مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد
سال ۶۵، شماره ۴
مهر-آبان۱۴۰۱، صفحه ۱۷۱۳-۱۷۰۱

www.mums.ac.ir
Medical Journal of Mashhad
University of Medical Sciences
Vol. 65, No.٤, P: 1701-1713
Sep -Nov2022

مقاله اصلی

بررسی و مقایسه تغییرات بزرگی موج الکترومیوگرافی و میانگین طیف فرکانسی عضله چهارسر ران بعد از ۸ هفته تمرینات درونگرا و برونگرا

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲

فاطمه عزیزی قوچان [۱]
نصرت الله هدایت پور [۲*]
صادق چراغ بیرجندی [۳]
زهرا ایزانلو [۴]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران
[۲] دانشیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران، استاد مدعو، گروه علوم ورزشی، فیزیولوژی، واحد بجنورد
[۳] استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.
[۴] استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران، استاد مدعو، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد

Email: n.hedayatpour@ub.ac.ir

خلاصه

مقدمه: هدف از این مطالعه بررسی تاثیر دو نوع برنامه تمرینی مقاومتی درونگرا و برونگرا بر روی سازگاری های عصبی عضلانی (بزرگی موج الکترومیوگرافی ومیانگین طیف فرکانسی) عضله چهار سر ران بود.

روش کار: بدین منظور ۲۴ آزمودنی شامل پسران غیر ورزشکار در محدوده سنی ۱۹ تا ۲۷ سال در شهر بجنورد به صورت تصادفی در دو گروه درونگرا(۱۲ نفر) و برونگرا(۱۲) نفر قرار گرفتند. گروه تمرینی برون گرا عمل فلکشن زانو با یک پا را با ۱۵۰٪ 1RM تا سرحد خستگی و گروه درونگرا عمل اکتنشن زانو را با یک پا با ۷۵٪ 1RM تا سرحد خستگی به مدت ۸ هفته انجام دادند. سیگنال سطحی الکترومیوگرافی قبل و بعد از هشت هفته تمرین برای هر دو گروه اندازه گیری و ثبت شد. از آنالیز واریانس چند طرفه(M-ANOVA) برای بررسی تغییرات متغیرهای EMG قبل و بعد از جلسات تمرینی، عضله و گروه تمرینی به عنوان متغیرهای وابسته استفاده شد.

نتایج: آنالیز واریانس چند طرفه نشان داد که میزان افزایش میانگین طیف فرکانسی در عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین برونگرا بطور معناداری بیشتر از درونگر است. همچنین این تغییرات در میزان افزایش بزرگی موج الکترومیوگرافی در عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین برونگرا بطور معناداری بیشتر از درونگرا است.

نتیجه گیری: به طورکلی گروه تمرینی برونگرا افزایش بیشتری در شاخص های الکترومیوگرافی در مقایسه با گروه تمرینی درونگرا نشان دادند که این احتمالا مربوط به بکارگیری سازوکارهای دستگاه عصبی مرکزی به انقباضات برون گرا هست.

واژگان کلیدی: تمرین برون گرا، تمرین درونگرا، سازگاری عصبی و عضلانی، الکترومیوگرافی

پی نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

مقدمه

قدرت عضلانی حداکثر نیرویی است که گروهی از عضلات می‌توانند بر یک مقاومت اعمال کنند. به‌عبارت‌دیگر آمادگی عضلات برای واردکردن حداکثر فشار به یک مقاومت یا مانع ثابت و یا متحرک فقط برای یک‌مرتبه. همچنین به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین قابلیت‌های جسمانی تعریف‌شده است که از طریق مکانیسم‌های سیستم عصبی- عضلانی، امکان غلبه بر مقاومت را فراهم می‌کند(۱). تمرینات قدرتی باعث سازگاری‌های عصبی- عضلانی می‌شوند که به‌نوبه‌ی خود افزایش خاصیت انقباضی عضله را به همراه دارد و درنتیجه میزان تولید نیرو را توسط عضله بهبود می‌بخشد؛ که این منجر به افزایش میزان توسعه در ۱۰۰ میلی‌ثانیه آغازین انقباض عضلانی می‌شود و این مورد نقش مهمی را در انجام موفقیت‌آمیز حرکات توانی و انفجاری بازی می‌کند(۲). مطالعه در یافته‌ها و نتایج پیشین حاکی از آن است که تمرینات قدرتی در افزایش قدرت عضلانی تأثیر دارد و علت این افزایش ناشی از سازگاری عصبی - عضلانی نسبت به تمرین می‌باشد؛ اما شکل و نوع تمرین نقش پراهمیتی را در فرآیند سازگاری‌های عصبی - عضلانی ایفا می‌کند. به‌عنوان‌مثال تفاوت عمده‌ای بین انقباضات برون‌گرا ازنظر درجه و پیچیدگی الگوی حرکتی با دو نوع درون‌گرا و ایستا وجود دارد و این تولید سازگاری عصبی عضلانی متفاوتی را ممکن می‌شود (۳).

سازگاری عصبی –عضلانی نسبت به تمرین مقاومتی، بستگی به نوع انقباض عضله دارد و میزان توسعه نیروی بعد از تمرین بستگی به این دارد که آیا انقباض عضلانی از نوع ایزومتریک، درون‌گرا و یا برونگرا بوده است (۴). برای مثال مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که سیستم عصبی مرکزی برای کنترل انقباض برونگرا از استراتژی عصبی متفاوتی در مقایسه با دو نوع انقباض دیگر یعنی ایزومتریک و درون‌گرا استفاده می‌کند. بر طبق این گزارشات برخلاف انقباض درون‌گرا و ایزومتریک، انقباض برونگرا از اصل اندازه پیروی نمی‌کند و در آن ترجیحاً واحدهای حرکتی بزرگ‌تر درگیر می‌شوند (۵). با توجه به این تفاوت بی‌نظیر انقباض برونگرا در به‌کارگیری واحدهای حرکتی در مقایسه با انقباض درون‌گرا انتظار می‌رود که سازگاری‌های عصبی - عضلانی نیز به برنامه‌های تمرینی برونگرا متفاوت از برنامه‌های درون‌گرا باشد(۶). با توجه یافته‌های تحقیقی گذشته در مورد ویژگی بی‌نظیر انقباضات برونگرا در به‌کارگیری ترجیحی واحدهای حرکتی تند انقباض بزرگ (۵)، این انتظار وجود دارد که تمرینات مقاومتی با استفاده از انقباضات برونگرا به‌طور مؤثری واحدهای حرکتی تند انقباض را تحریک کرده و آستانه به‌کارگیری آن‌ها را کاهش داده و یا تسهیل نماید. آنچه از منظر مکانیکی شناخته می‌شود این است که تمرینات مقاومتی شامل اعمال عضلانی درون‌گرا و برونگرا است که برای اقدامات غیرعادی در فعالیت‌های روزانه ضروری است، مانند پایین آمدن از پله، چمباتمه زدن یا نشستن روی صندلی. نتایج مطالعه وینست و همکاران[1](۲۰۲۰) نشان داد که نوع تمرین عضلانی (برونگرا در مقابل درون‌گرا) مزایای متفاوتی را برای زانو فراهم می‌کند(۷).

