



Comparison of Electrical and Co-contraction Activity of Selected Lower Limb Muscles during Manual Handling of Loads with Three Different Technique

Masome Seif¹, Shahabeddin Bagheri^{1*}, Behrouz Hajilou²

¹ Assistant professor, Department of Sport Sciences, Nahavand Higher Education Complex, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

² PhD in Sport Biomechanics, Bu Ali University, Department of Sport Sciences, Hamedan, Iran

* **Corresponding author:** Shahabeddin Bagheri, Department of Sport Sciences, Nahavand Higher Education Complex, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Email: Bagherishahab@yahoo.com

Received: 12 April 2021 **Accepted:** 18 September 2021

Abstract

Introduction and Aim: Manual handling of loads is a complex dynamic task that involves the upper and lower limbs. Manual handling of loads in sports and daily activities can expose people to unfavorable physical conditions and lead to injury. The study aimed to compare the electrical activity and co-contraction of selected lower limb muscles during manual load lifting with three different techniques.

Methods: This study was a quasi-experimental study. Eighteen healthy male subjects were randomly selected (age: 26.2 ± 1.68 years, weight: 73.6 ± 6.56 kg, height: 176.5 ± 7.51 cm). The subjects performed the task of manual load lifting by three different techniques (Squat, Stoop and Freestyle). Electrical activity of the rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, biceps femoris, semitendinosus, gastrocnemius medialis and tibialis anterior muscles were recorded during lifting with use of an electromyographic device.

Results: The intensity of quadriceps muscle; rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis activity in stoop technique was significantly less ($P=0.012$, $P=0.023$, $P=0.034$) and the intensity of hamstring muscle activity in stoop technique was significantly more than two other techniques ($P<0.05$). Also, the general co-contraction in the stoop technique is lower than the squat ($P=0.001$) and freestyle technique ($P=0.009$). Extensori-flexori directional co-contraction in stoop technique was significantly lower than the two other techniques ($P<0.05$).

Conclusion: According to the results, the Squat technique is a better technique for manual lifting of load than the freestyle and stoop techniques, and proper use of muscles around the knee joint reduces the mechanical forces and the risk of injury to this joint.

Keywords: Lifting, Electromyography, Co-contraction, Lower limb muscle.

How to Cite this Article:

Seif M, Bagheri SH, Hajilou B. Comparison of electrical and co-contraction activity of selected lower limb muscles during manual handling of loads with three different technique. *Journal of Rehabilitation Research in Nursing*. 2021;8(1):16-24.

مقایسه فعالیت الکتریکی و هم انقباضی عضلات منتخب اندام تحتانی طی بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت

معصومه سیف^۱، شهاب الدین باقری^{۱*}، بهروز حاجیلو^۲

^۱ استادیار، گروه علوم ورزشی، مجتمع آموزش عالی نهاوند، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
^۲ دکتری بیومکانیک ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، همدان، ایران

* نویسنده مسئول: شهاب الدین باقری، گروه علوم ورزشی، مجتمع آموزش عالی نهاوند، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
ایمیل: Bagherishahab@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۲۳ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۲۷

چکیده

مقدمه و هدف: بلند کردن بار، تکلیف دینامیکی پیچیده‌ای است که اندام فوقانی و تحتانی را درگیر می‌سازد. بلند کردن بار و وزنه در فعالیت‌های ورزشی و روزانه، ممکن است افراد را در معرض شرایط فیزیکی نامطلوب قرار دهد و به صدمه منجر شود. هدف از این پژوهش، مقایسه فعالیت الکتریکی و هم انقباضی عضلات منتخب اندام تحتانی طی وظیفه بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت بود.

روش کار: این مطالعه از نوع نیمه تجربی بود. تعداد ۱۸ آزمودنی مرد سالم (وزن: 73.6 ± 6.56 کیلوگرم، قد 176.7 ± 5.51 سانتی متر، سن: 26.2 ± 1.68 سال) به صورت تصادفی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها وظیفه بلند کردن دستی بار را با سه تکنیک متفاوت (اسکات، استوپ و فری استایل) انجام دادند. فعالیت الکتریکی عضلات راست رانی، پهن خارجی، پهن داخلی، دوسر رانی، نیم وتری، دوقلوی داخلی و درشت‌نئی قدامی آزمودنی‌ها طی بلند کردن بار با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی ثبت شد.

یافته‌ها: شدت فعالیت عضلات چهار سر رانی؛ راست رانی، پهن خارجی، پهن داخلی در تکنیک استوپ به طور معنی‌داری کمتر ($P=0.012, P=0.023, P=0.034$) و شدت فعالیت عضلات همسترینگ؛ دوسر رانی و نیم‌وتری در تکنیک استوپ بیشتر از دو تکنیک دیگر بود ($P<0.05$). همچنین هم انقباضی عمومی در تکنیک استوپ کمتر از تکنیک اسکات ($P=0.001$) و فری استایل ($P=0.009$) است. هم انقباضی جهت دار اکستنسوری-فلکسوری در تکنیک استوپ به طور معنی‌داری کمتر از دو تکنیک دیگر بود ($P<0.05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست آمده، تکنیک اسکات نسبت به تکنیک فری استایل و استوپ، تکنیک بهتری برای برداشتن دستی بار بوده و بکارگیری مناسب عضلات اطراف مفصل زانو باعث می‌شود نیروهای مکانیکی وارده و ریسک آسیب دیدگی این مفصل کاهش یابد.

کلیدواژه‌ها: بلند کردن، الکترومایوگرافی، هم انقباضی، عضلات اندام تحتانی.

