

Research Paper

Assessing Electromyographic Activity Ratio of the Vastus Medialis Oblique to Vastus Lateralis Muscle after Resistance Eccentric and Concentric Training

T. Bagheri¹, B. Abedi², N. Hedayatpour³

1. Ph.D. Student in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, I.R. Iran.
2. Ph.D. in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, I.R. Iran. (Corresponding Author)
3. Ph.D. in Biomechanics & Motor Control, Department of Sport Sciences, University of Bojnord, Bojnord, Iran.

Received Date: 2021/11/16

Accepted Date: 2022/04/13

Abstract

The aim of this study was to assess the effect of resistance eccentric and concentric training on electromyographic (EMG) activity ratio of the vastus medialis oblique (VMO) to the vastus lateralis muscle (VL). 26 healthy men participated in this study. Training protocols contained 36 sessions of resistance eccentric and concentric training at the level of 80 % of one repetition maximum (1RM) on leg press machine. Maximal voluntary contraction (MVC) and EMG activity of the VMO and VL muscle recorded before and after resistance eccentric and concentric training. Maximal voluntary contraction of quadriceps and EMG activity of the VMO and VL muscle significantly increased after training ($P < 0.05$) and depended on the training type ($P < 0.05$). Eccentric training resulted in a greater increase in maximal voluntary contraction and EMG activity of the VMO muscle as compared to concentric training ($P < 0.05$). The increased EMG activity of the VMO to VL muscle play an important role in patella stabilization, and has commonly been used as an effective way to prevent from lateral patella tilt. Thus, it is recommended that eccentric training be included in rehabilitation program for lateral patella tilt.

Key words: Eccentric, Concentric, Quadriceps muscle, Electromyography

-
1. Email: talie.bagheri@yahoo.com
 2. Email: abedi@iaumahallat.ac.ir
 3. Email: n.hedayat@ub.ac.ir



Extended Abstract

Background and Purpose

The aim of this study was to assess the effect of resistance eccentric and concentric training on electromyographic (EMG) activity ratio of the vastus medialis oblique (VMO) to the vastus lateralis muscle (VL). The pattern of muscle activation and improvement in muscle force depends on muscle contraction type (1). Previous studies reported that among muscle contraction type, eccentric contractions are those actions associated with muscle fiber damage and use different neural strategies to control skeletal muscle (1, 2). Moreover, a preferential recruitment of fast twitch muscle fiber (3) and a greater cortical activity has been reported (4) during eccentric contraction compared to other muscle contraction types. Thus, it is expected that resistant training using eccentric contraction results in different neuromuscular adaptation within the quadriceps synergist (VMO and VL) with respect to resistant concentric training. However, the role of resistant eccentric training in neuromuscular adaptation has received less attention. The results of this study provide useful information for designing rehabilitations and/or exercise training for quadriceps synergist. This is particularly important for those individuals who are interested in improving VMO/VL activation ratio in patients with patellafemoral pain syndrome.

Materials and Methods

Eccentric training group performed an eccentric exercise of their right quadriceps using a weight-training machine (Universal Gym, USA) whilst positioned in supine. The leg press was brought to the starting position (170° - 180° knee extension, 180° = full knee extension) using two assistants, and the subject lowered the load in an eccentric mode to the end position (90° knee flexion) in a controlled manoeuvre. Concentric group also performed concentric exercise (starting position 90° knee flexion to the finish position 180° knee extension) on weight-training machine (Universal Gym, USA) in same position as eccentric training group. A load cell was used to measure maximal isometric quadriceps strength. Surface EMG signals were recorded from VMO and VL muscles by circular Ag-AgCl surface electrodes (Ambu Neuroline, conductive area 28 mm^2) during maximal voluntary contraction of quadriceps muscle. Root mean square (RMS) of EMG was estimated for epochs of 250 ms. The value obtained from 250 ms were averaged within the 5-second maximal voluntary isometric contractions. One-way repeated-measures ANOVA was applied to analyze change in maximal voluntary contraction from pre-training to post-training condition with training group (concentric and eccentric) as factor. Moreover, two-way ANOVA



was applied to the percent change of EMG RMS across MVC (percent change from pre-training to post-training), with muscle and training group as dependent factors. Normal distribution and the homogeneity of variance of the data were assessed using the Levene's and Shapiro-Wilk test, respectively. The significance level was set at $p < 0.05$ for all statistical procedures.

Findings

Maximal voluntary contraction of quadriceps muscle significantly increased for both concentric and eccentric training groups from pre-training to post-training condition ($F=15.4$, $P < 0.0002$). A significant interaction was also observed between training group and testing session. Percent increase in maximal voluntary contraction after eccentric training was significantly larger than after concentric training ($F=7.5$, $P < 0.035$). EMG amplitude of VMO and VL muscles increased significantly after both eccentric and concentric resistance training ($F= 7.5$, $P < 0.0001$). However, EMG amplitude rate of increase depended on the interaction between training group and testing session ($F= 5.6$, $P < 0.006$). Percent increase of EMG amplitude in eccentric group was significantly higher than the concentric group ($P < 0.05$). Moreover, percent change in EMG amplitude depended on the interaction between muscle and training, in which eccentric training resulted in a greater increase in EMG amplitude for VMO muscle in post-training condition ($F=3.5$, $P < 0.0038$).

Conclusion

The result of of this study showed that eccentric resistance training resulted in a greater increase in quadriceps muscle force with respect to concentric training program. Additionally, EMG activity ratio of the VMO/VL muscle after eccentric training was significantly larger than those observed after concentric training. A higher increase in EMG activity observed after eccentric exercise may indicate that stretch combined with overloading is the most effective stimulus for enhancing neuromuscular activity during dynamic resistance exercise. The knowledge gained from this study may be relevant for designing exercise and or/rehabilitation training to improve VMO/VL muscle activity ratio.



References

1. Semmler JG. Motor unit synchronization and neuromuscular performance. *Exerc Sport Sci Rev.* 2002; 30(1):8-14.
2. Hedayatpour N, Falla D, Arendt-Nielsen L, Farina D. Sensory and electromyographic mapping during delayed-onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(2):326-334
3. Moritani T, de Vries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med.* 1979; 58(3):115-30 .
4. Romanò C, Schieppati M. Reflex excitability of human soleus motoneurons during voluntary shortening or lengthening contractions. *J Physiol.* 1987; 390:271-84.