الکترومیوگرافی[2]معمولاً برای تعیین فعالیت الکتریکی عضله در طول انقباض استفاده می‌شود (۸). استفاده از الکترومیوگرافی برای مطالعه عملکرد عضلات (فعالیت الکتریکی عضلات) به‌طور وسیعی از سال ۱۹۹۴ شروع‌شده است (۹). با استفاده از الکترومیوگرافی می‌توان تغییرات ایجادشده در فعالیت‌های عصبی – عضلانی که درنتیجه‌ی تمرین ایجاد می‌شود را ثبت و اندازه‌گیری کرد. بعلاوه میزان توسعه نیرو و قدرت عضلانی را می‌توان توسط سیستم دینامومتر ثبت و اندازه‌گیری کرد بنابراین ترکیب این دو سیستم (الکترومیو گرافی و دینامومتر) می‌تواند اطلاعات جامعی را درباره‌ی تغییرات عملکرد عضلات یعنی میزان

[1] - Vincent et al

[2] - electromyography

توسعه فعالیت عضلانی و نیروی عضلانی فراهم نماید(۱۰). آدماس و همکاران در سال (۱۹۹۲) در پژوهشی دریافتند بزرگی موج الکترومیوگرافی بعد از یک دوره تمرینات قدرتی برای گروه درون‌گرا نسبت به گروه برون‌گرا بزرگ‌تر است یا پاتواین (۱۹۹۷) در تحقیقی گزارش کرد حداکثر انقباض غیرارادی طی تمرینات قدرتی برای گروه درون‌گرا ۱۰ درصد بیشتر از گروه برونگرا می‌باشد درحالی‌که میانگین توان فرکانس برای هر دو گروه تمرینی مشابه بود. لذا ما در این تحقیق با اجرای دو پروتکل تمرینی متفاوت به‌صورت درون‌گرا و برونگرا و بر اساس پیچیدگی نوع تمرین و دخالت متفاوت سیستم عصبی در هر دو نوع تمرین سعی در بررسی تفاوت احتمال در میزان افزایش قدرت و میزان توسعه نیرو به هنگام استفاده از انقباضات عضلانی مختلف و به‌موازات آن تشخیص بهترین نوع تمرین برای ایجاد حداکثر سازگاری عصبی عضلانی در ورزشکاران مراکز توان‌بخشی و افراد عادی داریم (۱۱).

اکبری و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای نشان دادند که MVCاکستنشن زانو بعد از هشت هفته تمرینات مقاومتی درون‌گرا و مقاومتی برونگرا به‌طور معناداری افزایش یافته است، همچنین میزان افزایش در فرکانس توان میانه و سرعت هدایت پتانسیل عمل تارهای عضلانی بعد از هشت هفته تمرینات مقاومتی برونگرا به‌طور معناداری بزرگ‌تر از میزان افزایش آن بعد از تمرینات مقاومتی درون‌گرا بود(۱۲). در تحقیقی دیگر افشار نژاد و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که افزایش معنی‌داری در حداکثر انقباض ارادی و زمان واماندگی در طول تمرین ایزومتریک زیر بیشینه در عضو تمرین کرده و قرینه بود. تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در مقادیر RMS و MPF عضله دوسر بازویی عضو تمرین کرده و بدون تمرین وجود داشت که در مورد عضله بازویی قدامی و سه سر بازویی در عضو تمرین نکرده وجود نداشت. همچنین بعد از تمرین مقاومتی تفاوت معنی‌داری در نسبت IEMG عضلات درگیر بین بلوک‌های انقباض زیر بیشینه هم در عضو تمرین کرده و هم قرینه وجود دارد که تمایل به‌تناوب را در فعالیت عضلات سینرژیست نشان می‌دهد(۱۳). ضیغم جهانی و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی نشان دادند که درصد افزایش در حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی عضله چهار سر ران عضله بعد از اکسنتریک به‌طور معنی‌داری بیشتر از بعد از تمرین کانسنتریک بود. علاوه بر این، تمرین اکسنتریک منجر به افزایش بیشتر RMS EMG برای عضلات چهار سر ران شد(۱۴). واتاناب و همکاران[1](۲۰۲۰) نشان داده اند که فعالیت الکترومیوگرافی درشدت بالاتر طی انقباض برونگرا به‌طور معنی‌داری بیشتر از انقباض درون‌گرا درشدت زیر بیشینه می‌باشد. البته برای ارزیابی هر چه‌بهتر موضوع، نیاز به تحقیقات بیشتر و بهره‌گیری از روش‌های اندازه‌گیری دیگری مانند اولتراسوند می‌باشد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی نسبت به پهن خارجی طی انقباض زیر بیشینه درون‌گرا، بیشتر است که با توجه به اهمیت تقویت عضله پهن داخلی در بهبود عملکرد زانو، به نظر می‌رسد امکان تقویت انتخابی عضله پهن داخلی در این نوع انقباض وجود دارد. همچنین ازآنجاکه میزان فعالیت الکترمیوگرافی عضله پهن داخلی و پهن خارجی با افزایش شدت انقباض در نوع برونگرا نسبت به انقباض درون‌گرا افزایش‌یافته است، بیانگر این موضوع است که احتمالاً تمرینات مقاومتی فزاینده با استفاده از انقباض برونگرا، مؤثرتر از انقباض درون‌گرا برای ایجاد پاسخ‌های عصبی عضلانی هستند(۱۵). عابدی و هدایت پور (۲۰۲۰) در پژوهشی نشان دادند که سازگاری عصبی عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی به نوع انقباضات عضلانی بستگی دارد. سازگاری عصبی عضلانی ناشی از تمرینات ورزشی هستند که اصولاً با افزایش قابل‌توجهی در نیروی عضلانی همراه هستند. سازگاری عصبی عضلانی ممکن است در سطح قشر حرکتی، نخاع و یا اتصال عصبی عضلانی رخ دهند. به‌عنوان‌مثال، در مرحله اولیه تمرین قدرتی افزایش فعالیت عضله که توسط الکترومیوگرافی (EMG) ثبت‌شده است،

[1] - Watanabe et al

مشاهده شد که البته در غیاب تغییرات توده عضلانی (هایپرتروفی) و یا تغییرات در ویژگی‌های غشاء در داخل اسکلتی ماهیچه مرتبط باقدرت عضلانی افزایش قابل‌توجهی مشاهده گردید(۴).