مقدمه

امروزه با وجود مکانیزه شدن فرایندها، هنوز کارهای زیادی به صورت دستی در فعالیتهای مختلف انجام می‌شود که این کارها تحت عنوان حمل دستی بار بکار برده می‌شوند [۱]. حمل دستی بار شامل هر فعالیتی است که در آن بلندکردن، پایین آوردن، هل دادن، کشیدن، حمل کردن و نگه داشتن اشیاء انجام شود و نیاز به اعمال نیرو از سوی فرد باشد [۲]. رایج‌ترین فعالیت از بین فعالیتهای حمل دستی بار در محیطهای کاری، کارهای روزمره و فعالیتهای ورزشی، بلندکردن بار و جابجایی آن است [۳]. بلند کردن بار، تکلیف دینامیکی پیچیده‌ای است که اندام فوقانی و تحتانی را درگیر می‌سازد. این کار در فعالیتهای ورزشی و روزانه، ممکن است افراد را در معرض شرایط فیزیکی نامطلوب (اعمال نیرو، وضعیت‌های بدنی نامناسب و حرکتهای تکراری) قرار دهد و به صدماتی چون کمردرد، زانو درد، شکستگی، ضرب‌دیدگی و اتلاف انرژی و زمان منجر شود [۴، ۵]. بلند کردن بارهای سنگین نیز به عنوان عاملی مهم برای آسیب‌دیدگی مفصل زانو یا پیشرفت درد زانو به شمار می‌رود. تکنیک بلند کردن بار تأثیر معنی‌داری بر تحمیل بار بر اندام تحتانی طی بلند کردن بار دارد [۶]. طی بلند کردن بار، مفاصل و عضلات اندام تحتانی در معرض پرکاری و آسیب‌دیدگی قرار می‌گیرند [۷]. عضلات اندام تحتانی در بلند کردن و پایین آوردن بار نقش بسیار مهمی را ایفا می‌نمایند. بردارهای نیروی اندام فوقانی و همچنین میزان بار حمل شده بر مفاصل اندام تحتانی وارد می‌شود که عضلات چهار سر رانی و همسترینگ در تقلیل این نیروها نقش اساسی دارند. عضلات با نوع فعالیت و هم‌انقباضی‌های مختلفی به بارهای وارده به مفاصل پاسخ می‌دهند. تکنیک‌های مختلف بلند کردن بار باعث ایجاد زاویه‌های مفصلی متفاوت در اندام تحتانی شده و به طبع میزان فعالیت الکتریکی و هم‌انقباضی عضلات را تغییر خواهد داد [۸]. زوایای نامناسب برداشتن بار و فعالیت نامناسب عضلات زانو در دراز مدت منجر به درد زانو می‌شود [۸]. تاکنون مطالعات زیادی در مورد الگوی بهینه بلند کردن بار انجام شده است که بسیاری از آنها به مقایسه دو الگوی اساسی بلند کردن بدون خم کردن زانو و بلند کردن بار با خم کردن زانو اختصاص داشته است. مطالعات محدودی به چگونگی تأثیر اندام تحتانی بر مسیر بلند کردن و انتخاب روش بلند کردن توسط آزمودنی‌ها پرداخته‌اند [۹-۱۲، ۵۶]. تکنیک‌های اسکات، فری استایل و استوپ سه روش پرتکرار بلند کردن بار در جوامع مختلف هستند. این تکنیک‌ها می‌توانند باعث ایجاد نوع متفاوتی از فعالیت الکتریکی و هم‌انقباضی در عضلات اندام تحتانی شوند. بیجانی و همکاران مدلی را توسعه دادند که بارهای زانو را با همکاری نسبی عضلات پشت در بلند کردن بار مرتبط ساخته و رابطه معکوس بسیار قوی را بین نیروهای عکس‌العمل زانو و پشت نشان دادند [۱۳]. ترافیمو و همکاران نیز نشان دادند که قدرت عضلات چهارسر رانی توانایی فرد را برای بلند کردن بارهای سنگین

با زانوهای بسیار خم محدود می‌کند، این بدان معنی است که افراد تمایل دارند تا استراتژی‌های حرکت را در هنگام مقابله با شرایط دشوار تغییر دهند [۱۴]. جین و میرکا تأثیر محدودیت کینماتیک اندام تحتانی بر بیومکانیک بلند کردن بار را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با بررسی دو موقعیت شامل بلند کردن بار در موقعیت تکیه دادن به یک مانع در جلوی بدن و بلند کردن بار بدون تکیه دادن به مانع، نشان دادند که بلند کردن بار در موقعیت تکیه دادن به مانع، مزایای بیومکانیکی (کاهش سطوح فعال‌سازی عضلات، حرکات بلند کردن با کنترل بیشتر، کاهش نیروهای بافت‌های غیرفعال) را در مقایسه با موقعیت دیگر موجب می‌شود و این امر در صورتی امکان‌پذیر است که تکیه‌گاه فرد بر روی سطح، دارای ضریب اصطکاک بالا باشد [۱۵]. یون در پژوهش خود، ارتباط بین فعالیت عضلانی و زاویه مفصل ران و زانو را با توجه به تغییرات پهنای ایستادن طی یک تکلیف بلند کردن مورد بررسی قرار داد. نمونه آماری مورد بررسی در این مطالعه افراد جوان بودند. بررسی‌ها نشان داد که هرگاه پهنای ایستادن و فلکشن زانو افزایش و به دنبال آن فعالیت عضلانی درشت‌نی قدامی و راست کننده ستون فقرات کاهش یابد، بلند کردن اجسام بطور کارآمد اتفاق می‌افتد. هنگامی که فعالیت عضلانی سیرینی بزرگ و درشت‌نی قدامی مرتبط با یکدیگر باشد، بلند کردن اجسام تسهیل می‌گردد [۱۶]. در بیش‌تر مطالعات انجام شده یک الی دو تکنیک رایج بلند کردن بار مورد بررسی قرار گرفته و مطالعات کمتر به مقایسه سه تکنیک رایج و متداول بلند کردن بار پرداخته‌اند. علاوه بر این، مطالعات بیومکانیکی انجام شده بر بلند کردن بار، عمدتاً ستون فقرات و اندام‌های فوقانی را مد نظر قرار داده‌اند. از آنجا که نحوه فعالیت عضلات جهت کنترل بارهای وارده به مفاصل از جمله مفصل زانو بسیار حائز اهمیت است، به نظر می‌رسد با بررسی فعالیت الکتریکی و هم‌انقباضی عضلات منتخب اندام تحتانی طی بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت، بتوان اطلاعات بیشتری در زمینه بلند کردن بار و شناخت روش بهینه بلند کردن بار و جلوگیری از آسیب دیدگی مفصل زانو یا پیشگیری از ایجاد درد زانو ارائه داد. همچنین یافته‌های این پژوهش در انتخاب نوع بلند کردن بار در تمرینات قدرتی و جلوگیری از آسیب دیدگی به ورزشکاران کمک شایانی خواهد نمود. لذا در پژوهش حاضر مقایسه فعالیت الکتریکی و هم‌انقباضی عضلات منتخب اندام تحتانی طی وظیفه بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت بررسی شد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع مطالعات نیمه تجربی بود. مطالعه حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه نهاوند با کد ۱۴۰۰،۰۰۱ IR.NAHGU.REC. و بر اساس معاهده هلسینکی تصویب شده است. جامعه آماری این پژوهش را دانشجویان مرد دانشگاه‌های شهر همدان تشکیل دادند. در این پژوهش تعداد ۱۸ مرد سالم