ارزیابی نسبت فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی بعد از تمرینات مقاومتی درونگرا و برونگرا طلیعه باقری^۱، بهرام عابدی^۲، نصرت اله هدایت پور^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران
۲. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران (نویسنده مسئول)
۳. دانشیار بیومکانیک و کنترل حرکتی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۱/۲۴

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۰۸/۲۵

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر برنامه تمرینی قدرتی مقاومتی برونگرا و درونگرا روی نسبت فعالیت عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی بود. ۲۶ مرد سالم در این مطالعه شرکت کردند. پروتکل تمرینی شامل ۳۶ جلسه تمرین مقاومتی برونگرا و درونگرا با وزنه روی دستگاه پرس یا با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. حداکثر انقباض اختیاری عضله چهارسر ران و فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل و پهن خارجی، قبل و بعد از تمرینات مقاومتی برونگرا و درونگرا اندازه‌گیری شد. حداکثر انقباض اختیاری عضله چهارسر ران و فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل و پهن خارجی بعد از تمرین به‌طور معناداری افزایش یافت ($P < 0/05$). این میزان افزایش به نوع تمرین نیز وابسته بود ($P < 0/05$). تمرین برونگرا، در مقایسه با تمرین برونگرا، افزایش بیشتری در حداکثر انقباض اختیاری و فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل به همراه داشت ($P < 0/05$). بهبود فعالیت عضله پهن داخلی مایل در مقایسه با عضله پهن خارجی نقشی مهم در حفظ ثبات کشکی رانی ایفا می‌کند و همواره راهکاری مؤثر برای جلوگیری از انحراف خارجی کشکک در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود تمرینات برونگرا در برنامه‌های بازتوانی یا پیشگیری از انحراف خارجی کشکک گنجانده شود.

واژگان کلیدی: برونگرا، درونگرا، عضله چهار سرران، الکترومیوگرافی

1. Eemail: talie.bagheri@yahoo.com
2. Email: abedi@iaumahallat.ac.ir
3. Email: n.hedayat@ub.ac.ir



مقدمه

نسبت فعالیت عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی ($1/4 \pm 0$) در افراد سالم ذکر شده است که نقشی مهم در حفظ ثبات کشکی-رانی ایفا می‌کند (۱) و علت ناراحتی‌های کشکی-رانی در افراد مبتلا به سندرم درد کشکی-رانی همواره به عدم تعادل فعالیتی بین عضله پهن داخلی مایل و پهن خارجی ($5/0 \pm 1$) نسبت داده شده است (۱،۲)؛ برای مثال، پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که در افراد مبتلا به سندرم درد کشکی-رانی عضله پهن داخلی مایل، در مقایسه با عضله پهن خارجی، هم زمان آغاز تأخیری بیشتر و هم فعالیت الکتریکی کوچک‌تری دارد (۳). بهبود فعالیت عصبی-عضلانی بعد از تمرینات قدرتی مقاومتی با افزایش بزرگی فعالیت الکترومیوگرافی همراه است که می‌تواند در بین گروه عضلات سینرژیک (همکار) به‌طور مشابه یا متفاوت رخ دهد (۴). افزایش بزرگی فعالیت الکترومیوگرافی بعد از تمرینات قدرتی مقاومتی به افزایش به‌کارگیری واحدهای حرکتی یا افزایش فرکانس صدور پتانسیل عمل واحدهای حرکتی نسبت داده شده است (۵،۶). این نوع سازگاری عصبی-عضلانی ممکن است در سطح کورتکس حرکتی، طناب نخاعی یا محل اتصال عصبی-عضلانی رخ دهد (۷)؛ برای مثال، مطالعات گذشته نشان داده‌اند در مراحل اولیه تمرینات قدرتی-مقاومتی افزایش معناداری در قدرت عضلانی مشاهده می‌شود که مستقل از افزایش حجم و توده عضلانی است. افزایش قدرت عضلانی در مراحل اولیه تمرین را به بهبود فعالیت عصبی-عضلانی در درون عضله اسکلتی مرتبط دانسته‌اند (۸).

باین‌حال، طی تمرینات ورزشی عضلات سینرژیک (همکار)، همچون گروه عضلانی چهارسر ران، پاسخ‌های متفاوتی به یک برنامه تمرینی دارند و افزایش فعالیت یک عضله انفرادی سینرژیک الزاماً به معنای افزایش فعالیت عضلات دیگر نیست (۹). علاوه بر این، الگوی فعالیت عضلات سینرژیک (همکار) و همچنین بهبود قدرت عضلانی به نوع انقباض عضلانی (درون‌گرا، برون‌گرا و ایستا) بستگی دارد. مطالعات قبلی گزارش داده‌اند که در بین سه نوع انقباض عضلانی (درون‌گرا، برون‌گرا و ایستا، انقباضات برون‌گرا به آسیب تارهای عضلانی منجر می‌شوند (۱۰، ۱۱) و از استراتژی عصبی متفاوتی برای کنترل عضله اسکلتی استفاده می‌کنند (۱۲)؛ برای مثال



سملر^۱ (۱۲) گزارش داده است که الگوی فعالیت عضلات سینرژیک چهارسر ران طی انقباضات برونگرا با دو نوع انقباض دیگر یعنی انقباض درونگرا و ایستا متفاوت بوده است. به همین ترتیب یافته‌های پژوهش موریتانی^۲ و همکاران (۱۳) نشان داده است که در فعالیت انقباضی برونگرا، در مقایسه با سایر فعالیت‌های انقباضی (ایستا و درونگرا)، به‌کارگیری واحدهای حرکتی تندانقباض بر واحدهای حرکتی کندانقباض ارجحیت دارد. رومانو واسکیاپاتی^۳ (۱۴) نیز نشان دادند که فعالیت کورتیکال طی اجرای حرکات برونگرا به‌طور معناداری بیشتر از حرکات درونگرا بوده است. بنابراین، با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد فعالیت انقباضی برونگرا در کنترل عضله اسکلتی، این انتظار وجود دارد که تمرینات قدرتی-مقاومتی با استفاده از انقباض برونگرا، در مقایسه با نوع درونگرا، به‌سازگاری عصبی-عضلانی متفاوتی در درون عضلات سینرژیک چهارسر ران منجر شود. با این حال، تا کنون به نقش تمرینات برونگرا در ایجاد سازگاری‌های عصبی-عضلانی و به‌خصوص کنترل تناوبی عضلات سینرژیک (همکار) توجه چندانی نشده است.