بهینه‌سازی برنامه تمرینی همواره یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های مربیان و دست‌اندرکاران ورزشی برای رسیدن به بهترین نتیجه ممکن بوده است. اجرای موفقیت‌آمیز بسیاری از ورزش‌ها مستلزم حرکات انفجاری و توانی است. واحدهای حرکتی تند انقباض سرعت هدایت پتانسیل عمل بالاتری دارند و برای فعالیت‌های انفجاری مناسب هستند (۵). به همین خاطر مربیان و دست‌اندرکاران ورزشی همواره به دنبال راهی برای تحریک انتخابی واحدهای حرکتی تند انقباض بوده‌اند. بااین‌وجود واحدهای حرکتی تند انقباض دارای آستانه به‌کارگیری بالاتری نسبت به واحدهای حرکتی کند انقباض کوچک بوده و تحریک این نوع از واحدهای حرکتی به‌آسانی امکان‌پذیر نیست. با توجه به یافته‌های تحقیقی گذشته در مورد ویژگی بی‌نظیر انقباضات برونگرا در به‌کارگیری ترجیحی واحدهای حرکتی تند انقباض این امکان وجود دارد که برنامه‌های تمرینی مقاومتی طولانی‌مدت با استفاده از انقباضات برونگرا بتواند آستانه تحریک و یا به‌کارگیری این واحدهای حرکتی را تسهیل نماید؛ بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی و مقایسه تأثیر ۸ هفته برنامه تمرینی مقاومتی برونگرا و درونگرا بر روی تغییرات بزرگی موج الکترومیوگرافی و میانگین طیف فرکانسی عضله چهارسر ران است. نتایج این تحقیق می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در خصوص بهینه‌سازی برنامه‌های تمرینی برای ورزش‌های که مستلزم حرکات توانی و انفجاری هستند در اختیار مربیان و دست‌اندرکاران ورزشی قرار می‌دهد.

روش کار

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری شامل پسران غیر ورزشکار در محدوده سنی ۱۹ تا ۲۷ سال در شهر بجنورد بودند که ۲۴ پسر سالم غیر ورزشکار که در یک سال گذشته تمرین مقاومتی نداشتند و علاقمند به شرکت در این پژوهش بودند به صورت نمونه گیری در دسترس انتخاب شدند. بدین منظور اطلاعیه ای در سطح دانشگاه با بیان اهداف پژوهش توزیع شد و بعد از تکمیل پرسشنامه اطلاعات پزشکی، فعالیت بدنی و فرم رضایتنامه، ۲۴ پسر واجد شرایط و داوطلب شرکت در پژوهش انتخاب شدند و به صورت تصادفی در ۲ گروه درونگرا(۱۲) و برونگرا (۱۲) نفری قرار گرفتند.

بعد از اینکه شرکت کنندگان انتخاب شدند، در حدود یک هفته آشناسازی با روش آزمون ها و روش اجرای تمرینات انجام شد. تمامی شرکت کنندگان فرم رضایتنامه شرکت و همکاری در تحقیق و پرسشنامه آمادگی برای شروع فعالیت بدنی را تکمیل کردند. آزمون ها در حدود ۵ جلسه شامل اندازه گیری های آنتروپومتریک، اندازه گیری های متغیرهای عصبی- عضلانی، آزمون توان انفجاری و آزمون قدرت عضلانی پایین تنه انجام شد. سپس، شرکت کنندگان بر اساس تقسیم بندی ذکر شده در قسمت قبلی و به طور مساوی به دو گروه تقسیم شدند تا بین گروه ها تفاوت معنی داری از لحاظ میزان فعالیت و آمادگی جسمانی وجود نداشته باشد. در حدود ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه آزمون گیری، پروتکل تمرینی به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه در سالن بدنسازی انجام شد. هردوگروه پروتکل های تمرینی خود را زیر نظر مربی بطور دقیق اجرا کردند. در هر جلسه، ۱۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن اصولی انجام شد. در پایان ۲۴ جلسه تمرین، تمام آزمون های اخذ شده در پیش آزمون، ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی در طی سه روز از آزمودنی ها گرفته شد. بدین ترتیب که در صبح آزمون های EMG، شامل میانگین فرکانس توان، مقادیر سیگنال های EMG عضله چهارسراز طریق دستگاه EMG گرفته شد. در بعد از ظهر همان روز آزمون قدرت عضلانی بیشینه پایین تنه و آزمون توان انفجاری از طریق پرش سارجنت گرفته شد.

برای تعیین حداکثر تکرار بیشینه (1-RM)، آزمودنی ها پس از گرم کردن سعی میکنند وزنه ای را بلند کند که نزدیک به ۹۵ درصد 1-RM مورد انتظار باشد: اگر آزمودنی ها حس کنند بار پیشین به یک تکرار پیشینه ی واقعی نزدیک بوده ، ۵ کیلوگرم به آن اضافه می کنیم و اگر خیلی کمتر از حد

واقعی یک تکرار بیشینه باشد ، بیش از یک تکرار در نوبت های بعدی نباشد ، مقدار وزنه به عنوان 1-RM ثبت می شود. تست 1-RM به صورت هفته در میان از همه آزمودنی ها انجام می شد تا در صورت ایجاد سازگاری و بر اساس اصل اضافه بار ، میزان اضافه بار جدید بر اساس میزان سازگاری به دست آمده در طول هفته تنظیم گردد.(در تعیین 1-RM برای هردوگروه درونگرا و برونگرا از حرکت اکستنشن استفاده شدبا تفاوت در سرعت بالا بردن وپایین آوردن مقاومت).

