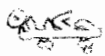


در این مقاله به بررسی تطابق‌های عصبی-عضلانی در فرآیند یادگیری حرکتی پرداخته می‌شود. تمرین‌های اختصاصی (Specificity) و سازگاری‌های اختصاصی به نیازهای تحمیلی (SAID) تطابقات فراوانی در داخل عضله در پاسخ به تمرین‌های قدرتی رخ داده که سه دسته اصلی آنها شامل: تطابق عصبی، تطابق عضلانی و تطابق متابولیک است. مقدم‌ترین این سازگاری‌های ذکر شده، تطابق عصبی است.

در این مقاله، ابتدا به بحث در مورد نظریه‌های مختلفی که تاکنون در زمینه مکانیسم‌های احتمالی سازگاری عصبی ارائه شده‌اند، پرداخته می‌شود و ارتباط زمانی تطابق عصبی و عضلانی و عوامل مؤثر بر آنها در اشخاص سالم و بیمار، به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. تشریح اصول حاکم بر تمرین‌های قدرتی و مضرات این تمرین‌ها از دیدگاه فیزیوتراپی، آخرین دست آورد این مقاله خواهد بود.

تطابق یا سازگاری عصبی



طبق اصول «اختصاصی بودن تمرین (Specificity)» و «سازگاری‌های اختصاصی به نیازهای تحمیلی (SAID)» تطابقات فراوانی در داخل عضله در پاسخ به تمرین‌های قدرتی رخ داده که سه دسته اصلی آنها شامل: تطابق عصبی، تطابق عضلانی و تطابق متابولیک است. مقدم‌ترین این سازگاری‌های ذکر شده، تطابق عصبی است.

در این مقاله، ابتدا به بحث در مورد نظریه‌های مختلفی که تاکنون در زمینه مکانیسم‌های احتمالی سازگاری عصبی ارائه شده‌اند، پرداخته می‌شود و ارتباط زمانی تطابق عصبی و عضلانی و عوامل مؤثر بر آنها در اشخاص سالم و بیمار، به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. تشریح اصول حاکم بر تمرین‌های قدرتی و مضرات این تمرین‌ها از دیدگاه فیزیوتراپی، آخرین دست آورد این مقاله خواهد بود.

بهنام اخباری

مربی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

دکتر اسماعیل ابراهیمی تکامجانی

دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ایران

واژگان کلیدی: سازگاری عصبی / تمرین قدرتی

مقدمه

هدف این مقاله، مروری بر تحقیقات و کتاب‌ها، در رابطه با تطابق عصبی نسبت به تمرین‌های قدرتی است. طبق اصل اختصاصی بودن تمرین (SAID)، تطابقات فراوانی در داخل عضله در پاسخ به تمرین‌های قدرتی روی می‌دهد که سه دسته اصلی آنها شامل: (الف) تطابق عصبی^(۱) (ب) تطابق فیزیولوژیکی و مورفوژیکی عضلانی، (مثل هیپرتروفی یا هیپرپلازی) (ج) تطابق متابولیک است. سایر تطابقات شامل، پاسخ‌ها و تطابقات آندوکراین، تطابق و پاسخ قلبی عروقی، پاسخ بافت همبند و استخوان، مسیر زمانی تطابق^(۲) است که در این مقاله مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

تطابق عصبی

با ۳ یا ۶ ماه تمرین مقاومتی، ۲۵ تا ۱۰۰ درصد افزایش قدرت را می‌توان مشاهده کرد. (۱) تطابق عصبی در مرحله اولیه بیشتر رخ می‌دهد و عبارت است از هم‌آهنگی الگوهای بسیج عضلات فعال شده؛ در این حالت، مهار عصبی در داخل عضلات مزبور کاهش می‌یابد. تمرین قدرتی عامل افزایش آستانه‌ای است که در آن، اندام‌های وتری گلژی^(۳) تحریک می‌شوند، در نتیجه، حساسیت این ساز و کار محافظتی کاهش می‌یابد. این پدیده، عدم مهار^(۴) نامیده شده و موجب انقباض عضلانی بزرگ‌تری می‌شود. در مراحل میانی و نهایی تمرین، تطابق عضلانی رخ می‌دهد که ترجیحاً، هیپرتروفی عضله خواهد بود. (۲)

Enoka (۳) در سال ۱۹۸۸ به این نتیجه رسید که دستیابی به قدرت^(۵) بدون تطابق عصبی امکان‌پذیر نخواهد بود، در حالی که ممکن است بدون تغییرات ساختمانی نیز حاصل شود.