فری استایل بود [۱۸]. در تکنیک اسکات، فرد برای برداشتن بار زانوهای خود را بصورت خم شدگی حدود ۴۵ درجه و تنه را تقریباً صاف (زاویه کمتر از ۳۰ درجه) نگاه می‌دارد. در این تکنیک آزمودنی با خم کردن زانوهای خود مانع فلکشن بیشتر تنه می‌شود و مرکز ثقل بدن به مرکز زمین نزدیک می‌شود. در تکنیک استوپ، فرد با صاف نگه داشتن زانوها (با زاویه حدود ۱۳۵ درجه) و خم کردن تنه (با زاویه حدود ۹۰ درجه) اقدام به برداشتن بار می‌کند. در این تکنیک فرد با صاف نگه داشتن زانوی خود مرکز ثقل را بالا نگه داشته و دامنه فلکشن تنه را افزایش می‌دهد. تکنیکی که بین دو وضعیت بدنی تکنیک‌های اسکات و استوپ اجرا شود تکنیک فری استایل یا نیمه اسکات تلقی می‌شود. در این وضعیت تنه و زانوها بصورت متعادل خم می‌شود. این تکنیک، مطلوب بسیاری از افراد است و معمولاً هنگامی که به فرد دستورالعملی در مورد چگونگی برداشتن بار داده نشود از این تکنیک استفاده می‌کند [۱۸، ۱۹]. آزمودنی‌ها، بلند کردن بار در سه موقعیت بلند کردن یک بار از مقابل بدن (۱۰ درصد وزن بدن) با استفاده از تکنیک‌های اسکات، استوپ و فری استایل، انجام دادند (تصویر-۱).



تصویر-۱. از چپ به راست: تکنیک اسکات، استوپ و فری استایل.

سیکل تا کامل شدن ۵ تکرار بلند کردن (Lifting) و ۵ تکرار پایین آوردن (Lowering) ادامه می‌یافت. مدت زمان استراحت در بین تکنیک‌ها، ۱ دقیقه در نظر گرفته شد [۱۰]. برای اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی، تعداد ۷ عضله برای ثبت فعالیت عضلانی انتخاب شدند. به منظور کاهش امپدانس پوست-الکتروود، موهای زاید عضلات در نقاط موردنظر کاملاً تراشیده شده و با پنبه آغشته به الکترولیت پوست کاملاً تمیز شد. پس از آماده شدن پوست، عمل الکتروودگذاری با استفاده از الکترودهای سطحی صورت گرفت. الکترودهای مورد نظر مطابق پروتکل اروپایی SENIAM بر روی عضلات راست رانی (۵۰ درصد فاصله بین خار خاصره فوقانی و کشکک زانو)، پهن خارجی (۵۰ درصد فاصله بین تروکانتر بزرگ ران و اپی کنديل خارجی ران)، پهن داخلی (۲۰ درصد پائینی فاصله بین خار خاصره فوقانی و فضای داخلی مفصل زانو)، دوسر رانی (در حد فاصل خطی که وسط چین گلوئتال را به زانو وصل می‌کند)، نیم وتری (سطح خلفی داخلی ران)، دوقلوی داخلی (برجستگی داخلی عضله)، و عضله درشت نی قدامی (یک سوم فوقانی فاصله بین سر فوقانی استخوان نازک نی و قوزک

وزن: $73/6 \pm 6/56$ کیلوگرم، قد $176/7 \pm 5/51$ سانتی‌متر، سن: $26/2 \pm 1/68$ سال) به طور تصادفی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس از اطلاع از روند پژوهش، به طور داوطلبانه و با کسب رضایت‌نامه آگاهانه وارد مطالعه شدند. برای اطمینان از عدم وجود ناهنجاری در اندام تحتانی آزمودنی‌ها از آزمون نیویورک استفاده شد [۱۷]. معیارهای ورود به مطالعه؛ نداشتن هرگونه بیماری عصبی-عضلانی، اسکلتی و یا بیماری حاد، نداشتن درد کمر و درد مفاصل اندام تحتانی حداقل یک سال پیش از تحقیق بود [۱۷]. معیارهای خروج از مطالعه؛ درد در اندام تحتانی و ستون فقرات طی انجام مراحل بلند کردن و پایین آوردن بار، عدم توانایی جهت به انجام رساندن یکی از تکنیک‌های مورد مطالعه، وجود دردهای انتشاری و رادیکولاری به اندام تحتانی، درد در مسیر عصب سیاتیک و بی‌حسی اندام تحتانی بود.