تکنیک الکترومیوگرافی سطحی همواره به‌عنوان راهکاری مناسب برای اندازه‌گیری سازگاری‌های عصبی-عضلانی در پاسخ به برنامه‌های تمرینی به کار گرفته شده است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر برنامه تمرینی قدرتی-مقاومتی برونگرا در مقابل درونگرا بر نسبت فعالیت عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی از گروه عضلات سینرژیک چهارسر ران با استفاده از تکنیک الکترومیوگرافی سطحی است.

بدیهی است که نتایج این مطالعه می‌تواند اطلاعات مفیدی برای طراحی برنامه تمرینی یا توان‌بخشی عضلات سینرژیک چهارسر ران فراهم کند. این موضوع به‌خصوص از این نظر حائز اهمیت است که متخصصان علوم ورزشی و توان‌بخشی همواره به دنبال راه‌حلی برای بهبود نسبت فعالیت عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی در بیماران مبتلا به سندرم درد کشککی-رانی بوده‌اند.

1. Semmler
2. Moritani
3. Romanò & Schieppati



روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و به روش نیمه تجربی انجام شده است. از بین ۹۵ دانشجوی دانشگاه بجنورد ۲۶ دانشجوی پسر ۲۰ تا ۲۵ ساله به صورت تصادفی برای این آزمون کنترل شده آزمایشگاهی انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم افزار جی پاور با توان آزمون آماری ۰/۸۰، ضریب تأثیر ۰/۸۰، سطح آلفا ۰/۰۵ و آزمون آماری تی وابسته تعیین شد. سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی ساده در دو گروه تمرینی برون‌گرا و درون‌گرا تقسیم شدند. پای برتر تمام آزمودنی‌ها پای راست بود و دست‌کم یک سال قبل از آزمون‌گیری سابقه تمرینات ورزشی منظم (فعالیت در یک رشته ورزشی خاص به مدت سه روز در هفته به طور منظم) نداشتند. برای تعیین پای برتر از آزمودنی سؤال شد که معمولاً تمایل دارند با کدام پا به توپ ضربه بزنند.

معیارهای ورود به این پژوهش عبارت بودند از: نداشتن ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی در اندام تحتانی همچون زانوی پرانتزی و زانوی عقب‌رفته، نداشتن سابقه جراحی زانو، نداشتن مشکلات عصبی-عضلانی که با استفاده از پرسش‌نامه سلامت بررسی شد (۱۵). معیارهای خروج شامل بی‌ثباتی مفصل زانو و ران، سابقه جراحی و آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی، محدودیت فعالیت بنا به دستور پزشک، ناهنجاری‌های حرکتی در اثر اختلالات عصبی-عضلانی و سابقه ناراحتی‌های قلبی-عروقی و فشار خونی بودند. قبل از اجرای پروتکل تمرینی، روش اجرای تمرین با رعایت جزئیات برای کلیه آزمودنی‌ها شرح داده شد و سپس، آزمودنی‌ها فرم اعلام رضایت کتبی را تکمیل کردند. پروتکل پژوهش در کمیته اخلاق دانشگاه بجنورد با کد BOJ 13950701 تصویب شد.

قبل از اجرای پروتکل تمرینی، در مرحله پیش‌آزمون ابتدا حداکثر قدرت اختیاری عضله چهارسر ران و فعالیت الکترومیوگرافی عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی برای تمام آزمودنی‌ها ثبت شد. سپس تمرینات قدرتی برون‌گرا و درون‌گرا با استفاده از دستگاه پرس پا مدل Universal Gym اجرا شد. پروتکل تمرینی شامل ۳۶ جلسه تمرین مقاومتی با وزنه به صورت درون‌گرا و برون‌گرا به این شرح بود: تمرینات درون‌گرا شامل ۳۶ جلسه تمرین مقاومتی با وزنه روی دستگاه پرس پا با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. آزمودنی‌ها موظف بودند سه ست شامل ۸ تا ۱۲ تکرار را به طور صحیح در طول دامنه کامل حرکتی مفصل زانو در جهت اکستنشن از زاویه ۹۰ درجه تا ۱۸۰ درجه اجرا کنند. به همین ترتیب تمرینات برون‌گرا نیز شامل ۳۶ جلسه تمرین مقاومتی با وزنه روی دستگاه پرس پا با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. آزمودنی‌ها موظف بودند سه ست شامل ۸ تا ۱۲ تکرار را به طور صحیح در طول دامنه کامل حرکتی مفصل زانو از زاویه ۹۰ درجه تا ۱۸۰ درجه در جهت فلکشن



به صورت مقاومت در برابر وزنه اجرا کنند. طی اجرای تمرین برونگرا، سرعت انجام حرکت با استفاده از مترونوم کنترل می‌شد. مترونوم روی فرکانس ۱ هرتز تنظیم شد و آزمودنی‌ها با صدای مترونوم عمل اکستنشن زانو را برای تمرین درونگرا و مقاومت در برابر فلکشن زانو را برای تمرین برونگرا در ۳ فاز به ترتیب در زوایای زانو ۹۰ درجه (فاز ۱)، ۱۲۰ درجه (فاز ۲) و ۱۸۰ درجه (فاز ۳) اجرا کردند. علاوه بر این از دو یار کمکی استفاده شد تا در اجرای تمرینات برونگرا و درونگرا به آزمودنی‌ها کمک کنند. در تمرینات برونگرا دو یار کمکی وزنه را در فاز درونگرا با دست تا زاویهٔ ۱۸۰ درجه اکستنشن^۱ زانو بالا می‌بردند و از آزمودنی خواسته می‌شد فقط فاز برونگرا را اجرا کند. به عکس، در تمرینات درونگرا دو یار کمکی وزنه را در فاز برونگرا با دست تا زاویهٔ ۹۰ درجه فلکشن^۲ زانو پایین می‌بردند و از آزمودنی درخواست می‌شد فقط فاز درونگرا را اجرا کند. بدین ترتیب با حذف فازهای اضافی برونگرا و درونگرا هم از خستگی عضلانی جلوگیری می‌شد و هم هر گروه تمرینی با انقباض خاص خود تمرین می‌کردند. حجم و شدت تمرین برای هر آزمودنی در هر جلسه بر اساس یک تکرار بیشینه (IRM) و به میزان ۸ تا ۱۲ تکرار در هر ست برای سه ست در درون گروه‌های تمرینی تعریف شد تا بار کار تمرین برای تمام آزمودنی‌ها یکسان باشد. وهله‌های استراحت کافی بین ست‌های تمرینی گنجانده شد تا از خستگی و آسیب عضلانی جلوگیری شود. بار کار تمرینی برای هر آزمودنی بر اساس یک تکرار حداکثر تعیین شد. سپس ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه برای هر آزمودنی محاسبه و به عنوان بار کار تمرینی‌اش در نظر گرفته شد. یک تکرار بیشینه عبارت بود از: جابه‌جایی بیشترین میزان وزنه در طول دامنهٔ حرکتی کامل مفصل زانو فقط برای یک مرتبه. آزمودنی‌ها یک تکرار بیشینه را سه مرتبه اجرا کردند و بیشترین وزنه لیفت‌شده به عنوان یک تکرار بیشینهٔ مرجع در نظر گرفته شد. یک تکرار بیشینه هر هفته اندازه‌گیری و بار کار تمرینی جدید بر اساس آن تعریف شد. خلاصهٔ برنامهٔ تمرینات در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است. بعد از پایان پروتکل تمرینی، در مرحلهٔ پس‌آزمون بار دیگر حداکثر قدرت اختیاری عضلهٔ چهارسر ران و فعالیت الکترومیوگرافی عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی برای تمام آزمودنی‌ها ثبت شد. تمام آزمون‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون و پروتکل تمرینی توسط یک آزمونگر انجام گرفت. سیگنال‌های الکترومیوگرافی سطحی در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون از کانال‌های یکسان آمپلی‌فایر الکترومیوگرافی جمع‌آوری شد تا از اثر مداخله‌گر آرتیفکت حاصل از کانال‌های متفاوت جلوگیری شود.