نظریه‌های مختلفی تاکنون در زمینه ساز و کارهای احتمالی تطابق عصبی ارائه شده است. نظریه اول در رابطه با افزایش فعالیت عضلات آگونیست از طریق هم‌زمانی واحدهای حرکتی آن^(۶) است. در واقع، هر قدر واحدهای حرکتی بیشتری برانگیخته شوند، نیرویی که توسط عضله تولید می‌شود، بیشتر خواهد بود. در مرحله اول تمرین، فرد قادر به بسیج واحدهای حرکتی با آستانه بالا از طریق کوشش ارادی حداکثر شده است که نهایتاً نیروی عضله افزایش می‌یابد. این واحدهای حرکتی با آستانه بالا، دارای فرکانس آتش یا فعال شدن بالایی^(۷) نیز هستند، بنابراین، حداکثر خروجی، نه تنها مستلزم بسیج تمام واحدهای حرکتی است، بلکه تمامی واحدهای حرکتی باید با فرکانس بالا فعال شوند تا حداکثر نیرو حاصل شود. به طور خلاصه، می‌توان گفت که این تئوری به بسیج

آن دسته از واحدهای حرکتی با آستانه بالا که قبل از تمرین‌های قدرتی وارد عمل نشده بودند، (یا افزایش فرکانس فعال شدن واحدهای مزبور) اشاره می‌کند.

میزان و کمیت EMG‌های ثبت شده (IEMG) پس از تمرین‌های قدرتی نظیر وزنه برداری (۴) اعمال ایزومتریک (۵) اعمال ایزوکاینتیک (۶) و پرش ناگهانی (۷) افزایش یافته و ثبت شده است. هم‌چنین، آنالیز در هنگام EMG انجام تمرین پلايومتریک، تطابق عصبی را نسبت به نیروهای کششی بالا نشان داده است. (۸) Reflex potentiation نیز روش دیگری برای مطالعات EMG در تمرین‌های قدرتی است. در این روش، پاسخ‌های رفلکسی EMG، هنگام انقباضات ارادی حداکثر به وجود می‌آید. هر چقدر کوشش ارادی و در نتیجه فعال شدن واحد حرکتی بیشتر باشد، پاسخ Reflex potentiation بزرگتر خواهد بود. (۹ و ۱۰) روش دقیق‌تر دیگر، کاربرد سوزن الکترومیوگرافی یا الکترودهای Fine wire است که اجازه ثبت واحد حرکتی منفرد را می‌دهد. این روش تاکنون در مورد تمرین‌های قدرتی به کار برده نشده و تنها در مطالعات خستگی و بی‌حرکتی مورد استفاده قرار گرفته است. (۱۱ و ۱۲)

نقص دو طرفه^(۸) به حالتی اطلاق می‌شود که در آن IEMG به دنبال کاربرد هم‌زمان هر دو اندام (چپ و راست) کاهش می‌یابد. (۱۳) این پدیده، در پاره‌ای از ورزش‌ها نظیر دوچرخه‌سواری و وزنه برداری بیشتر و در گروهی مثل پاروئی، کمتر است. تمرین‌های کوتاه مدت کاهش این پدیده را نشان داده است. (۱۴)

تمرین‌های با سرعت زیاد موجب افزایش قدرت در سرعت بالا در مقایسه با سرعت پایین می‌شود و بالعکس. (۶) به این پدیده اختصاصی بودن سرعت^(۹) در تمرین‌های تقویتی اطلاق می‌شود، به عنوان مثال، تمرین‌های پرش ناگهانی و انفجاری^(۱۰) موجب افزایش اختصاصی درصد شروع فعال شدن واحد حرکتی می‌شود.