پس از حضور نمونه‌ها در محل آزمایشگاه، از افراد خواسته شد تا با پوشیدن لباس مناسب، به مدت ۵ دقیقه بدن خود را گرم کنند. تکنیک‌های بلند کردن بار شامل تکنیک اسکات، استوپ و

ترتیب اجرای این تکنیک‌ها بصورت تصادفی تعیین می‌شد. تصادفی بودن اجرای تکنیک‌ها جهت جلوگیری از خستگی سیستماتیک در داده‌ها انجام شد. بلند کردن یک بار از مقابل بدن، با استفاده از یک جعبه مکعبی شکل با ابعاد ۳۰ سانتی متر به وزن $3/2$ کیلوگرم انجام شد. در هر سه موقعیت، فاصله محل اتصال دست بر روی بار تا زمین، به میزان ۲۸ سانتی‌متر و فاصله بین پاها نیز به اندازه عرض شانه‌ها بود که عرض شانه‌ها با اندازه‌گیری فاصله بین دو زانده آخرومی تعیین شد. به آزمودنی آموزش داده می‌شد که تا حد امکان جعبه را نزدیک بدن خود قرار دهد و از برخورد جعبه به بدن جلوگیری بعمل آورد. حفظ آهنگ حرکت در طی ثبت فعالیت عضلانی، نیازمند هماهنگی و تمرین می‌باشد. از این رو، سرعت انجام حرکت با استفاده از مترونوم تنظیم شد و همچنین پیش از ثبت اطلاعات، آزمودنی‌ها با نحوه اجرای تکنیک‌ها آشنا شده و به هر یک از آن‌ها فرصت داده می‌شد تا بتوانند خود را با ضرب آهنگ مترونوم هماهنگ سازند. آهنگ اجرای تکنیک‌ها به گونه‌ای بود که بالا بردن بار، نگه داشتن بار، پایین آوردن و زمان مکث، هر یک در مدت ۲ ثانیه انجام می‌شد (۲ بیت در ثانیه). این

آزمون تعقیبی توکی جهت مقایسه فعالیت عضلات استفاده شد. سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد شدت فعالیت عضلات در سه تکنیک اسکات، فری استایل و استوپ در نمودار ۱- آمده است. شدت فعالیت عضلات در تکنیک استوپ برای سه عضله راست رانی، پهن خارجی، پهن داخلی نسب به تکنیک اسکات ($P=0.034$ ، $P=0.03$ ، $P=0.029$) و فری استایل ($P=0.012$ ، $P=0.023$ ، $P=0.014$) به طور معنی داری کمتر بود. همچنین شدت فعالیت عضلات دوسررانی و نیم‌وتری در تکنیک استوپ به طور معنی داری نسبت به تکنیک اسکات ($P=0.011$ ، $P=0.021$ ، $P=0.01$) و فری استایل ($P=0.02$ ، $P=0.04$ ، $P=0.026$) بیشتر بود. عضلات دوقلوی داخلی و درشت‌نی قدامی در تکنیک‌های مورد مطالعه تغییر معنی داری نداشتند.

نمودار ۲- میزان هم انقباضی عمومی عضلات اطراف مفصل زانو در سه تکنیک متفاوت برداشتن دستی بار را نشان می‌دهد. هم انقباضی عمومی در تکنیک استوپ نسبت به تکنیک اسکات ($P=0.001$) و فری استایل ($P=0.009$) به طور معنی داری کمتر بود. هم انقباضی عمومی در تکنیک اسکات و فری استایل تفاوت معنی داری نداشت ($P=0.69$).

نمودار ۳- هم انقباضی جهت‌دار عضلات اکستنسوری و فلکسوری اطراف زانو طی بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت را نشان می‌دهد. اعداد مثبت نشان دهنده بیشتر بودن فعالیت عضلات اکستنسوری زانو و اعداد منفی نشان دهنده بیشتر بودن فعالیت عضلات فلکسوری زانو می‌باشد. همچنین میزان اعداد نزدیک به صفر نشان دهنده افزایش هم‌انقباضی جهت‌دار و اعداد بیش از صفر بدون توجه به علامت اعداد، نشان دهنده کاهش هم‌انقباضی جهت‌دار می‌باشد. نتایج نشان داد که در تکنیک‌های مورد مطالعه هم‌انقباضی جهت‌دار اکستنسوری غالب بوده است و همه اعداد مثبت بودند. شدت هم انقباضی جهت‌دار اکستنسوری-فلکسوری در تکنیک استوپ به طور معنی داری کمتر از تکنیک اسکات ($P=0.017$) و فری استایل ($P=0.021$) بود. در مقابل هم‌انقباضی جهت‌دار اکستنسوری-فلکسوری در تکنیک اسکات و فری استایل اختلاف معنی دار مشاهده نشد ($P=0.72$).

نسبت فعالیت عضلات چهارسررانی به همسترینگ در تکنیک‌های مورد مطالعه در نمودار ۴- آمده است. نسبت فعالیت عضلات چهارسررانی به همسترینگ در تکنیک استوپ نسبت به تکنیک اسکات ($P=0.016$) و فری استایل ($P=0.019$) به طور معنی داری کمتر است. نسبت فعالیت عضلات چهارسررانی به همسترینگ در تکنیک فری استایل به طور معنی داری کمتر از تکنیک اسکات است ($P=0.013$).

داخلی (مچ پا) الکتروود سطحی نصب شد. فاصله مرکز تا مرکز الکتروودها ۲ سانتی‌متر بود و الکتروود زمین بر روی استخوان درشت‌نی قرار گرفت. به منظور کاهش آرتیفکت‌های حرکتی، سیم‌های متصل به الکتروودها، با استفاده از چسب ضد حساسیت بر روی پوست ثابت شد [۲۰].

برای ثبت فعالیت عضلانی از دستگاه الکترومایوگرافی ۸ کاناله MIE ساخت کشور انگلستان با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ Hz، پهنای باند (۵-۵۰۰ dB/Hz)، حساسیت سیگنال ۱۰۰ μV استفاده شد و ماکزیمم نویز دستگاه ۱.۶۸ mV و CMRR استفاده شده، ۱۱۰ dB بود. برای نرمال‌سازی داده‌های سیگنال‌های خام الکترومایوگرافی، انقباض‌های ۵ ثانیه‌ای MVIC هر عضله با استفاده از یک فیلتر میان‌گذر ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز فیلتر شدند. سپس RMS داده‌های فیلتر شده، محاسبه گردید. یک ثانیه از هر داده (بالاترین فلات منحنی) جداسازی شده و داده‌های آن استخراج شد. با تقسیم مقدار فعالیت به دست آمده برای هر عضله بر مقدار MVIC و ضرب عدد به دست آمده در ۱۰۰، درصد فعالیت هر عضله به دست آمد. از حاصل جمع فعالیت الکتریکی تمام عضلات مفصل زانو برای محاسبه هم‌انقباضی عمومی استفاده شد [۲۱].