1. Extension
2. Flexion

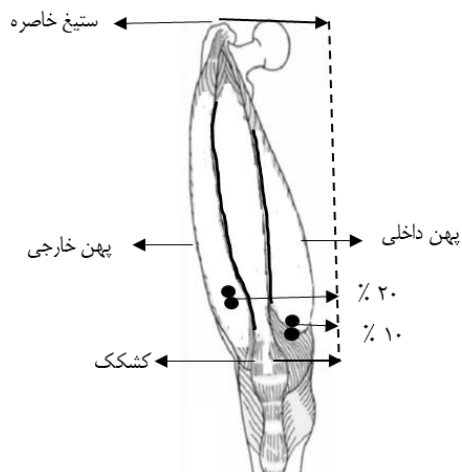


جدول ۱- برنامه تمرینی گروه برونگرا و درونگرا همراه با وهله‌های استراحت برای یک جلسه

گروه تمرینی برونگرا	گروه تمرینی درونگرا
برنامه تمرینی در یک جلسه	برنامه تمرینی در یک جلسه
۱۰ دقیقه گرم کردن روی دوچرخه ثابت	۱۰ دقیقه گرم کردن روی دوچرخه ثابت
ست ۱ (۸-۱۲ تکرار با ۸۰ درصد IRM)	ست ۱ (۸-۱۲ تکرار با ۸۰ درصد IRM)
۳-۵ دقیقه استراحت	۳-۵ دقیقه استراحت
ست ۲ (۸-۱۲ تکرار با ۸۰ درصد IRM)	ست ۲ (۸-۱۲ تکرار با ۸۰ درصد IRM)
۳-۵ دقیقه استراحت	۳-۵ دقیقه استراحت
ست ۳ (۸-۱۲ تکرار با ۸۰ درصد IRM)	ست ۳ (۸-۱۲ تکرار با ۸۰ درصد IRM)
کل برنامه تمرینی	کل برنامه تمرینی
سه جلسه در هفته به مدت ۳۶ هفته	سه جلسه در هفته به مدت ۳۶ هفته

برای اندازه‌گیری حداکثر انقباض اختیاری از لودسل ساخت آلمان مدل SIWAREX R, 500 kg, Siemens, Germany استفاده شد. آزمودنی روی صندلی راحتی نشست، مفصل رانش با استفاده از تسمه بی‌حرکت نگه‌داشته شد و زانوی در زاویه ۹۰ درجه فلکشن قرار داده شد. سپس یک سر زنجیر به میخ پای آزمودنی و سر دیگرش به لودسل متصل شد. آنگاه از آزمودنی درخواست شد تا با حداکثر نیرو زنجیر را در جهت اکستنشن زانو بکشد. مانیتوری که به فاصله یک متری در جلوی آزمودنی قرار داده شده بود و به لودسل متصل بود بازخورد نیروی اعمال شده را به صورت دیداری فراهم می‌کرد. به آزمودنی اجازه داده شد تا سه مرتبه حداکثر نیروی ایستا را به لودسل اعمال کند. بیشترین نیروی ثبت شده روی مانیتور حداکثر انقباض اختیاری مرجع انتخاب شد (۱۶). برای ثبت فعالیت الکترومیوگرافی سطحی از دستگاه الکترومیوگرافی ۶۴ کاناله ساخت کشور ایتالیا مدل LISiN-OT Bioelettronica, Torino Italy استفاده شد. الکترودهای مدور سطحی ساخت دانمارک مدل Ag-AgCl (Ambu Neuroline, conductive area 28 mm) به صورت دوقطبی در فاصله ۱۰ درصد و ۲۰ درصد بین ستیغ خاصه قدامی و کشکک استخوان ران به ترتیب روی عضله پهن داخلی مایل و پهن خارجی قرار داده شدند (۱۶) (شکل شماره ۱).



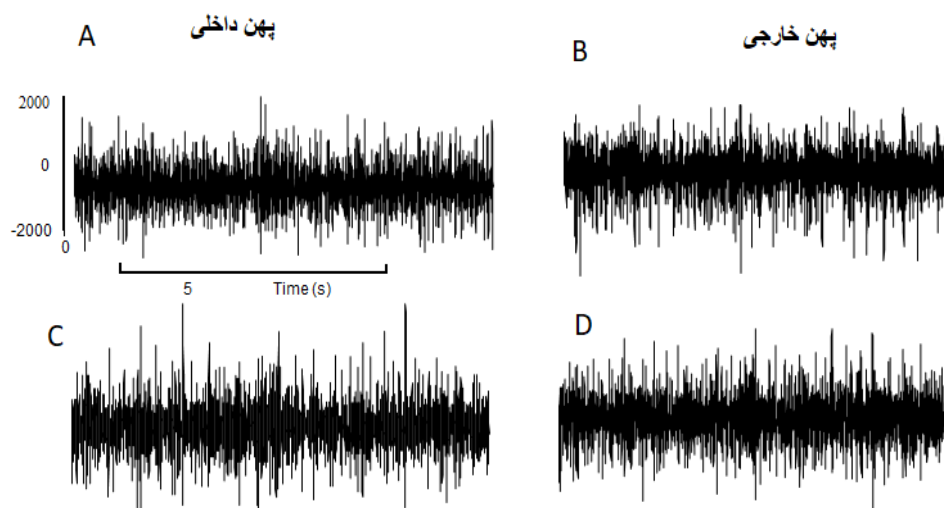


شکل ۱- تصویری شماتیک از نحوه الکتروودگذاری روی عضله چهارسر ران. الکتروودها به صورت دوقطبی در حد فاصل ۱۰ درصد و ۲۰ درصد بین سطح کشککی-رانی و ستیغ خاصره به ترتیب روی عضله پهن داخلی مایل و پهن خارجی قرار داده شدند.