در توجیه پدیده مزبور، اعتقاد بر این است که افزایش فرکانس بروز سکوت قبل از حرکت PMS^(۱۱) که در واقع به حداقل رسیدن یا از بین رفتن فعالیت واحد حرکتی، درست قبل از حرکات بالیستیک است، ممکن است تطابق عصبی در پاسخ به تمرین‌های با

1-Adaptation neural
3-GTO
5-Gain
7-High firing frequency
9-Velocity Specificity
11-Pre-Movement Silence

2-Time course of adaptation
4-Disinhibition
6-Motor unit synchronization
8-Bilateral deficit
10-Explosive

عکس این قضیه در هنگام اعمال ایزومتریک رخ می‌دهد. (۱۷) تک مفصلی یا چند مفصلی بودن حرکات و زاویه مفصلی (یا مزیت مکانیکی) نیز بر روی فعال شدن نسبی عضلات تأثیر می‌گذارند.

نظریه چهارم در مورد تطابق عصبی، هم انقباضی عضلات آنتاگونیست Co-contraction است. این پدیده، خصوصاً در مواردی که انقباض عضلات آگونیست قوی یا سریع بوده، یا وظیفه حرکتی نیازمند دقت است، یا در مورد افراد غیرورزشکار، بیشتر به چشم می‌خورد. (۲۰) در هنگام انجام حداکثر اکستانسیون زانو، عضلات آنتاگونیست خم کننده زانو، گشتاوری معادل ۱۰٪ کل گشتاور اکستانسوری تولید خواهند کرد. (۲۱) هنگام انقباضات قوی، انقباض عضلات آنتاگونیست به لیگامان‌ها، به حفظ ثبات مفصلی کمک خواهد کرد. هم‌چنین، پدیده هم انقباضی عضلات آنتاگونیست به عنوان بخشی از هم‌آهنگی حرکتی عمل می‌کند. به عنوان مثال، عضله دو سر بازویی دارای دو عمل خم کردن آرنج و سوپیناسیون ساعد است که برای جلوگیری از عمل فلکسوری آن در زمان سوپیناسیون ساعد، عضله تری سپس به عنوان خنثی کننده گشتاور فلکسوری وارد عمل می‌شود. (۲۲) پدیده هم انقباضی عضلات آنتاگونیست در اعمال با سرعت بالا و بالیستیک که نیازمند ثبات، دقت و ساز و کار ترمزی^(۵) است، بیشتر نمود پیدا می‌کند. (۲۰) هم‌چنین، این پدیده به عنوان یک مکانیسم محافظتی در انقباضات سریع یا قوی عمل می‌کند. (۲۳)

نظریه‌هایی در تطابق عصبی، نظریه asynchronous/synchronies است که در سال ۱۹۹۱ توسط Katch & Mc Ardle و Katch (۲۴) ارائه شده است. بر پایه این نظریه، الگوی فعال شدن واحدهای حرکتی بستگی به نوع تمرین انجام شده دارد. برای فعالیت‌های طولانی مدت، واحدهای حرکتی آهسته به طور غیرهم‌زمان بسیج می‌شوند، در حالی که، در تمرین‌های مقاومتی الگوی هم‌زمانی فعال شدن واحدهای حرکتی با الیاف نوع IIB به وقوع می‌پیوندد.

در موش‌ها، در پاسخ به تمرین‌های مقاومتی سنگین، تغییرات هیپرتروفیک محل اتصال عصبی عضلانی (وسیع شدن ناحیه سیناپسی) مشاهده شده است. (۲۵) از دیگر تطابقات عصبی مشاهده شده، مقاومت نسبت به خستگی عضلانی است. (۲۶) در واقع، با فعال شدن حداکثر کلیه واحدهای حرکتی، حفظ خروجی نیروی

سرعت بالا باشد. این رخداد (PMS) باعث قرارگرفتن تمام واحدهای حرکتی در یک وضعیت عدم تحریک پذیری^(۱) و نیز ایجاد چرخه کوتاه کشش - کوتاهی می‌شود. (۱۵)

نظریه دوم در مورد تطابق عصبی، بسیج انتخابی واحدهای حرکتی در عضلات آگونیست است که در واقع، به اصل اندازه^(۲) اشاره می‌کند. در حرکات سریع و بالیستیک و حرکات مربوط به عضلات دو یا چند مفصلی، این اصل ممکن است صدق نکند. هم‌چنین در انقباضات اکستریک با سرعت‌های متوسط یا بالا، بسیج واحدهای حرکتی تند انقباض زودتر رخ می‌دهد.