روش اندازه گیری متغیرهای عصبی- عضلانی

برای اندازه گیری متغیرهای عصبی- عضلانی از دستگاه الکترومیوگرافی ۶۴ کاناله ساخت شرکت بیو الکترونیکال[1] ایتالیا ، استفاده شد. ابزار اندازه گیری این دستگاه، الکترودهای ثبت کننده سیگنال (الکترودهای خطی ۸ کاناله ارهای سطحی) بودند. اندازه گیری متغیرهای عصبی- عضلانی (میانگین فرکانس توان، هم انقباضی واحدهای حرکتی و آمپلی EMG) با دستگاه ذکر شده به ترتیب زیر بود:

الکترودهای خطی ۸ کانال در جهت آرایش تارهای عضلانی بر روی عضلات پهن داخلی ، خارجی پا قرارداد. سیگنال های الکترومیوگرافی از قسمت تحتانی عضله پهن خارجی ثبت گردیدند. دو الکترود در فاصله ۱۵ درصدی بین لبه خارجی کشککی و ستیع خواصره روی عضله قرار گرفت و سپس الکترودها از طریق کابل های مخصوصی به سیستم آمپلی فایر دستگاه الکترومیوگرافی متصل گردیدند. برای کاهش مقاومت الکتریکی در محل اتصال لیدها، ابتدا موهای زائد پوست از بین برده شد و سپس پوست توسط کاغذ سمباده ریز با یک فشار نرم و کنترل شده ساییده و با استفاده از یک پنبه آغشته به الکل تمیز شد.

شکل ۱- دستگاه الکترومیوگرافی

[1] - Bioelettronica

شکل ۲- طریقه نصب الکترود

برای ارزیابی متغیرهای عصبی– عضلانی از دستگاه جلوران در حرکت اکستنشن زانوی پای برتر استفاده شد. بدین صورت که از آزمودنی خواسته شد که بر روی این دستگاه به حالت دراز کشیده بر پشت قرار گیرد. سپس الکترودهای EMG سطحی در دو نقطه بر روی قسمت دیستال دو عضله پهن خارجی و پهن داخلی گروه عضله چهار سرقرار گرفت. بدین صورت که ابتدا خط وسط بین سر تر وکانتر بزرگ و اپی کندیل خارجی تعیین و ۱۵ سانتی متر بالاتر از استخوان کشکک در امتداد این خط، الکترودها بر روی عضله پهن خارجی قرار گرفتند. به طور تقریبی ۱۳ سانتی متر بالاتر از کشکک، در نقطه مخالف این خط در قسمت داخلی اپی کندیل داخلی، الکترودها بر روی عضله پهن داخلی قرار گرفتند(۱۷ و ۱۸). موقعیت قرار دادن الکترودها برای هر آزمودنی به دقت مورد ارزیابی قرار گرفت تا در مرحله پس آزمون نیز الکترودها در همان مکان قبلی قرار گیرند. در ادامه با توجه به تقسیم بندی هر آزمودنی در گروه خود و با بار مشخص ، شروع به فلکشن و اکستنشن زانو با تکرارهای خود نمود. به عبارتی مقادیر سیگنال EMG در گروه اول و دوم ، هم زمان با ۱۲-۸ تکرار، طی انقباض ایزوتونیک و با سرعت بالا مورد ارزیابی قرار گرفت. چون در مرحله اکستنشن زانو، عضلات پهن خارجی و پهن داخلی، عضلات عمل کننده اصلی هستند، لذا در این حالت و هنگامی که آزمودنی با سرعت پای برتر را به حالت اکستنشن در می آورد، مقدار سیگنال های سطحی از دو عضله مذکور گرفته شد و بعد از گرفتن نویزهای هر سیگنال و عمل فیلترینگ سیگنال ها (که در ادامه توضیح داده شده است)، سیگنال های تصحیح شده ای بدست آمد که توانستیم از طریق آن متغیرهای عصبی – عضلانی را تفسیر نماییم.

جدول ۱- گروه تمرینات درونگرا(اکستنشن زانو)

هفته	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
بارها(1RM%)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
تعداد ست ها	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳

تعدادتکرارها	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲
استراحت بین ست‌ها(دقیقه)	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳
سرعت اجرا	انفجاری	انفجاری	انفجاری	انفجاری	انفجاری	انفجاری	انفجاری	انفجاری
تعداد جلسات در هفته	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳

جدول ۲- گروه تمرینات برونگرا(فلکشن زانو)

هفته	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
بارها(1RM%)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
تعداد ست ها	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
تعدادتکرارها	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲	۸-۱۲
استراحت بین ست‌ها(دقیقه)	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳	۲-۳
سرعت اجرا	کنترل شده	کنترل شده	کنترل شده	کنترل شده	کنترل شده	کنترل شده	کنترل شده	کنترل شده
تعداد جلسات در هفته	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳

تجزیه وتحلیل سیگنالهای الکترومیوگرافی سطحی

عمل پردازش سیگنال های EMG با استفاده از نرم افزار Matlab انجام شد؛ بدین صورت که در ابتدا دامنه موج EMG، با استفاده از مقادیر مطلق میانگین سیگنال های اصلاح شده در بازه های زمانی ۱ ثانیه ای(window second time) 1- محاسبه شد. به همین ترتیب میانگین فرکانس توان نیز در بازه های زمانی ۱ ثانیه ای از سیگنال های سطح پوستی استخراج گردید. جهت محاسبه بزرگی موج EMG و میانگین فرکانس توان در طول حداکثر انقباض عضلانی عضله چهار سر ران، مدت زمان انقباض به تناوب های زمانی ۱۰٪ تقسیم گردید. سپس بزرگی موج الکترومیوگرافی و میانگین فرکانس توان محاسبه شده در بازه های زمانی ۱ ثانیه ای برای هر ۱۰ ٪ مدت زمان انقباض میانگین، گرفته شد. از مقادیر مطلق میانگین سیگنال های اصلاح شده در بازه های زمانی ۱ ثانیه های برای تعیین میزان هم فعالیتی (هم فعال سازی) عضله پهن خارجی به پهن داخلی در طی حرکت اکستنشن زانو استفاده شد. به عبارتی، از نسبت میانگین فعالیت عضله پهن خارجی به عضله پهن داخلی، برای ارزیابی میزان هم فعال سازی این دو عضله استفاده گردید . به طوری که مقادیر سیگنال های استخراج شده از میانگین فعالیت عضله پهن خارجی و پهن داخلی در پیش آزمون گرفته شد. سپس مقادیر سیگنال های استخراج شده از میانگین فعالیت عضله پهن خارجی و پهن داخلی در پس آزمون نیز به دست آمد. در ادامه با تقسیم تفاوت میانگین فعالیت عضله پهن خارجی در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون بر تفاوت میانگین فعالیت عضله پهن داخلی در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون، نسبت هم فعالسازی این دو عضله محاسبه گردید (۱۳).