برای محاسبه هم‌انقباضی جهت‌دار در صورتی که عضلات اکستنسور آگونیست بودند، از معادله ۱- استفاده شد و در صورت آگونیست بودن فلکسور، از معادله ۲- استفاده شد. از مجموع فعالیت عضلات چهارسر رانی بر مجموع فعالیت عضلات همسترینگ برای محاسبه نسبت فعالیت عضلات چهارسر رانی به همسترینگ استفاده شد [۲۲، ۲۳].

معادله ۱- معادله هم‌انقباضی در صورتی که عضلات اکستنسور آگونیست باشند.

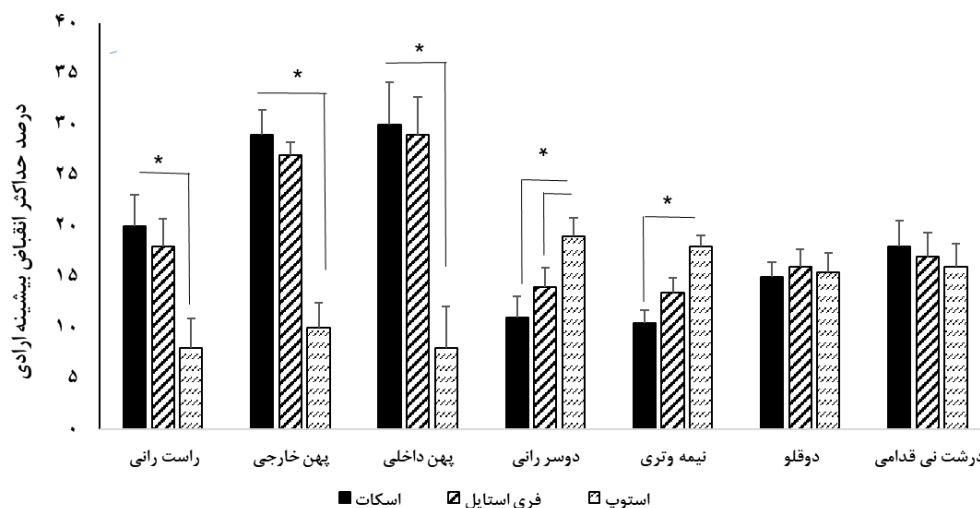
$$1 - \frac{\text{میانگین فعالیت عضله آنتاگونیست}}{\text{میانگین فعالیت عضله آگونیست}} = \text{هم‌انقباضی جهت‌دار}$$

معادله ۲- معادله هم‌انقباضی در صورتی که عضلات فلکسور آگونیست باشند.

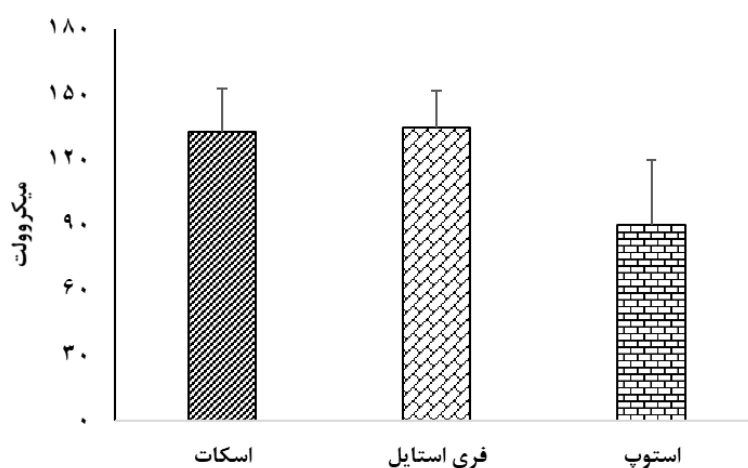
$$\frac{\text{میانگین فعالیت عضله آنتاگونیست}}{\text{میانگین فعالیت عضله آگونیست}} - 1 = \text{هم‌انقباضی جهت‌دار}$$

هم‌انقباضی جهت‌دار عضلات بازکننده زانو (عضلات راست رانی، پهن داخلی و پهن خارجی) به عضلات خم‌کننده زانو (عضلات دوقلوی داخلی، نیم‌وتری و دوسر رانی) در این مطالعه در نظر گرفته شد. در روابط مربوط به هم‌انقباضی جهت‌دار هرچه عدد به صفر نزدیک‌تر باشد، میزان هم‌انقباضی بیشتر و هرچه عدد به ۱ و ۱- نزدیک‌تر شود میزان هم‌انقباضی کمتر خواهد بود [۲۲، ۲۳].

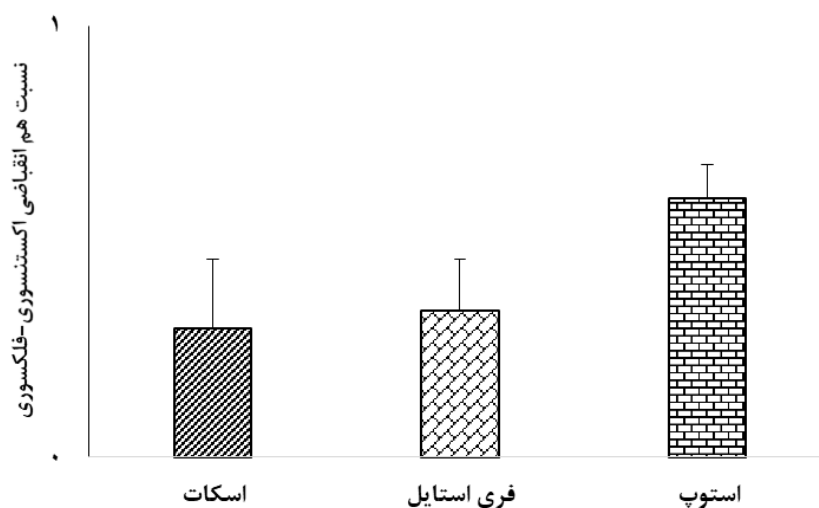
تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. برای تعیین اثر تکنیک‌های متفاوت بلند کردن بار از روش آماری آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری (Repeated Measure) استفاده شد. سپس در