سپس سیگنال‌های سطحی الکترومیوگرافی از عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی طی حداکثر انقباض اختیاری عضله چهارسر ران ثبت شد (شکل شماره ۲). تمامی سیگنال‌های ثبت شده در پهنای باند ۱۰-۵۰۰ هرتز^۱ فیلتر و برای تجزیه و تحلیل بعدی استفاده شد. به منظور کاهش مقاومت پوستی ابتدا محل قرارگیری الکتروودها با الکل تمیز شد و برای کاهش مقاومت پوستی از ژل مخصوص استفاده شد.

1. Hertz





شکل ۲- نمونه سیگنال‌های الکترومیوگرافی سطحی ثبت شده از عضله پهن داخلی و پهن خارجی طی حداکثر انقباض اختیاری عضله چهارسر ران قبل از تمرین (A-B) و بعد از تمرین (C-D).

برای تجزیه و تحلیل سیگنال‌های الکترومیوگرافی از نرم‌افزار متلب^۱ استفاده شد. مجذور ریشه میانگین سیگنال (RMS) در درون بازه‌های زمانی ۲۵۰ میلی‌ثانیه طی ۵ ثانیه حداکثر انقباض اختیاری محاسبه شد. بیشترین مقدار RMS به دست آمده در بین بازه‌های زمانی ۲۵۰ میلی‌ثانیه حداکثر فعالیت الکترومیوگرافی هر عضله در نظر گرفته شد (۱۷). نسبت فعالیت عضله پهن داخلی به خارجی از طریق حداکثر فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی تقسیم بر حداکثر فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن خارجی ضرب در ۱۰۰ به دست آمد. درصد تغییرات فعالیت الکترومیوگرافی از مرحله پیش‌تمرین تا مرحله پس‌تمرین برای هر عضله با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$100 \times \text{RMS پیش‌تمرین} / (\text{RMS پیش‌تمرین} - \text{RMS پس‌تمرین})$$

1. Matlab



همه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس^۱ نسخه ۲۱ انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. سطح معناداری برای تمام آزمون‌های آماری ($P < 0.05$) در نظر گرفته شد. میزان تغییرات در حداکثر انقباض اختیاری عضله چهارسر ران از مرحله پیش‌تمرین تا پس‌تمرین با توجه به نوع گروه تمرینی از طریق آزمون تحلیل واریانس عاملی دوطرفه ارزیابی شد. برای محاسبه درصد تغییرات فعالیت الکترومیوگرافی از مرحله پیش‌تمرین تا پس‌تمرین با توجه به نوع گروه تمرینی و نوع عضله از آزمون تحلیل واریانس عاملی دوطرفه استفاده شد. برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها نیز از آزمون شاپیرو-ویلک^۲ استفاده شد.

نتایج

در جدول شماره ۲ ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها ذکر شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها میانگین \pm انحراف استاندارد

گروه تمرینی	شاخص توده بدن	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)
برونگرا	۲۳/۹ \pm ۳/۲	۱/۷۷ \pm ۰/۰۶	۷۱/۵ \pm ۷/۴	۲۲/۲ \pm ۶/۴
درونگرا	۲۴/۳ \pm ۵/۸	۱/۰ \pm ۷۵/۰۸	۷۳/۷ \pm ۹/۶	۲۲/۲ \pm ۴/۸

مقادیر مربوط به حداکثر انقباض اختیاری و فعالیت الکترومیوگرافی عضله چهارسر ران به تفکیک گروه‌های تمرینی در مرحله قبل و بعد از تمرین در جدول شماره ۳ آورده شده است.

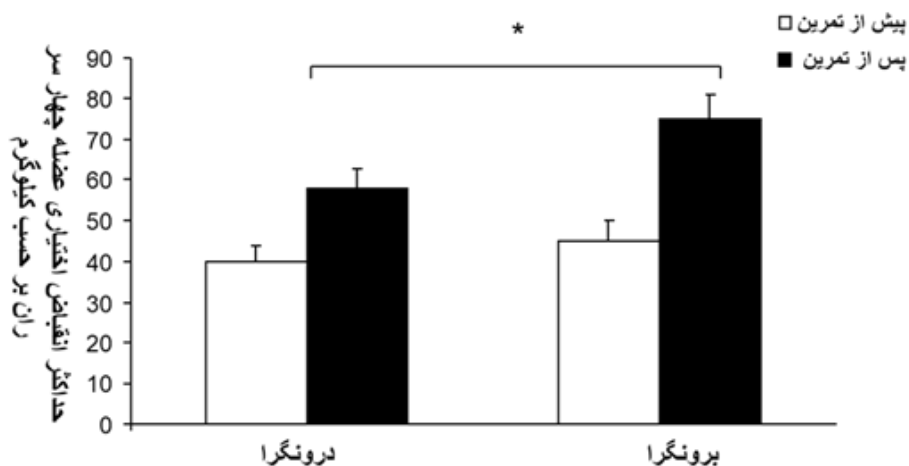
جدول ۳- حداکثر انقباض اختیاری برحسب کیلوگرم (Kg) و فعالیت الکترومیوگرافی برحسب میکروولت (uV) (میانگین \pm انحراف استاندارد) برای عضله چهارسر ران بعد از تمرین برونگرا و درونگرا. کلیه مقادیر بعد از تمرین اختلاف معناداری با قبل از تمرین دارند ($P < 0.05$)

حداکثر انقباض اختیاری	برونگرا	درونگرا
(Kg) ۳/۹ \pm ۴۲/۲	(Kg) ۴/۷ \pm ۷۶/۳ *	(Kg) ۲/۵ \pm ۳۸/۴
فعالیت	برونگرا	درونگرا
(uV) ۱۳/۱ \pm ۱۴۸/۵	(uV) ۱۴/۶ \pm ۱۷۶/۶ *	(uV) ۱۰/۸ \pm ۱۴۵/۵ *

1. SPSS
2. Shapiro Wilk



حداکثر قدرت اختیاری عضله چهارسر ران بعد از تمرینات مقاومتی برونگرا و درونگرا به طور معناداری بزرگ‌تر از مرحله پیش‌تمرین بود ($F=۱۵/۴$, $P=۰/۰۰۲$). میزان افزایش حداکثر قدرت اختیاری در عضله چهارسر ران بعد از تمرینات مقاومتی برونگرا به طور معناداری بیشتر از گروه درونگرا بود ($F=۷/۵$, $P=۰/۰۳۵$) (شکل شماره ۲).