نتایج

شاخص های قد، وزن، سن و نمایه توده بدن آزمودنی ها، به صورت میانگین ± انحراف معیار در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- ویژگی های آزمودنی ها

گروه ها		سن(سال)	قد(سانتیمتر)	وزن(کیلوگرم)	شاخص توده بدن(کیلوگرم/مترمربع)
درونگرا	پیش آزمون	۲۴/۷۸ ±۱/۵۰	۱۷۸/۷۲ ±۶/۲۸	۶۳/۶۴ ±۶/۴۸	۲۰/۰۲ ±۲/۶۸
	پس آزمون	۲۴/۵۶ ±۰/۸۸	۱۷۸/۶۴ ±۴/۲۳	۶۱/۵۲ ±۳/۹۵	۱۹/۶۳ ±۱/۴۷
برونگرا	پیش آزمون	۲۴/۸۶ ±۱/۳۰	۱۷۸/۵۱ ±۷/۹۲	۶۲/۷۶ ±۴/۰۸	۲۰/۵۱ ±۱/۵۳
	پس آزمون	۲۳/۴۶ ±۰/۷۴	۱۷۷/۴۹ ±۵/۷۳	۵۹/۶۱ ±۵/۱۱	۱۹/۹۳ ±۱/۳۴
	مقادیر P	۰/۴۶	۰/۷۷	۰/۳۹	۰/۱۹

بزرگی موج EMG با استفاده از مقادیر مطلق میانگین سیگنال های اصلاح شده در بازه های زمانی ۱ ثانیه محاسبه شد. به همین ترتیب میانگین توان فرکانسی در بازه های زمانی ۱ ثانیه ای از سیگنال های سطحی پوستی استخراج گردید. جهت محاسبه بزرگی موج EMG و میانگین توان فرکانسی در طول حداکثر انقباض ارادی، سیگنال های ثبت شده در بازه های زمانی ۱ ثانیه ای برای مدت ۵ ثانیه محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده ها از روش واریانس چندطرفه با توجه به متغیرهای وابسته استفاده شد.

جدول ٤- تغییرات میانگین طیف فرکانسی و بزرگی موج الکترومیوگرافی عضله چهار سر ران برای هر ۲ گروه درونگرا و برونگرا

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	F	Sig
میانگین طیف فرکانسی	۳۱۶۲۸۵/۳۸	۱۱	۳۵۸۲/۰۲	۰/۰۰۰۱
بزرگی موج الکترومیوگرافی	۳۶۳۶۴/۱۵۰	۱۱	۱۱۴۵/۷	۰/۰۰۱

جدول ۵- تغییرات میانگین طیف فرکانسی و بزرگی موج الکترومیوگرافی مرتبط به جلسات تست گیری

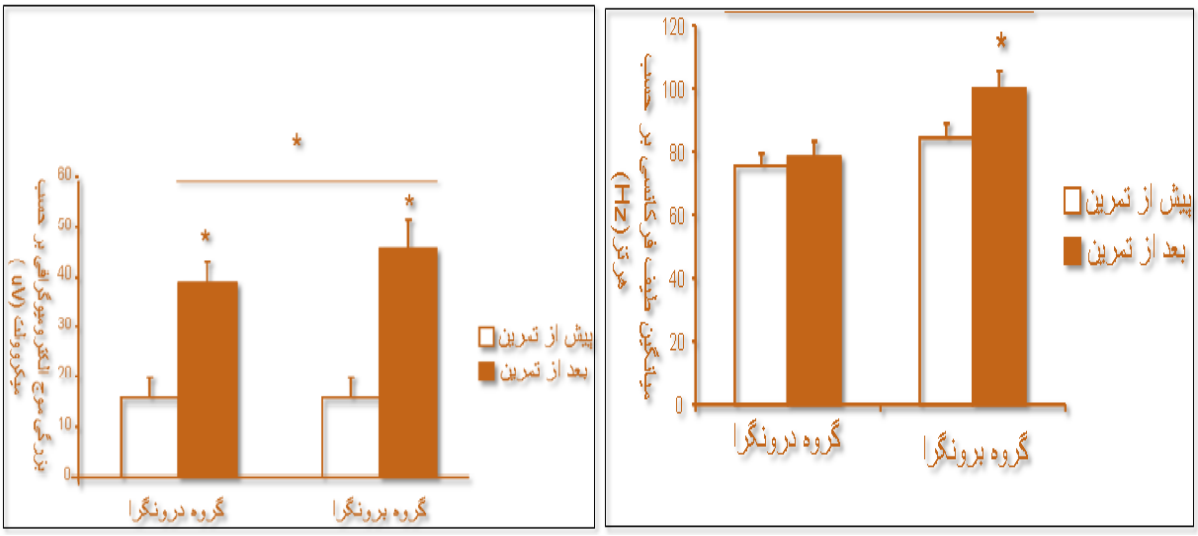
	روز	میانگین	انحراف معیار	کرانه پایین	کرانه بالا
میانگین طیف فرکانسی	پیش از تمرین	۱۵/۶۱۸	۱/۰۰۴	۱۳/۳۸۲	۱۷/۸۵۴
	بعد از تمرین	۴۱/۸۷۹	۱/۱۵۸	۳۹/۲۳۸	۴۴/۵۱۹
بزرگی موج الکترومیوگرافی	پیش از تمرین	۱۵/۶۱۸	۱/۰۰۴	۱۳/۳۸۲	۱۷/۸۵۴
	بعد از تمرین	۴۱/۸۷۹	۱/۱۵۸	۳۹/۲۳۸	۴۴/۵۱۹

داده های جداول ۴ و ۵ نشان می دهند که داده های مربوط به تغییرات میانگین طیف فرکانسی عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین مقاومتی برونگرا و درونگرا تغییرات معنادار داشته است. در هر دو گروه برونگرا و درونگرا میانگین طیف فرکانسی عضله چهار سر ران بطور معنا داری افزایش یافته است. همچنین نتایج نشان می دهند که داده های مربوط به تغییرات بزرگی موج الکترومیوگرافی عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین مقاومتی برونگرا و درونگرا تغییرات معنادار داشته است . در هر دو گروه برونگرا و درونگرا بزرگی موج الکترومیوگرافی عضله چهار سر ران بطور معنا داری افزایش یافته است.