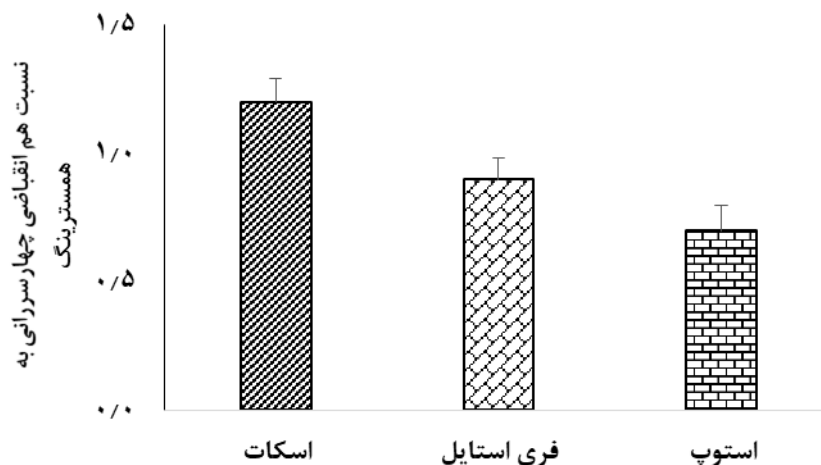
نمودار-۱. میانگین و انحراف استاندارد شدت فعالیت عضلات در سه تکنیک اسکات، فری استایل و استوپ $p < 0.05$ *



نمودار-۲. میزان هم انقباضی عمومی عضلات اطراف مفصل زانو طی بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت



نمودار-۳. هم انقباضی جهت دار عضلات اکستنسوری و فلکسوری اطراف زانو طی بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت



نمودار-۴. نسبت فعالیت عضلات چهارسررانی به همسترینگ طی بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت

بحث

هدف این پژوهش مقایسه فعالیت الکتریکی و هم انقباضی عضلات منتخب اندام تحتانی طی بلند کردن دستی بار با سه تکنیک متفاوت بود. یافته‌ها نشان داد شدت فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی مورد مطالعه و در تکنیک‌های انجام شده متفاوت است. شدت فعالیت عضلات چهارسررانی در تکنیک استوپ نسبت به تکنیک‌های دیگر کمتر و شدت فعالیت عضلات همسترینگ در تکنیک استوپ بیشتر از دو تکنیک دیگر بود. عضلات چهارسررانی نقش حمایتی فعال مهمی در جلوگیری از وارد آمدن نیروهای مکانیکی آسیب‌زا به این مفصل دارند [۲۷]. با توجه به یافته‌های تحقیق مشاهده شد که در تکنیک استوپ کمترین میزان مشارکت عضلات چهارسررانی نسبت به دو تکنیک دیگر وجود دارد. در مقابل فعالیت عضلات چهارسررانی در تکنیک فری استایل و اسکات متفاوت نبوده و حمایت خوبی از مفصل زانو انجام می‌شود. فعالیت بیشتر عضلات همسترینگ در تکنیک استوپ به دلیل دو مفصله بودن این عضله و عملکرد آن بر حرکت لگن است و نقش حمایتی آن از مفصل زانو در این تکنیک نیز کم‌رنگ است [۲۸]. در تکنیک اسکات و فری استایل مرکز جرم بدن پائین‌تر از تکنیک استوپ قرار می‌گیرد. علاوه بر این، در بلند کردن به روش اسکات بازوی گشتاوری تنه در محدوده زانو افزایش می‌یابد که این امر موجب افزایش تقاضای بکارگیری عضلات چهارسررانی می‌گردد [۲۷، ۲۸]. عضلات دوقلو و درشت‌نی قدامی فعالیت یکسانی در هر سه تکنیک مورد مطالعه داشتند و نقش حمایتی آنها از مفصل زانو یکسان است. لذا در افرادی که با مشکل درد زانو یا آسیب دیدگی‌های قبلی این مفصل مواجه هستند بلند کردن دستی بار به روش اسکات یا فری استایل پیشنهاد می‌شود تا با بکارگیری عضلات قدرتمند چهارسررانی، نیروهای وارده به این مفصل را کاهش دهند. نتایج مطالعه صالح و همکاران در سال ۲۰۲۰ با مطالعه حاضر همسو بود. در این مطالعه که بر روی افراد مرد سالم انجام شده بود، سه وزن متفاوت جهت بلند کردن بار با استفاده از

تکنیک‌های اسکات و استوپ انجام شد که نتایج آن‌ها نشان داد شدت فعالیت عضلات چهارسر در تکنیک اسکات به طور معنی داری نسبت به تکنیک استوپ بالاتر است و همچنین شدت فعالیت عضلات همسترینگ در تکنیک استوپ فعالیت بالاتری را نسبت به اسکات نشان دادند [۲۶].

هم انقباضی عمومی در تکنیک استوپ نسبت به دو تکنیک کمتر به طور معنی داری کمتر بود. همچنین هم انقباضی عمومی در تکنیک فری استایل از تکنیک اسکات به طور معنی داری کمتر بود. نتایج نشان می‌دهد در تکنیک اسکات به دلیل فلکشن بیشتر اندام تحتانی شاهد فعالیت بیشتر عضلات و در نتیجه هم انقباضی عمومی بیشتر بوده و در تکنیک استوپ به دلیل عدم فلکشن در اندام تحتانی و تمرکز بر فلکشن کمر، شاهد کمترین هم انقباضی عمومی هستیم. کاهش هم انقباضی عمومی میزان نیروی وارده به اندام تحتانی را بیشتر خواهد کرد و مکانیسم حفاظتی فعال عضلات را کاهش خواهد داد [۲۴، ۲۵، ۲۹]. از رویکرد هم انقباضی عمومی جهت کاهش بارهای مکانیکی وارد بر مفصل زانو و در نتیجه کاهش ریسک آسیب دیدگی تکنیک اسکات ایمن‌تر به نظر می‌رسد. شدت هم انقباضی جهت‌دار اکستنسوری-فلکسوری در تکنیک استوپ به طور معنی داری کمتر از تکنیک اسکات و فری استایل بود. در مقابل هم انقباضی جهت‌دار اکستنسوری-فلکسوری در تکنیک اسکات و فری استایل متفاوت نبود. همانطور که نمودارهای شدت فعالیت و هم انقباضی عمومی مشاهده شد. شدت فعالیت عضلات چهارسررانی در تکنیک استوپ نسبت به دو روش دیگر کمتر بود. همین عامل باعث شده است هم انقباضی جهت‌دار اکستنسوری-فلکسوی زانو در تکنیک فری استایل و اسکات نسبت به تکنیک استوپ بیشتر باشد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان نمود هم انقباضی جهت‌دار اکستنسوری در تکنیک اسکات و فری استایل نیز ثبات مفصل زانو را افزایش داده و تکنیک بهتری نسبت به استوپ جهت برداشتن بار هستند. نسبت فعالیت عضلات چهارسررانی به همسترینگ در تکنیک استوپ نسبت به تکنیک