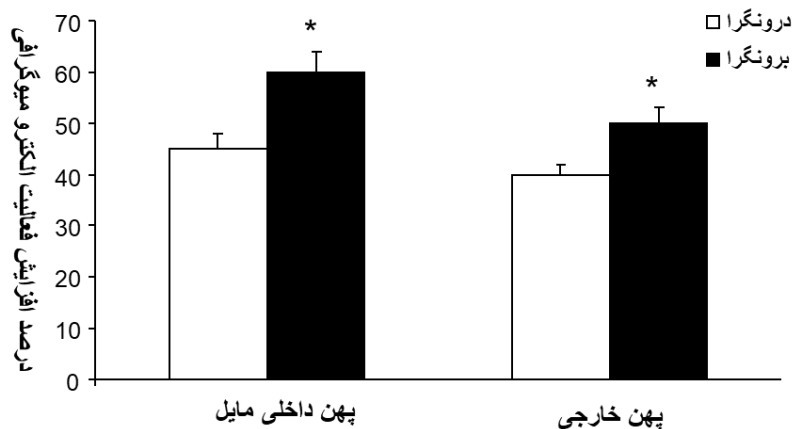


شکل ۲- حداکثر قدرت اختیاری عضله چهارسر ران بعد از تمرینات مقاومتی برونگرا و درونگرا به طور معناداری افزایش یافته است. با این حال، میزان افزایش حداکثر قدرت اختیاری عضله چهارسر ران برای گروه برونگرا به طور معناداری بیشتر از گروه درونگرا است ($P=۰/۰۳۵$).

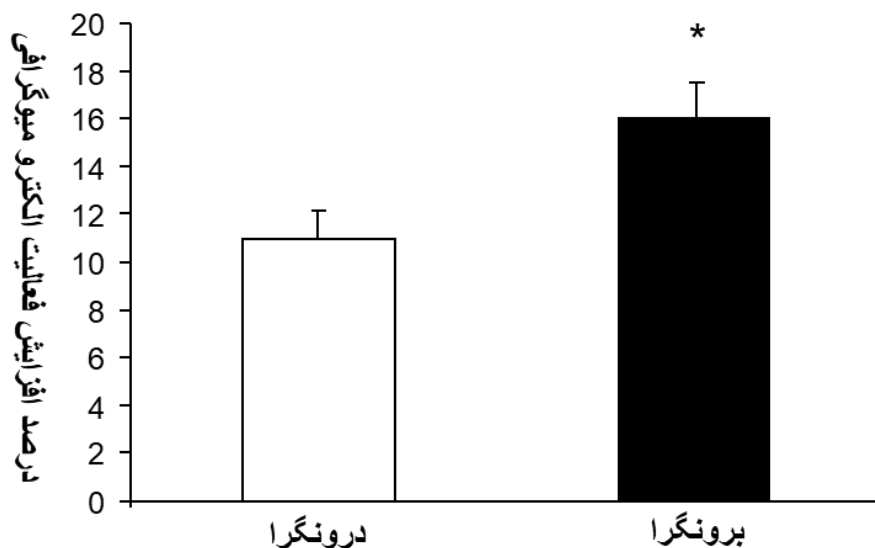
بزرگی فعالیت الکترومیوگرافی عضلات پهن خارجی و پهن داخلی مایل بعد از تمرینات مقاومتی برونگرا و درونگرا به طور معناداری افزایش یافت ($F=۶/۴$, $P=۰/۰۰۱$). با این حال، بین نوع گروه تمرینی و نوع عضله چهارسر ران (پهن خارجی و پهن داخلی مایل) اثر متقابل معناداری وجود داشت ($F=۵/۶$, $P=۰/۰۰۶$). میزان افزایش فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل پس از تمرین برونگرا به طور معناداری بیشتر از درونگرا بود ($P=۰/۰۴۵$) (شکل شماره ۳). علاوه بر این، نسبت فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی



پس از تمرین برونگرا به‌طور معناداری بیشتر از تمرین درونگرا بود ($P=0/038$, $F=3/5$) (شکل شماره ۴).



شکل ۳- فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن خارجی و پهن داخلی مایل بعد از تمرینات مقاومتی برونگرا و درونگرا به‌طور معناداری بزرگ‌تر از قبل تمرین است. بین نوع تمرین و نوع عضله چهار سر ران (پهن خارجی و پهن داخلی مایل) نیز اثر متقابل معناداری وجود دارد، به‌طوری که درصد افزایش در فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل پس از تمرین برونگرا به‌طور معناداری بیشتر از تمرین درونگراست ($P=0/045$).



شکل ۴- درصد افزایش نسبت فعالیت الکترومیوگرافی عضلهٔ پهن داخلی مایل به پهن خارجی بعد از تمرین برونگرا به طور معناداری بیشتر از تمرین درونگرا است ($P=0/038$).

بحث و نتیجه گیری

هدف از مطالعه حاضر، بررسی فعالیت الکترومیوگرافی عضلهٔ پهن داخلی مایل نسبت به پهن خارجی بعد از تمرینات مقاومتی درونگرا و برونگرا بود. نتایج نشان داد تمرینات مقاومتی برونگرا بیش از تمرینات درونگرا قدرت عضلهٔ چهارسر ران را افزایش می‌دهند که ممکن است به افزایش تودهٔ عضلانی، عناصر انقباضی یا خواص گلیکولیتیکی تارهای عضلانی مربوط باشد (۱۸). این نتایج با مطالعات قبلی در این زمینه هم‌خوانی دارد (۱۸)؛ برای مثال، فارتینگ و چلیبک^۱ (۱۹) گزارش کردند که هشت هفته تمرین مقاومتی برونگرا، در مقایسه با تمرین‌هایی با انقباضات درونگرا، به هایپرتروفی عضلانی و نیروی عضلانی بیشتر منجر شده است. در همین راستا، کامینسکی و همکاران^۲ (۲۰) مشاهده کردند.

1. Farthing & Chilibec
2. Kaminski



در نیروی عضلانی پس از تمرین برونگرا (۲۹ درصد) در مقایسه با تمرین درونگرا (۱۹ درصد) بهبود قابل توجهی داشته است.