جدول ٦- مقایسات تغییرات بین گروهی میانگین طیف فرکانسی و بزرگی موج الکترومیوگرافی عضله چهار سر ران

متغیر		گروه تمرینی	پیش ازتمرین	بعد از تمرین	انحراف معیار		کرانه پایین		کرانه بالا	
			میانگین							
طیف	میانگین	درونگرا	۷۵/۸۱	۸۴/۶۸	۳/۸۵	۴/۳۱	۷۱/۵۲	۸۳/۴	۸۰/۱	۸۵/۸
		برونگرا	۷۸/۳	۱۰۰/۲۷	۵/۰۸	۵/۵	۷۰/۸۰	۹۴/۱	۸۵/۹	۱۰۶/۴
الکترومیوگرا	بزرگی موج	درونگرا	۱۵/۶۸۷	۳۸/۴۸۴	۴/۲	۳/۸	۱۲/۸۳	۳۵/۳	۱۸/۵	۴۱/۶
		برونگرا	۱۵/۵۴	۴۵/۲۷	۴/۰۶	۶/۲۱	۱۲/۵۲	۴۰/۶	۱۸/۵	۴۹/۸

داده های جدول ۶ میزان افزایش میانگین طیف فرکانسی در عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین برونگرا بطور معناداری بیشتر از درونگر است. همچنین این تغییرات در میزان افزایش بزرگی موج الکترومیوگرافی در عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین برونگرا بطور معناداری بیشتر از درونگرا است.



شکل۳- مقایسه میانگین طیف فرکانسی و بزرگی موج الکترومیوگرافی

عضله چهار سر رانشکل۳ نشان می دهد که در هر دو گروه برونگرا و درونگرا میانگین طیف فرکانسی عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین بطور معنا داری افزایش یافته است. با این حال میزان افزایش میانگین طیف فرکانسی در عضله چهار سر ران گروه برونگرا بطور معناداری بیشتر از گروه درونگرا است. همچنین در هر دو گروه برونگرا و درونگرا بزرگی موج الکترومیوگرافی عضله چهار سر ران بعد از ۸ هفته تمرین بطور معنا داری افزایش یافته است. با این حال میزان افزایش بزرگی موج الکترومیوگرافی در عضله چهار سر ران گروه برونگرا بطور معناداری بیشتر از گروه درونگرا است.

نتیجه گیری

هدف اصلی این پژوهش بررسی و مقایسه تغییرات بزرگی موج الکترومیوگرافی و میانگین طیف فرکانسی عضله چهارسر ران بعد از ۸ هفته تمرینات درونگرا و برونگرا بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در هر دو گروه تمرینی برونگرا و درون‌گرا فعالیت الکترومیوگرافی عضله چهار سر ران متناسب با میزان تنش عضلانی توسعه یافته در طی اجرای

حداکثر انقباض ارادی افزایش یافت. اگرچه هر دو برنامه ی تمرینی قدرتی درون‌گرا و برون‌گرا حداکثر قدرت عضلانی را در طی اجرای حداکثر انقباض عضلانی بیشینه افزایش دادند و این افزایش در حداکثر قدرت عضلانی توأم با افزایش در فعالیت‌های الکترومیوگرافی وابسته به آن بود؛ با این حال میزان افزایش هم در قدرت عضلانی و هم در فعالیت‌های الکترومیوگرافی وابسته به آن در گروه تمرینی برونگرا به‌طور معناداری بیشتر از گروه تمرینی درون‌گرا بود. این برتری تمرینی برون‌گرا در افزایش حداکثر قدرت عضلانی ممکن است مربوط به ویژگی‌های منحصر به فرد نوع انقباض عضلانی در این نوع تمرینات باشد. مطالعات قبلی گزارش کرده‌اند که فعالیت‌های کورتیکال مغزی در طی انقباضات عضلانی برونگرا به‌طور قابل ملاحظه ای بزرگ تر از فعالیت‌های کورتیکال مغزی در طی انقباضات عضلانی درون‌گرا است. این مطالعات فعالیت تند انقباض کورتیکال مغزی در طی انقباضات برونگرا را به پیچیدگی این نوع انقباضات نسبت داده‌اند (۱۶). به علت اینکه در طی اجرای انقباضات برونگرا، عضله ضمن تولید تنش بیشتر در معرض کشش قرار می‌گیرد، بنابراین فرد به‌طور مداوم سعی دارد تا میزان کشش عضلات توسعه یافته را متناسب با کشش عضلانی ایجادشده تنظیم کند و بنابراین فعالیت‌های کورتیکال مغزی بالایی را می‌طلبد تا این تناسب طول و تنش عضلانی در طول انقباض حفظ گردد. این تنظیم تناسب طول و تنش عضلانی جهت جلوگیری از آسیب‌های عضلانی ضروری است(۱۷).

برتری تمرینات برونگرا در توسعه حداکثر قدرت عضلانی نسبت به تمرینات درون‌گرا ممکن است به فرایند به کار گیری واحدهای حرکتی در این نوع انقباض نیز مربوط باشد (۱۲). بر طبق اصل اندازه در انقباض عضلانی درون‌گرا و ایزومتریک معمولا ابتدا واحدهای حرکتی کند انقباض درگیر می‌شوند و واحدهای حرکتی تند انقباض در انتهای انقباض زمانی جایی که واحدهای کند انقباض قبلا بکار گرفته شده خسته شده‌اند بکار گرفته می‌شوند. این استراتژی عصبی باعث می‌شود تا واحدهای حرکتی قبلا استخدام شده وارد فاز استراحت شوند و واحدهای حرکتی جدید استخدام گردند و بدین ترتیب از آسیب به واحد حرکتی جلوگیری می‌کند (۵). استراتژی سیستم عصبی مرکزی در به کار گیری واحدهای حرکتی در طی انقباضات برونگرا عکس دو نوع انقباض درون‌گرا و ایزومتریک است. بدین معنی که در ابتدای انقباض برون‌گرا معمولا واحد های حرکتی تند انقباض بکار گرفته می‌شوند. به کار گیری مکرر واحدهای حرکتی تند انقباض در ابتدای انقباض عضلانی در طی انقباض‌های برونگرا باعث می‌شود تا آستانه پتانسیل عمل این واحدهای حرکتی تغییر پیداکرده و فرایند به کار گیری آن‌ها در طی فازهای اولیه حرکات انفجاری (معمولا ۱۰۰ میلی‌ثانیه ابتدای انقباض) تسهیل گردد(۱۷). تسهیل در فرایند به‌کارگیری واحدهای حرکتی تند انقباض معمولا در ابتدای انقباض عضلانی جهت اجرای حرکت انفجاری درگیر می‌شوند، می‌توانند میزان نیروی انفجاری یا توان عضلانی را جهت انجام کار بهبود ببخشد؛ زیرا واحدهای حرکتی تند انقباض دارای سرعت هدایت پتانسیل عمل بالاتری بوده و عمدتا مسئول اصلی تولید نیرو یا توان عضلانی در فازهای اولیه ی انقباض هستند (۴).