کاربرد عملی مطالعه

فعالیت عضلات جهت کنترل بارهای وارده به مفاصل از جمله مفصل زانو بسیار حائز اهمیت است، با بررسی فعالیت الکتریکی و هم انقباضی عضلات اندام تحتانی در بلند کردن دستی بار با تکنیک‌های متفاوت، می‌توان اطلاعات بیشتری در زمینه بلند کردن بار و شناسایی روش‌های مطلوب‌تر بلند کردن بار بدست آورد و توصیه‌های موثرتر در پیشگیری از آسیب‌دیدگی و در نتیجه درد مفصل زانو ارائه داد. با وجود این، مطالعات بیشتر در این زمینه توصیه می‌گردد.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل پژوهش حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه نهاوند، ایران IR.NAHGU.REC.۱۴۰۰.۰۰۱ و بر اساس اعلامیه هلسینکی مورد تصویب قرار گرفت. همه شرکت کنندگان رضایت نامه کتبی را برای شرکت در پژوهش امضا نمودند.

سهم نویسندگان

سیف: ایده اولیه مقاله و نگارش اولیه مقاله و کار آزمایشگاهی را انجام داد. باقری: ایده مطالعه، نگارش و تهیه درافت اولیه و نهایی، نظارت بر جمع‌آوری داده، آنالیز آماری و تفسیر داده‌ها، سابمیت و رویژن مقاله را به عهده داشته است. حاجیلو: کار آزمایشگاهی و جمع‌آوری داده‌ها را انجام داد.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران از تمامی آزمودنی‌هایی که در این پژوهش شرکت نمودند تقدیر و تشکر می‌نماید.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی مجتمع آموزش عالی نهاوند انجام شده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله هیچگونه تعارض منافی نداشته‌اند.

منابع

1. Ciriello VM, Dempsey PG, Maikala R V, O'Brien N V. Revisited: comparison of two techniques to establish maximum acceptable forces of dynamic pushing for male industrial workers. Int J Ind Ergon. 2007; 37(11-12):877-82. doi: 10.1016/j.ergon.2007.07.003
2. Lin CJ, Wang SJ, Chen HJ. A field evaluation method for assessing whole body biomechanical joint stress in manual lifting tasks. Ind Health. 2006; 44(4):604-12. doi: 10.2486/indhealth.44.604

اسکات و فری استایل به طور معنی‌داری کمتر است. همچنین نسبت فعالیت عضلات چهارسرانی به همسترینگ در تکنیک فری استایل کمتر از تکنیک اسکات بود. اکثر مطالعات مربوط به بلند کردن بار بر مکانیسم‌های تاثیر گذار بر عضلات تنه تمرکز داشته است و مطالعه حاضر و به نوبه خود اولین مطالعه‌ای است که متغیرهای هم انقباضی و فعالیت عضلات اندام تحتانی طی برداشتن بار را مورد بررسی قرار داده است. لذا مطالعه‌ای یافت نشد که توسط آنها نتیجه‌گیری حاضر مورد مقایسه قرار گرفته و در تفسیر نتایج مطالعه و یافتن روابط علت و معلولی مورد استفاده قرار گیرد. لذا با توجه به تجزیه تحلیل بیومکانیکال از نتایج بدست آمده می‌توان بیان نمود در تکنیک اسکات نسبت به دو تکنیک دیگر مورد مطالعه، میزان حمایت بیشتری از عضلات چهارسرانی و همسترینگ را دارا است و لذا جهت پیش‌گیری از آسیب دیدگی و یا کاهش درد مفصل زانو طی برداشتن دستی بار، استفاده از این تکنیک بسیار سودمند خواهد بود. از نقاط قوت این پژوهش به نوع پردازش سیگنال، داده‌های خروجی و تعداد عضلات مورد مطالعه می‌توان اشاره نمود و عدم وجود اطلاعات کینماتیک و کنتیک جهت ارتباط و تحلیل بهتر نتایج الکترومایوگرافی را به عنوان محدودیت‌های پژوهش می‌توان نام برد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد برای جلوگیری از آسیب دیدگی مفصل زانو و همچنین پیشگیری از درد زانو در فعالیت‌های بلند کردن دستی بار، عضلات اندام تحتانی در تکنیک اسکات، ثبات و حمایت مناسبی را از مفصل زانو انجام داده و می‌تواند نیروهای مکانیکی وارد به این مفصل را کاهش دهد. در مقابل تکنیک استوپ به دلیل عدم حمایت عضلات از مفصل زانو، این مفصل را در معرض بارهای مکانیکی متفاوتی طی برداشتن بار کرده و آن را در معرض آسیب دیدگی قرار می‌دهد. پیشنهاد محققین این مطالعه جهت جلوگیری از آسیب دیدگی، برداشتن بار با استفاده از تکنیک اسکات است.