علاوه بر این، نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات مقاومتی برونگرا بیش از تمرینات درونگرا، فعالیت الکترومیوگرافی عضلات چهارسر ران را افزایش می‌دهد (۲۱). این بدین معناست که برای ایجاد سازگاری عصبی-عضلانی حداکثری، اثربخشی تمرینات مقاومتی برونگرا بیشتر از تمرینات درونگراست. از سه نوع انقباض عضلانی درونگرا، ایستا و برونگرا که می‌توانند در طول تمرین استفاده شوند، تمرینات برونگرا فعالیت‌هایی هستند که در آن عضله تحت فشار قرار می‌گیرد. در طول انقباض‌های برونگرا باری که به عضله وارد می‌شود بیشتر از نیرویی است که عضله تولید می‌کند و کشش ایجادشده در عضله باعث انقباض طولی و آسیب تارهای عضلانی می‌شود (۲۲، ۲۳)؛ عاملی که احتمالاً نقشی مؤثر در تولید سازگاری‌های عصبی-عضلانی دارد.

باین‌حال، یافته‌های این مطالعه نشان داد افزایش فعالیت عصبی-عضلانی عضلات سینرژیک چهارسر ران به نوع تمرین بستگی دارد و در بین گروه عضلات سینرژیک به‌صورت غیریکنواخت رخ می‌دهد، به‌طوری که بعد از تمرینات برونگرا، عضله پهن داخلی مایل نسبت به پهن خارجی فعالیت عصبی عضلانی بزرگ‌تری را نشان داد. افزایش فعالیت عصبی-عضلانی عضله پهن داخلی را مایل بعد از تمرینات مقاومتی برونگرا می‌توان به افزایش فرمان‌های حرکتی از سیستم عصبی مرکزی به تارهای عضلانی نسبت داد که به‌نوبه خود باعث افزایش به‌کارگیری واحدهای حرکتی یا افزایش در فرکانس صدور پتانسیل عمل می‌شود (۵). مطالعات متعددی سازگاری‌های عصبی-عضلانی را پس از تمرین مقاومتی بررسی کرده‌اند. آگارد و همکاران^۱ (۲۴) افزایش معناداری را در پاسخ‌های موج برانگیخته V و H طی حداکثر انقباض عضلانی پس از تمرین مقاومتی گزارش کرده‌اند که نشان‌دهنده افزایش فرمان‌های حرکتی در مسیرهای قشر نخاعی و افزایش تحریک‌پذیری نورون‌های حرکتی است. علاوه بر این، مطالعات قبلی تغییرات قابل توجهی را در فرکانس صدور پتانسیل عمل (۲۵)، سرعت هدایت فیبر عضلانی (۲۶) و میزان توسعه نیرو پس از تمرین مقاومتی نشان داده‌اند (۲۵). باین‌حال، بر اساس پژوهش‌های گذشته، این سازگاری‌های عصبی-عضلانی بنا به نوع انقباض عضلانی متفاوت بوده است؛ برای مثال، کامن و نایت^۲ (۲۸) گزارش کردند فرکانس صدور پتانسیل عمل واحدهای حرکتی به دنبال شش هفته تمرین دینامیک عضلات چهار سر ران تا ۱۵ درصد افزایش می‌یابد. به

1. Aagaard I
2. Kamen & Knight



همین ترتیب، ویلاچا و همکاران (۲۶) نیز گزارش کردند فرکانس صدور پتانسیل عمل واحدهای حرکتی پس از شش هفته تمرین مقاومتی پویا به میزانی چشمگیر افزایش می‌یابد. این در حالی است که به دنبال تمرین مقاومتی ایستا هیچ تغییری در حداکثر فرکانس صدور پتانسیل عمل واحدهای حرکتی گزارش نشده است (۲۸).

دلیل اینکه تمرینات برون‌گرا، در مقایسه با درون‌گرا، به دستاوردهای بزرگی در سازگاری‌های عصبی-عضلانی منجر می‌شوند و از الگوی عصبی متفاوتی برای فعال‌سازی عضلات سینرژیک استفاده می‌کنند، ممکن است به چند عامل مربوط باشد. اولاً بر طبق مطالعات گذشته، در فعالیت انقباضی برون‌گرا به کارگیری واحدهای حرکتی تندانقباض بر واحدهای حرکتی کندانقباض ارجحیت دارد (۱۳). واحدهای حرکتی تندانقباض هم سرعت هدایت پتانسیل عمل بیشتری دارند، و هم فرکانس صدور پتانسیل عمل در آن‌ها بیشتر است؛ در نتیجه فعالیت الکترومیوگرافی بزرگ‌تری تولید می‌کنند (۲۹،۳۰،۳۱). از دیگر ویژگی‌های منحصربه‌فرد انقباض برون‌گرا درجه بالای پیچیدگی آن در مقایسه با سایر انقباضات است که به‌نوبه خود باعث افزایش تحریک‌پذیری سیستم عصبی مرکزی می‌شود؛ عاملی که می‌تواند نقشی مهم در تحریک بیشتر واحدهای حرکتی و در نتیجه، تولید فعالیت الکتریکی بزرگ‌تر داشته باشد. برای مثال رومانو و اسکیاپاتی (۱۴) نشان دادند فعالیت کورتیکال طی اجرای حرکات برون‌گرا بیشتر از درون‌گرا بوده است که به احتمال زیاد به دلیل تعدیل هم‌زمان اطلاعات اعصاب آوران نوع Ia از عضله طویل شونده است تا از رفلکس کششی ناخواسته عضله جلوگیری کرده کند و خطر آسیب‌های عضلانی را کاهش دهد. همچنین طبق یافته‌های مطالعات پیشین، الگوی فعالیت عضلات سینرژیک طی انقباضات برون‌گرا با دو نوع انقباض دیگر، یعنی انقباض درون‌گرا و ایستا، متفاوت است که ممکن است توضیح مناسبی برای افزایش فعالیت عصبی-عضلانی عضله پهن داخلی مایل در مقایسه با پهن خارجی در پی تمرینات برون‌گرا باشد. به‌طور خلاصه، بهبود چشمگیر فعالیت عصبی-عضلانی در عضله پهن داخلی مایل بعد از تمرینات برون‌گرا نشان می‌دهد تمرینات مقاومتی با استفاده از انقباض برون‌گرا برای تقویت انتخابی عضله پهن داخلی مایل مفیدند؛ بنابراین می‌توان از این نوع انقباض عضلانی برای بهینه‌سازی برنامه‌های توان‌بخشی یا پیشگیری از انحراف خارجی کشکک استفاده کرد.