مکانیسم احتمالی دیگر برای برتری انقباضات عضلانی جهت توسعه حداکثر قدرت عضلانی ممکن است به تحریک شدید دوک‌های عضلانی در درون عضلات اسکلتی مربوط باشد. زمانی که عضله در طی انقباض برونگرا تحت کشش شدید قرار می‌گیرد معمولا دو انتهای دوک‌های عضلانی به موازات تارهای عضلانی شدیدا کشیده شده و قسمت مرکزی دوک عضلانی شدیدا تحریک می‌گردد که منجر به صدور پتانسیل عمل مکرر به طرف سیستم عصبی مرکزی می‌گردد. یک افزایش قابل ملاحظه صدور و ارسال پتانسیل عمل به طرف سیستم عصبی مرکزی باعث افزایش فعالیت‌های کورتیکال در پاسخ به دوک عضلانی جهت کنترل شدت انقباض می‌گردد. این نوع ارتباطات بین دوک عضلانی و کرتکس حرکتی می‌تواند سازگاری‌های مناسبی رابین کرتکس و

نورون حرکتی مربوط ایجاد کند و فرایند به کار گیری آن‌ها را در طی انقباضات عضلانی تسهیل نماید (۱۷).

همچنین فرکانس توان میانه نیز بعد از تمرینات قدرتی درون‌گرا و برون‌گرا در طی حداکثر انقباض ارادی به‌طور معناداری نسبت به مرحله پیش تمرین در هردو عضله پهن داخلی و پهن خارجی افزایش یافت. افزایش در فرکانس توان میانه ممکن است مربوط به افزایش سرعت هدایت پتانسیل عمل تارهای عضلانی بعد از تمرینات قدرتی باشد. این افزایش احتمالاً مربوط به سازگاری‌های عصبی - عضلانی است که معمولا در نتیجه‌ی تمرینات قدرتی در محل اتصال عصبی عضلانی رخ می‌دهد. از آنجایی که سیستم عصبی مرکزی در طی تمرینات قدرتی برون‌گرا معمولا واحدهای حرکتی تند انقباض را درگیر می‌کند (۳). استخدام و به کار گیری مکرر این واحدهای حرکتی معمولا آستانه پتانسیل عمل آن‌ها را پایین آورده و فرایند به کار گیری آن‌ها را تسهیل می نماید. واحدهای حرکتی تند انقباض دارای سرعت انتشار پتانسیل عمل بالاتر و همچنین فرکانس صدور پتانسیل عمل بزرگ‌تری بوده که به نوبه خود باعث تولید تنش عضلانی بزرگ‌تر و فرکانس توان میانه بالاتری می‌گردد. هر نوع تغییر در فرکانس میانگین، به تغییراتی در سرعت هدایت تار عضلانی و فرکانس شلیک واحدهای حرکتی، دو عامل مهم و تعیین کننده در سازگاری‌های عصبی – عضلانی، بستگی دارد که از طریق EMG درون عضلانی سنجیده می‌شوند (۷). در تحقیق حاضر، افزایش در میانگین فرکانس توان عضله پهن خارجی، به‌خصوص در تمرینات برونگرا، موید افزایش سرعت هدایت تار عضلانی و فرکانس شلیک واحدهای حرکتی در این تمرین می‌باشد. به بیانی دیگر، هر چه بار سنگین‌تر و حرکت انفجاری‌تر باشد، تارهای FT بیشتری فراخوان شده و واحدهای حرکتی بیشتری در آن حرکت استفاده می‌شوند. گرچه در تحقیق حاضر، تغییرات در میانگین فرکانس توان عضله پهن داخلی بین بارهای مختلف معنی دار نبود، اما افزایش در میانگین فرکانس توان را در بارهای مختلف به‌خصوص بار سنگین می توان مشاهده کرد که البته این تغییرات به اندازه افزایش در میانگین فرکانس توان عضله پهن خارجی نبود؛ اما به نوعی می‌تواند تأثیر بار سنگین تر را در تمرینات مقاومتی بر فعالیت عصبی- عضلانی ورزشکاران تفسیر نماید. همچنین، تغییرات کمتر در عضله پهن داخلی نسبت به پهن خارجی را نیز همان‌طور که قبلا اشاره شد، می‌توان به درصد تارهای FT کمتر در این عضله نسبت داد.

همچنین در راستای نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود:

- به‌عنوان بهترین و موثرترین روش برای افزایش قدرت و توان عضلانی پیشنهاد می‌شود که تمرینات مقاومتی- توانی با تکرار کم و بار بالا و به صورت انفجاری انجام گیرد تا بالاترین سازگاری عصبی عضلانی و عملکردی در غیر ورزشکاران وورزشکاران ایجاد شود.
- چون این تحقیق بر روی آزمودنی‌های تمرین نکرده انجام گرفته است، لذا ارائه تمرینات مقاومتی- توانی در این فصلهای تمرینی ورزشکاران مهم می‌باشد؛ لذا به مربیان توصیه می‌شود که جهت نتیجه گرفتن مؤثر، تمرینات مقاومتی – توانی را به‌عنوان یک برنامه تمرینی مهم در فصول تمرینی، برنامه ریزی و طراحی نمایند.
- با توجه به اینکه تمرینات مقاومتی – توانی بهترین برنامه تمرینی برای افزایش توان و قدرت ورزشکاران می‌باشد؛ لذا به مربیان توصیه می‌شود که این نوع تمرینات را با بار بیشینه بیشتر از (۸۰ درصد IRM) و سرعت بالا انجام دهند.
- مشکل اصلی در تحقیق حاضر، گرفتن سیگنال در حین انجام عمل اکستنشن زانو در حرکت روی پا می‌باشد؛ لذا توصیه می‌شود چنین تحقیقی با گرفتن سیگنال از عضلات باز کننده زانو طی عمل حداکثر انقباض ارادی بیشینه انجام گیرد.