اختصاصی بودن الگوی حرکتی در تمرین‌های تقویتی نیز بیانگر نقش آموزش و یادگیری و هم‌آهنگی است. (۱۶) به عنوان مثال، افزایش قدرت در ورزشکارانی که تمرین چمباتمه زدن^(۳) را انجام داده‌اند، به مراتب واضح‌تر از تمرین ایزومتریک leg press بوده است. هم‌چنین نشان داده شده است که واحدهای حرکتی بخش خارجی سر دراز عضله دو سر بازویی در حرکت خم کردن آرنج و واحدهای حرکتی بخش داخلی همین عضله در سوپیناسیون ساعد، زودتر فعال می‌شوند. (۴)

در حرکت خم کردن آرنج، واحدهای حرکتی عضله دو سر بازویی در انقباضات کانستریک و اکستریک آهسته، در مقایسه با انقباض ایزومتریک، دارای آستانه پایین‌تر است در حالی که عکس این قضیه در مورد عضله براکیالیس صدق می‌کند. (۱۷) تغییرات زاویه مفصلی نیز از جمله عوامل مؤثر بر آستانه بسیج واحدهای حرکتی در طی یک حرکت و تمرین تقویتی به شمار می‌آید. (۱۸)

نظریه سوم در مورد تطابق عصبی، فعال شدن انتخابی عضلات آگونیست در یک گروه عضلانی است. فاکتورهایی نظیر سرعت، نوع و الگوی حرکت بر روی بسیج واحد حرکتی در داخل یک عضو مؤثر بودند. در مورد عضلات داخلی یک گروه عضلانی نیز صدق می‌کنند. به عنوان مثال، در تمرین دوچرخه ثابت با سرعت بالای پدال زدن عضله گاستروکنمیوس زودتر از عضله سولئوس، فعال می‌شود. (۱۹) در انقباضات کانستریک، عضله سولئوس و در انقباضات اکستریک، عضله گاستروکنمیوس (با اعمال نیروی متوسط) بیشتر فعال می‌شوند.

هم‌آهنگی و فعال شدن نسبی عضلات عمل کننده بر روی یک مفصل، اختصاص به نوع فعالیت (Task specific) دارد. به عنوان مثال، در مفصل آرنج، عضله دو سر بازویی در اعمال دینامیک بسیار سریع‌تر از عضله براکیالیس وارد عمل می‌شود، در حالی که،

1-Non-Refractory

3-Squat

5-Braking mechanism

2-Size principle

4-Prefential activation

لازم برای فعالیت فراهم و شروع خستگی به تعویق می‌افتد.

مفهوم نوینی در زمینه تمرین‌های پیشرفته عصبی عضلانی و افزایش کارآیی و قدرت عضلات با معرفی تمرین‌های پیچیده یا متضاد^(۱) یا به عرصه وجود نهاده است. (۲۷) این تمرین‌ها ترکیبی از کاربرد نیروهای سنگین و سبک در ورزش‌هایی است که از لحاظ بیومکانیکی مشابه بوده و با تعداد تکرار یکسان صورت می‌گیرند. اولین نیروی سنگین از طریق بسیج حداکثر واحدهای حرکتی و فرکانس‌های بالای فعال شدن^(۲) موجب تحریک عصبی بالای عضلانی می‌شود و مدت بیش از ۱۵ دقیقه پس از خاتمه مجموعه نیروی سنگین ادامه می‌یابد. در این وضعیت، میزان کمی از سرعت‌های بالای حرکتی منجر به افزایش کارآیی می‌شود. ورزش‌های با نیروی کمتر باید از لحاظ بیومکانیکی مشابه تمرین‌های با نیروی سنگین باشند، منتها از لحاظ نوع ورزش، اختصاصی تر هستند.

