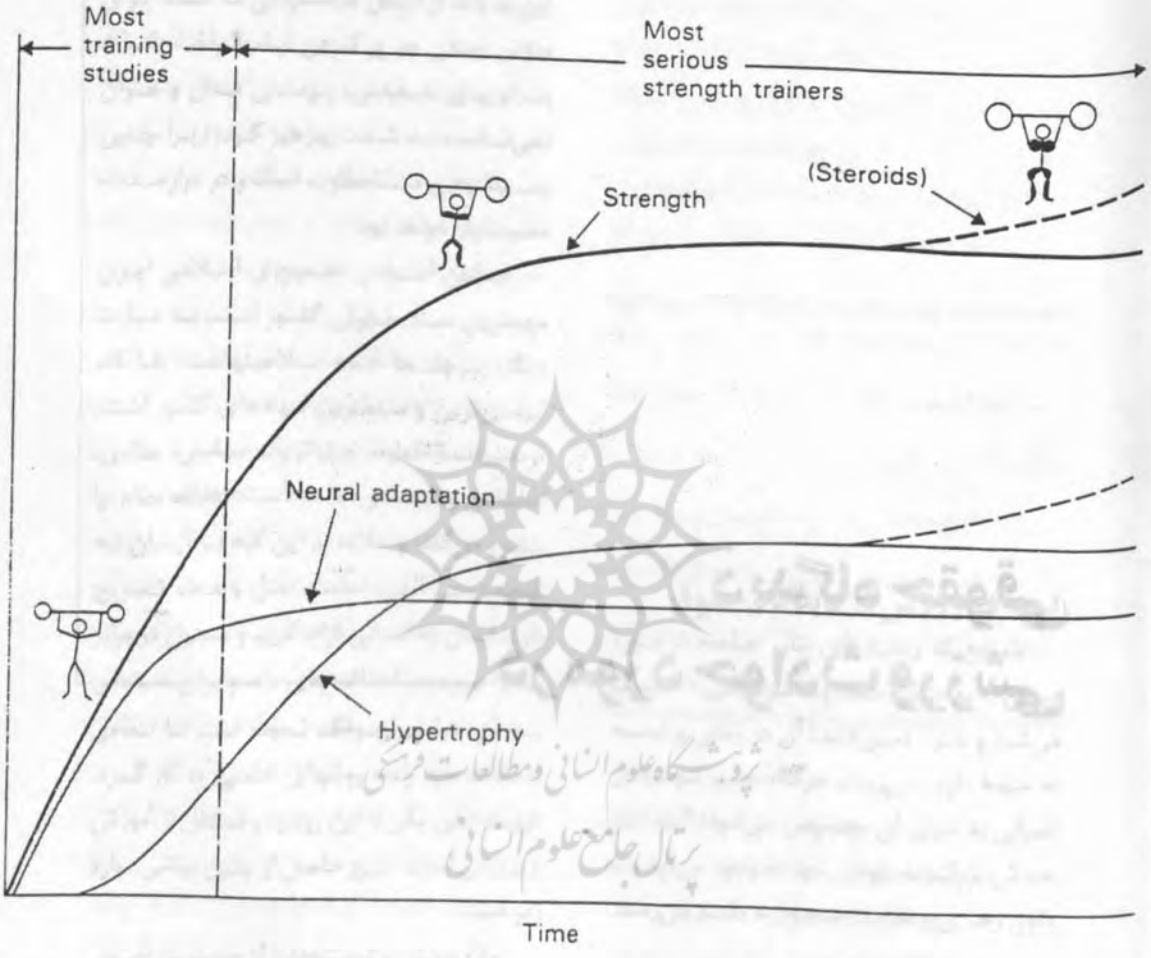
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## نتیجه:

هیچ شکی نیست که سازگاری عصبی در سازگاری تمرین قدرتی نقش مهمی ایفا می‌کند. وقتی یک تمرین ورزشی جدید در داخل یک برنامه طراحی می‌شود، سازگاری عصبی در چندین هفتهٔ اول تمرین - که ورزشکار هماهنگی لازم را برای اجرای ورزش با کارایی بیشتر به دست می‌آورد - برجسته خواهد شد. ممکن است نیاز به دوره‌های تمرینی طولانی‌تری وجود داشته باشد تا بتوان سازگاریهای دیگری مانند توانایی به برانگیختن واحدهای حرکتی در سرعتهای خیلی بالا برای به دست آوردن حداکثر سرعت توسعهٔ نیرو کسب کرد؛ البته در هنگام بی‌تمرینی، با سرعت بیشتری از دست می‌روند.

در یک دورهٔ طولانی چند ماهه و حتی شاید سالانه، توانایی کسب سازگاریها در عضله ممکن است عامل محدودکننده‌ای برای توسعهٔ بیشتر در

عملکرد باشد (شکل ۱۵). نقش سیستم عصبی حتی در این مرحله نباید فراموش شود. سازگاریهای ایجاد شده در عضله مانند افزایش قدرت یا سرعت توسعهٔ نیرو خیلی به روش تمرینی بستگی دارد که به وسیلهٔ آن سیستم عصبی درگیر شده است.




پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۱۵ - نقش نسبی سازگاری عصبی و عضلانی در تمرینات قدرتی