References

1. Schoenfeld, B.J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. Journal of Strength & Conditioning Research, 2857–2872.
2. Aagaard, P., Bojsen-Moller, J., Lundbye-Jensen, J. (2020). Perspectives for progress in the assessment of neuroplasticity with strength training. Exerc. Sport Sci. Rev. 48, 151–162.
3. yazdazar, H., hedayatpour, N., Sardroodian, M. (2020). The effect of different intensities of eccentric and concentric contraction on the pattern of the quadriceps synergistic muscles activity. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 27(4), 534-540.
4. Abdi, N., Hamedinia, M.R., Izanloo , Z., & Hedayatpour, N. (2019). The effect of linear and daily undulating periodized resistance training on the neuromuscular function and the maximal quadriceps strength. Balt J Health Phys Activ, 11, 45-53. https://doi.org/10.29359/BJHPA.11.1.05.
5. Bagheri, T., Abedi, B., Hedayatpour, N. (2020). Effects of 12 Weeks Concentric and Eccentric Resistance Training on Neuromuscular Adaptation of Quadriceps Muscle. Journal of Rehabilitation Sciences & Research, 7(4), 161-166.
6. Mazani, AA, Hamedinia, MR, Haghighi, AH, Hedayatpour, N. (2018). The effect of high speed strength training with heavy and low workloads on neuromuscular function and maximal concentric quadriceps strength. J Sports Med Phys Fitness, 58:428-434.
7. Vincent, K. R., & Vincent, H. K. (2020). Concentric and Eccentric Resistance Training Comparison on Physical Function and Functional Pain Outcomes in Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. American journal of physical medicine & rehabilitation, 99(10), 932–940. https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001450.
8. Martinez-Valdes, E., Farina, D., Negro, F., Del Vecchio, A., & Falla, D. (2018). Early Motor Unit Conduction Velocity Changes to High-Intensity Interval Training versus Continuous Training. Medicine and science in sports and exercise, 50(11), 2339–2350.
9. Del Vecchio, A, Negro, F, Felici, F, Farina, D. (2018). Distribution of muscle fibre conduction velocity for representative samples of motor units in the full recruitment range of the tibialis anterior muscle. Acta Physiol (Oxf), 222(2).
10. Yousif, H.A., Zakaria, A., Rahim, N.A., Salleh, A.F., Mahmood, M., Alfarhan, K.A., Kamarudin, L.M., Mamduh, S.M., Hasan, A.M., & Hussain, M.K. (2019). Assessment of Muscles Fatigue Based on Surface EMG Signals Using Machine Learning and Statistical Approaches: A Review. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 705, 5th International Conference on Man Machine Systems 26–27 August 2019, Pulau Pinang, Malaysia.
11. Balshaw, T.G., Massey, G.J., Maden-Wilkinson, T.M., Lanza, M.B., Folland, J.P. (2019). Neural adaptations after 4 years vs 12 weeks of resistance training vs untrained. Scand. J. Med. Sci. Sports 29, 348–359.
12. Akbari, R., Yaghoubi, A. (2021). Investigating the Effects of Eccentric and Concentric Resistance Training on Action Potential Conduction Velocity of Quadriceps Muscle Fibers. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology, 8(2), 102-108.
13. Afsharnezhad, T., Amani, A., Khorsandi, M., Safar Zadeh, S. (2018). The effects of 8-weeks unilateral resistance training on strength, time to task failure, and synergist co-activation of elbow flexor Muscles in trained and untrained limbs. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology, 5(1), 28-36.
14. Zeigham Janani, M, Yaghoubi, A, Younessi Heravi, MA. (2021). Effects of Concentric and Eccentric Strength Training on Electromyography Activity of the Knee Agonist–Antagonist Muscles. Journal of Kerman University of Medical Sciences, 28(5): 478-485.
15. Watanabe, K., Sakai, T., Kato, S., Hashizume, N., Horii, N., Yoshikawa, M., Hasegawa, N., Iemitsu, K., Tsuji, K., Uchida, M., Kanamori, M., & Iemitsu, M. (2020). Conduction Velocity of Muscle Action Potential of Knee Extensor Muscle During Evoked and Voluntary Contractions After Exhaustive Leg Pedaling Exercise. Frontiers in physiology, 11, 546. https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00546.
16. Fleck, S.J., Kraemer, W. (2014). Designing Resistance Training Programs. Human Kinetics, 4(3): 236-238.
17. Hedayatpour, N, Falla, D. (2015). Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. Biomed Res Int, 2015:193741.

Original Article

The effect of eccentric and concentric resistance training on quadriceps neuromuscular adaptations

Received: 23/07/2022 - Accepted: 13/09/2022

Fatemeh Azizi Ghouchan [1]
Nosratollah Hedayatpour [2*]
Sadegh Cheragh-Birjandi [3]
Zahra Izanloo [4]

[1] Ph.D Student Department Physical Education and Sport Sciences, Bojnord Branch, Islamic Azad University, Bojnord, Iran.
[2] Associate Professor, Department Physical Education and Sport Sciences, University of Bojnord, Bojnord, Iran, visiting professor, Department of sport sciences, Physiology, Bojnord Branch, Islamic Azad University, Bojnord, Iran.
[3] Assistant Professor, Department Physical Education and Sport Sciences, Bojnord Branch, Islamic Azad University, Bojnord, Iran.
[4] Assistant Professor, Department Physical Education and Sport Sciences, University of Bojnord, Bojnord, Iran, visiting professor, Department Physical Education and Sport Sciences, Bojnord Branch, Islamic Azad University, Bojnord, Iran.

Email: n.hedayatpour@ub.ac.ir

Abstract

Introduction: The aim of this study was to investigate the effect of two types of introverted and extroverted resistance training programs on neuromuscular adaptations (amplitude of electromyographic waves and mean frequency spectrum) of the quadriceps muscle.

Methods: For this purpose, 24 subjects including non-athlete boys in the age range of 19 to 27 years in Bojnourd were randomly divided into two groups: eccentric (12 people) and concentric (12). The eccentric exercise group performed knee flexion with one leg at 150% 1RM to the limit of fatigue and the concentric exercise group performed knee extension with one leg at 75% 1RM to the limit of fatigue for 8 weeks. Surface electromyographic signals were measured and recorded before and after eight weeks of training for both groups. Multivariate analysis of variance (M-ANOVA) was used to examine changes in EMG variables before and after training sessions, muscle and training group as dependent variables.

Results: Multivariate analysis of variance showed that the average frequency spectrum increase in the quadriceps muscle after 8 weeks of extroverted training is significantly higher than that of introverted. Also, these changes in the increase in electromyographic wave magnitude in the quadriceps muscle after 8 weeks of extroverted training are significantly more than introverted.

Conclusion: In general, the eccentric exercise group showed a greater increase in electromyographic indices compared to the concentric exercise group, which is probably related to the application of central nervous system mechanisms to eccentric contractions.

Keywords: Eccentric Training, Concentric Training, Neuromuscular Adaptation, Electromyography.

Acknowledgement: There is no conflict of interest