پدیده دیگری که اغلب در تمرین‌های تقویتی دیده شده است، آموزش مقاطع^(۳) نام دارد که در آن، مانیپولاسیون و تمرین یک سمت از بدن موجب تقویت و افزایش نیرو در سمت دیگر می‌شود. (۲۸)

تطابق عضلات

همان طور که کارآیی اجزای عصبی افزایش می‌یابد، هیپرتروفی عضلانی، زمانی که مبارزه تمرینی^(۴) به کفایت خود می‌رسد، به وقوع می‌پیوندد. هیپرتروفی شامل سنتز و ضخیم شدن میوفیبریل‌ها و افزایش تعداد آنها، در نتیجه، دوباره‌سازی^(۵) پروتئین‌های عضلانی و افزایش تعداد سارکومرها (کاهش همزمان شکسته شدن پروتئین‌ها) است. (۲۹) البته نظریه هیپرپلازی در مورد افزایش تعداد فیبرهای عضلانی در نتیجه اعمال مقاومت، یک موضوع قابل بحث است و مطالب ضد و نقیضی در این مورد به چشم می‌خورد. (۳۰) در این حالت، باید نیروی اعمال شده (overload) به حد کافی بالا باشد، به طوری که باعث جراحت شده و متعاقب آن، یک دوره رژنراسیون رخ دهد. در تحقیقی نشان داده شد که در ورزشکاران پرورش اندام، بیشتر حجم فیبرهای عضلانی، در مقایسه با تعداد آنها، افزایش می‌یابد. (۳۱) دو ساز و کاری که در توجیه ساخته شدن فیبرهای جدید بر شمرده‌اند، شکسته و دو تکه شدن فیبرهای بزرگ به دو یا تعداد بیشتری فیبرهای کوچک‌تر^(۶) و فعال شدن سلول‌های ساتلایت است. (۳۲) سلول‌های ساتلایت، سلول‌های میوژنیک پایه‌ای^(۷) هستند که در

زمان رژنراسیون عضله اسکلتی فعال می‌شوند.

از مضرات تمرین‌های قدرتی، کاهش میزان حجم میتوکندری و تراکم مویرگی و آنزیم‌های میتوکندریال نسبت به حجم میوفیبریلار (پروتئین‌های انقباضی) است، ضمن این‌که تمرین‌های قدرتی، افزایش موادمعدنی استخوانی، پرولیفراسیون بافت‌های همبندی، افزایش آنزیم‌های کراتین فسفوکیناز و میوکیناز، افزایش منابع عضلانی انرژی غیرهوازی مثل CP,ATP و گلیکوژن را موجب می‌شود. (۲۴)

براساس تحقیقی که Bompia در ۱۹۹۵ روی فوتبالیست‌ها انجام داد، در تمرین‌های قدرتی، چهار نکته را باید در نظر گرفت: نخست این‌که انعطاف پذیری مفاصل بایستی قبل از بهبود قدرت عضلانی حاصل شود. دوم، قبل از تمرین‌های قدرتی، تمرین باید برای اتصالات عضلانی به استخوان (تاندونها) اختصاصی شده و موجب افزایش تطابق آناتومیکی آنها شود. سوم، توجه به تقویت هسته بدن^(۸) یعنی عضلات ستون فقرات و شکمی قبل از پرداختن به اندام‌ها، الزامی است. چهارم این‌که، کار بر روی عضلات استحکام بخش، در مقایسه با عضلات Prime mover ارجحیت داشته و مقدم است.

تعامل بین چندین فاکتور نظیر شدت، فرکانس، مدت زمان برنامه تمرینی، سن و وضعیت سلامتی بیمار، عامل ویژه ضعف عضلانی، می‌تواند بر روی ارتباط زمانی تطابق عصبی و عضلانی تأثیر مستقیم داشته باشد. در اشخاص سالم (یا افراد با حداقل اختلال)، تطابق عصبی در ۶ تا ۱۲ هفته اول تمرین ناشی از افزایش بسیج واحدهای حرکتی و یادگیری حرکتی است. (۳۴)