پیام مقاله

با توجه به یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌شود برای تقویت انتخابی عضله پهن داخلی مایل در برنامه‌های بازتوانی یا پیشگیری از انحراف خارجی کشکک از تمرینات برون‌گرا استفاده شود. هرچند تعیین اثربخشی تمرینات برون‌گرا بر تقویت انتخابی عضلات سینرژیک مستلزم پژوهش‌های بیشتر روی جامعه گسترده‌تر و استفاده از تکنیک‌های اندازه‌گیری دقیق‌تر همچون الکترومیوگرافی درون‌عضلانی است.

تشکر و قدردانی

مؤلفان این مقاله از همکاری افراد شرکت‌کننده در این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند.

منابع

1. Cerny K. Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther.* 1995 Aug;75(8):672-83.
2. Chang WD, Huang WS, Lai PT. Muscle Activation of Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis in Sling-Based Exercises in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome: A Cross-Over Study. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2015;2015:740315.
3. Chester R, Smith TO, Sweeting D, Dixon J, Wood S, Song F. The relative timing of VMO and VL in the aetiology of anterior knee pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008; 9:64.
4. Hedayatpour N, Falla D. Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *Biomed Res Int.* 2015; 193741.
5. Del Vecchio A, Casolo A, Negro F, Scorcelletti M, Bazzucchi I, Enoka R, Felici F, Farina D. The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *J Physiol.* 2019; 597(7):1873-1887.
6. Hedayatpour N, Arendt-Nielsen L, Farina D. Motor unit conduction velocity during sustained contraction of the vastus medialis muscle. *Exp Brain Res.* 2007; 180 (3):509-16.
7. Fang Y, Siemionow V, Sahgal V, Xiong F, Yue GH. Greater movement-related cortical potential during human eccentric versus concentric muscle contractions. *J Neurophysiol.* 2001; 86(4):1764-72.
8. Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med.* 1979; 58(3):115-30.
9. Hedayatpour N, Falla D. Non-uniform muscle adaptations to eccentric exercise and the implications for training and sport. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012; 22(3):329-33.



10. Hedayatpour N, Falla D, Arendt-Nielsen L, Farina D. Effect of delayed-onset muscle soreness on muscle recovery after a fatiguing isometric contraction. *Scand J Med Sci Sports*. 2010; 20(1):145-153.
11. Hedayatpour N, Falla D, Arendt-Nielsen L, Farina D. Sensory and electromyographic mapping during delayed-onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40(2):326-334.
12. Semmler JG. Motor unit synchronization and neuromuscular performance. *Exerc Sport Sci Rev*. 2002; 30(1):8-14.
13. Moritani T, Muramatsu S, Muro M. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *Am J Phys Med*. 1987; 66(6):338-50.
14. Romanò C, Schieppati M. Reflex excitability of human soleus motoneurons during voluntary shortening or lengthening contractions. *J Physiol*. 1987; 390:271-84.
15. Mohammadyari S, Aslani M, Zohrabi A. The Effect of Eight Weeks of Injury Prevention Program on Performance and Musculoskeletal Pain in Imam Ali Military University Students. *J Mil Med*. 2021; 23(5): 444-455.
16. Hedayatpour N, Falla D. Delayed onset of vastii muscle activity in response to rapid postural perturbations following eccentric exercise: a mechanism that underpins knee pain after eccentric exercise? *Br J Sports Med*. 2014; 48(6):429-34.
17. Hedayatpour N, Arendt-Nielsen L, Falla D. Facilitation of quadriceps activation is impaired following eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2014; 24(2):355-62.
18. Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, Reid WD. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2009; 43(8):556-68.
19. Farthing JP, Chilibeck PD. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol*. 2003 Aug;89(6):578-86
20. Kaminski TW, Wabbersen CV, Murphy RM. Concentric versus enhanced eccentric hamstring strength training: clinical implications. *J Athl Train*. 1998 Jul;33(3): 216-21.
21. Mazani AA, Hamedinia MR, Haghghi AH, Hedayatpour N. 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*. 2018; 58(4): 428-434.
22. Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal Muscle Remodeling in Response to Eccentric vs. Concentric Loading: Morphological, Molecular, and Metabolic Adaptations. *Front Physiol*. 2017; 8:447.
23. Clark DJ, Patten C. Eccentric versus concentric resistance training to enhance neuromuscular activation and walking speed following stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013; 27(4):335-44.
24. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol* (1985). 2002 Jun;92(6):2309-18.



25. Patten C, Kamen G, Rowland DM. Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. *Muscle Nerve*. 2001 Apr;24(4):542-50.
26. Vila-Chã C, Falla D, Correia MV, Farina D. Adjustments in motor unit properties during fatiguing contractions after training. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Apr;44(4):616-24.
27. Kamen G, Knight CA. Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2004 Dec;59(12):1334-8.
28. Pucci AR, Griffin L, Cafarelli E. Maximal motor unit firing rates during isometric resistance training in men. *Exp Physiol*. 2006 Jan;91(1):171-8.
29. Bagheri T, Abedi B, Hedayatpour N. Effects of 12 weeks concentric and eccentric resistance training on neuromuscular adaptation of quadriceps muscle. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*. 2020; 7 (4): 161-166.
30. Nasrabadi R, Izanloo Z, Sharifnezad A, Hamedinia MR, Hedayatpour N. Muscle fiber conduction velocity of the vastus medialis and lateralis muscle after eccentric exercise induced-muscle damage. *J Electromyogr Kinesiol*. 2018; 43:118-126.
31. Hedayatpour N, Falla D, Arendt-Nielsen L, Vila-Chã C, Farina D. Motor unit conduction velocity during sustained contraction after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(10):1927-33.

ارجاع دهی

باقری طلیمه، عابدی بهرام، هدایت پور نصرت‌اله. ارزیابی نسبت فعالیت الکترومیوگرافی عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی بعد از تمرینات مقاومتی درونگرا و برونگرا. مطالعات طب ورزشی. بهار ۱۴۰۱؛ ۱۴(۳۱)، ۹۹-۱۲۰. شناسه دیجیتال: 10.22089/SMJ.2022.11597.1542

Bagheri T, Abedi B, Hedayatpour N. Assessing lectromyographic Activity Ratio of the Vastus Medialis Oblique to Vastus Laterlis Muscle after Resistance Eccentric and Cconcentric Training. *Sport Medicine Studies*. Spring 2022; 14 (31): 99-120. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2022.11597.1542