3. Liew BXW, De Nunzio AM, Srivastava S, Falla D. Influence of low back pain and its remission on motor abundance in a low-load lifting task. Sci Rep. 2020; 10(1):1-12. doi:10.1038/s41598-020-74707-4
4. Antwi-Afari MF, Li H, Edwards DJ, Pärn EA, Seo J, Wong AYL. Biomechanical analysis of risk factors for work-related musculoskeletal disorders during repetitive lifting task in construction workers. Autom Constr. 2017;83:41-7. doi: 10.1016/j.autcon.2017.07.007

5. Berglund L, Aasa B, Michaelson P, Aasa U. Effects of low-load motor control exercises and a high-load lifting exercise on lumbar multifidus thickness. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(15):E876–82. doi: 10.1097/brs.0000000000001989
6. Amin S, Goggins J, Niu J, Guermazi A, Grigoryan M, Hunter DJ, et al. Occupation-related squatting, kneeling, and heavy lifting and the knee joint: a magnetic resonance imaging-based study in men. *J Rheumatol*. 2008;35(8):1645–9.
7. Gold JE, Kurowski A, Gore RJ, Team PR, Punnett L. Knee pain in nursing home workers after implementation of a safe resident handling program. *Am J Ind Med*. 2018;61(10):849–60.
8. Fransen M, Agaliotis M, Bridgett L, Mackey MG. Hip and knee pain: role of occupational factors. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2011;25(1):81–101. doi: 10.1002/ajim.22902
9. Holtermann A, Clausen T, Aust B, Mortensen OS, Andersen LL. Risk for low back pain from different frequencies, load mass and trunk postures of lifting and carrying among female healthcare workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013;86(4):463–70. doi: 10.1007/s00420-012-0781-5
10. Faber GS, Kingma I, Bakker AJM, Van Dieën JH. Low-back loading in lifting two loads beside the body compared to lifting one load in front of the body. *J Biomech*. 2009;42(1):35–41. doi: 10.1016/j.jbiomech.2008.10.013
11. SHI W, SHAN X, CHENG X. Effect of Different Lifting Load on Biomechanical Variables of Lumbar Spine during Trunk Flexion-extension Performance. *J Tianjin Univ Sport*. 2013;(6):8. doi: 10.1016/S0268-0033(99)00004-2.
12. Marras WS, Davis KG, Jorgensen M. Gender influences on spine loads during complex lifting. *spine J*. 2003;3(2):93–9. doi: 10.1016/s1529-9430[02]00570-3
13. Bejjani FJ, Gross CM, Pugh JW. Model for static lifting: relationship of loads on the spine and the knee. *J Biomech*. 1984;17(4):281–6. doi: 10.1016/0021-9290[84]90138-6
14. Trafimow JH, Schipplein OD, Novak GJ, Andersson GB. The effects of quadriceps fatigue on the technique of lifting. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(3):364–7. doi: 10.1097/00007632-99303000-00011
15. Jin S, Mirka GA. The effect of a lower extremity kinematic constraint on lifting biomechanics. *Appl Ergon*. 2011;42(6):867–72. doi: 10.1016/j.apergo.2011.02.003
16. Yoon J-G. The correlation between the muscle activity and joint angle of the lower extremity according to the changes in stance width during a lifting task. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(8):1023–5. doi: 10.1589/jpts.25.1023
17. Hajiloo B, Anbarian M, Esmaeili H, Mirzapour M. The effects of fatigue on synergy of selected lower limb muscles during running. *J Biomech*. 2020;103. doi: 10.1016/j.jbiomech.2020.109692
18. Straker L. Evidence to support using squat, semi-squat and stoop techniques to lift low-lying objects. *Int J Ind Ergon*. 2003;31(3):149–60. doi:10.1016/S0169-8141[02]00191-9
19. Burgess-Limerick R. Squat, stoop, or something in between? *Int J Ind Ergon*. 2003;31(3):143–8. doi:10.1016/S0169-8141[02]00190-7
20. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. European recommendations for surface electromyography. *Roessingh Res Dev*. 1999;8(2):13–54. doi: 10.1016/s1050-6411(00)00027-4
21. Esmaeili H, Anbarian M, Salari Esker F, Hajiloo B, Sanjari MA. Long-term effects of foot orthoses on leg muscles activity in individuals with pesplanus during walking. *Sci J Kurdistan Univ Med Sci*. 2014;19(1):88–98. doi: 10.22102/19.1.88
22. Anbarian M, Hajiloo B, Sepehrian M, Sadeghi S, Esmaeili H. The Effect of Quadriceps Fatigue on Co-Activation of Knee Muscles during Walking. *Jundishapur Sci Med J*. 2015;14(3):309–21. doi: 10.13140/RG.2.1.3932.0406
23. hajiloo B, Anbarian M, Jalalvand A, Mirzapour M. The effect of fatigue on Electromyography activity pattern and Co-contraction of lower limb muscle during running. *Razi J Med Sci*. 2018;25(1):83–91. doi: 10.1016/j.rjms.2018.2.1.8391
24. Huysamen K, Power V, O'Sullivan L. Kinematic and kinetic functional requirements for industrial exoskeletons for lifting tasks and overhead lifting. *Ergonomics*. 2020;1–13. doi: 10.3390/ijerph18010161
25. Gómez-Carmona CD, Bastida-Castillo A, Rojas-Valverde D, de la Cruz Sánchez E, García-Rubio J, Ibáñez SJ, et al. Lower-limb dynamics of muscle oxygen saturation during the back-squat exercise: Effects of training load and effort level. *J Strength Cond Res*. 2020;34(5):1227–36. doi: 10.1016/j.ergon.2020.102989
26. Salleh NAM, Sazali MSA-BN, Zakaria NAC, Mustafah NM, Azaman A. Electromyography Analysis of Lower Extremity Muscles during Squat and Stoop Movement. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing; 2020. p. 12035. doi: 10.1088/1757-899X/834/1/012035
27. Kellis E, Arabatzis F, Papadopoulos C. Muscle co-activation around the knee in drop jumping using the co-contraction index. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(3):229–38. doi: 10.1080/00140139.2020.1759698
28. Gómez-Carmona CD, Bastida-Castillo A, Rojas-Valverde D, de la Cruz Sánchez E, García-Rubio J, Ibáñez SJ, et al. Lower-limb dynamics of muscle oxygen saturation during the back-squat exercise: Effects of training load and effort level. *J Strength Cond Res*. 2020;34[5]:1227–36. doi: 10.1519/JSC.0000000000003400
29. Kellis E, Arabatzis F, Papadopoulos C. Muscle co-activation around the knee in drop jumping using the co-contraction index. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13[3]:229–38. doi:10.1016/s1050-6411[03]00020-8