در صورتی که در بیماران با مشکلات هم‌آهنگی یا آتروفی ناشی از بی‌حرکتی، تطابق عضلانی طولانی‌تر می‌شود. (۳۵) در مورد تطابق عضلانی در تمرین‌های انعطاف‌پذیری، تنها به ذکر این نکته اکتفا می‌شود که کشش مداوم موجب افزایش تعداد سارکومرها (۲۰ تا ۲۵٪) می‌شود، در حالی که طول سارکومر به میزان ۱۱ تا ۱۶ درصد کاهش می‌یابد، در نتیجه، طول فیبر عضلانی تنها ۵٪ افزوده می‌شود. (۳۶)

در تحقیقی که در ژانویه سال ۲۰۰۱ توسط Hortobagyi & Tunnel (۳۷) بر روی مقایسه بین تمرین‌های قدرتی با شدت پایین و بالا در عضله کوادری سپس گرفتار صورت گرفت، نشان داده شد

1-Complex or Contrast tranning
2-Rate coding
3-Cross education
4-Exercise challenge
5-Remodeling
6-Fiber splitting
7-Myogenic stem
8-Core of the body

یکسان، در بازگشت به حالت اولیه قدرت حداکثر و کنترل نیروی
 ساب ماگزیمال مؤثر هستند.

که اشخاص مسن، در مقایسه با افراد جوان، کاهش معنی داری در
 قدرت حداکثر و انفجاری داشته و هر دو نوع تمرین به طور



- 1-Willmore, J.H. & Costill, D.L.(1999). Physiology of sport and exercise. Pg 86-88.2nd Ed.Human Kinetics.
- 2-Sale,D.G.(1988). Neural adaptations to resistance training. Medical sciences, sports & exercise,20 p135.
- 3-Enoka,R.M.(1988). Neural adaptation with chronic physical activity. J Biomechanics, 30, p447-455.
- 4-Hakkinen, K. & Komi, P.V.(1986). Training induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex conditions. European journal of applied physiology,55,147-55.
- 5-Komi,P.V, Viitasalo, J., Rauramma, R., Vihko, V.(1978). Effect of isometric strengtn training on mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function. European journal of Applied physiology,40,45-55.
- 6-Narici, M.V.,Roi, G.S.,Landon, L.,Minetti,A.E & Cerretelli,P.(1990). Changes in force cross-sectional area and neutral activation during strength training and detraining of the human quadriceps, European J of App Physiolog,59,310-19.
- 7-Hakkinen, K.,Alen, M. & Komi, P.V.(1985 a). Changes in isometric force and relaxation - time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. Acta Physiologica Scandinavica, 125,573-85.
- 8-Schmidtbleicher, D & Gollhofer, A.(1982) Neuromuskulare Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgroben fur ein Teifsprungtraining Leistungssport, 12,298-307.
- 9-Sale, D.G., MacDougall, J.D., Upton, R.M. & Mccomas, A.Y.(1983a). Effect of strength training on motoneuron Excitability in man. Medicine and Science in Sports and Exercise, 15,57-62.
- 10-Milner - Brown, H.S., Stein,R.B. & Lee,R.G. (1975). Synchronization of human motor units: Possible roles of exercise and supraspinal reflexes. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 38,245-54.
- 11-Duchateau, J. & Hainaut, K.(1990). Effects of immobilization on contractile properties, recruitment and firing rates of human motor units, Journal of Physiology, 422,56-65.
- 12-Grimby, L., Hannerz, J. & Hedman, B.(1981). The fatigue and Voluntary discharge properties of single motor units in man. Journal of Physiology, 316,545-54.
- 13-Howard, J.D. & Enoka, R.M.(1987). Interlimb interactions duning maximal efforts, Medicine and Science in Sports and Exercise, 19,53.
- 14-Enoka,R.M.(1988). Muscle Strength and its Development. New perspectives. Sports Medicine, 6, 146-68.
- 15-Walter, C.B.(1988). The influence of agonist premotor Silence and the stretch - shortening cycle on contractile rate in active skeletal muscle. European J of App Physiolog, 57,557-82.
- 16-Rutherford, O.M. & Jones, D.A.(1986). The role of learning and coordination in strength Training, Europ J of Appl Physiolog, 55,100-5.
- 17-Tax, A.A.M., Denier Van de Gon, J.J., Gielen, C.C.A.M. & Tempel, C.M.M. van den.(1989). Differences in the activation of M.biceps brachii in the control of slow isotonic movements and isometric contractions. Experimental Brain Research, 76,55-63.
- 18-Kiati,T.A. & Sale, D.G.(1989). Specificity of joint angle in isometric trainig. European Journal of Applied physiology, 58,744-8.
- 19-Duchateau, J,Le Bazec, S. & Hainaut, K. (1986). Contributions of slow and fast muscles of triceps surae to a cyclic movement. European Journal of applied Physiology, 55,476-81.
- 20-Corcus,D.M., Gottlieb, G.L. & Agarwal, G.C.(1989). Organizing principles for single - Joint movements.II. A speed sensitive strategy. Journal of Neurophysiology, 62,358-68.
- 21-Baratta, R.,Solomonov, M., Zhou, B.H., Leston, D.,Chinard, R. & D'Ambrosia, R.(1988).Muscular coactivation. The role of antagonist musculature in maintaining knee stability. American Journal of Sports Medicine, 16,113-22.
- 22-Jongen, H.A.H., Denevier van den Gon, J.J. & Gielen, C.C.A.M. (1989) Inhomogenous activation of motoreurone pools as revealed by co-contraction of antagonistic human arm muscles. Experimental Brain Research, 75,55-62.

- 23-Tyler, A.E. & Hutton, R.S.(1986). Was Sherrington right about cocontractions? *Brain Research*,376,171-5.
- 24-Mc Ardle, W.D., Katch, F.L. & Katch, V.L.(1996). *Exercise physiology: Energy, Nutrition & Human performance*. (4ed)(pp.339-355) Baltimore: Williams & Wilkins.
- 25-Deschenes, M.R., Maresh, C.M., Crivello, J.F., Armstrong, I.E.,Kraemer, W.J. and gorault, J.(1993). The effects of exercise training of differnt intensities on neuromuscalor Junction morphology. *J Neurocytol*, 22,603-15.
- 26-Maclaren, D.P.M. et.al.(1984). A review of metabolic and physiological factors in fatigue. In *exercise and Sports Science Review*.vol 17.
- 27-Reddin, D.(1999). Complex Training for power Development. *FHS-National Coaching Foundation*,Issue 3April 1999, P24-25.
- 28-Enoka, R.M.(1994). *Neuromechanical Basis of Kinesiology*(2ed). Champaign, IL:Human Kinetics.
- 29-Bandy, W.D., Dunleavy, K. (1996).Adaptability of skeletal muscle response to increased and decreased use. In *Zachazewski, J.E.,Magee, D.J. & Quillen, W.S. (Eds), Athletic injuries and rehabilitation* W.B. Saunders,55-76.
- 30-Antonio, J. & Gonyea, W.J.(1993). Skeletal muscle fiber hyperplasia *Medicel Science Sport & Exercise*, 25(12),1333-45.
- 31-MacDougall, J.D., Sale, D.G., Always, S.E. and Sutton, J.R.(1984). Muscle fiber number in biceps brachii in body builders and control subjects. *Applied Physiology*, 57,1399-483.
- 32-Bischoff, R.(1990). Interaction between satelite cells and skeletal muscle fibers *Development*, 109,943-52.
- 33-Antonio, J. & Gonyea,W.J. (1993). Progressive stretch overload of avian muscle results in musde fiber hypertrophy prior to hyperplasia. *Journal of Applied physiology*. 75(3)1263-71.
- 34-Komi, P.V. (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *Int J Sports Med*, 7(suppl)10-15.
- 35-Kraemer, W.J., Fleck, S.J. and Evans, W.J. (1996). Strength and power training:physiologic mechemism of adaptation. *Exerc Sport Sci*, 46, 363-97.
- 36-Tabary, J.C., Tabary, C., Tardieu,C. and Goldspink, G. (1972). Physiological and structural changes in the cats soleus muscle due to immobilization by plaster casts at different lengths. *J physiolog*, 1224,231-44.
- 37-Hortobagyi,F., Tunnel, D. (2001). Low-or high-intensity strength training partially restores impaired quadriceps force accuracy and steadiness in aged adults. *Journal of Gerontology*, 56A(1)838-50.