المپیک
فصلنامه
سال بیستم- شماره ۴ (پیاپی ۶۰) زمستان ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۹
تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۲۲

اثر نوع و شدت انقباض‌های ارادی بر برخی متغیرهای الکتروفیزیولوژیایی پرش عمودی ورزشکاران دو و میدانی

❖ **عباس عبدالملکی**: دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت معلم تهران*
❖❖ **پژمان معتمدی**: استادیار دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تربیت معلم تهران
❖❖❖ **مهرداد عنبریان**: استادیار دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بوعلی همدان
❖❖❖❖ **حمید رجبی**: دانشیار دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تربیت معلم تهران

چکیده: هدف از این پژوهش عبارت است از تعیین اثر نوع و شدت انقباض‌های ارادی بر برخی متغیرهای الکتروفیزیولوژیایی پرش عمودی. آزمودنی‌های این پژوهش دوازده ورزشکار تمرین‌کردهٔ دو و میدانی بودند (سن: ۱/۱۹±۲۳/۸۳ سال، قد: ۰/۰۶±۱/۷۵ متر، وزن: ۳/۷۹±۶۷/۱۵ کیلوگرم، پیشینهٔ تمرین: ۱/۵±۴/۰۸ سال) که در پنج روز متفاوت، تصادفی یکی از پنج پروتکل گرم‌کردن (گروه کنترل)، گرم‌کردن و اجرای نیم‌اسکوات پویای بیشینه (1MR)، گرم‌کردن و اجرای یک نوبت سه تکراری نیم‌اسکوات پویای زیربیشینه (۷۵ تا ۸۰ درصد 1MR)، گرم‌کردن و اجرای یک نوبت چهار ثانیه‌ای نیم‌اسکوات ایستای بیشینه، گرم‌کردن و اجرای یک نوبت هفت ثانیه‌ای نیم‌اسکوات ایستای زیربیشینه (۷۵ تا ۸۰ درصد بیشینه) را اجرا کردند. پنج دقیقه پس از اجرای هر پروتکل، از آزمودنی‌ها آزمون پرش عمودی به عمل آمد و فعالیت الکترومایوگرافی (EMG) گروه‌های عضلانی چهارسر و همسترینگ در مرحلهٔ درون‌گرای پرش و در هنگام حداکثر انقباض ارادی (MVC) به ثبت رسید. پس از ثبتEMG، شاخص RMS/MVC متغیر پژوهش از آن استخراج شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد ارتفاع پرش پس از انجام پروتکل‌های نیم اسکوات پویای بیشینه (۱۰/۵۸ درصد)، نیم‌اسکوات پویای زیربیشینه (۱۰/۵۳ درصد) و نیم‌اسکوات ایستای زیربیشینه (۷/۷۹درصد) نسبت به ارتفاع پرش گروه کنترل به طور معناداری افزایش یافت (P≤۰/۰۵). در حالی که هیچ تفاوت معنادار آماری‌ای بین اندازه‌گیری‌های تکراری در فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسر و همسترینگ یافت نشد (P > ۰/۰۵). بنابراین، با استفاده از گرم‌کردن ویژه شامل نیم‌اسکوات با شدت‌های بیشینه و زیربیشینه نسبت به گرم‌کردن معمول می‌توان عملکرد پرش عمودی متعاقب را بهبود بخشید که به نظر می‌رسد بیشتر مربوط به تغییرات درون عضلانی باشد.

کلید واژه: انقباض ارادی، نیرومندسازی پس‌فعالی، فعالیت الکترومایوگرافی عضله، حداکثر پرش عمودی.

***Email: abdolmaleki84@gmail.com**

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

بـه کارگیری روش‌های افزایـش توان عضلانی (قدرت انفجاری) بسیار مهم است (۲۰). پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند اجرای انقباض‌های ارادی بیشینه و زیربیشـینه باعـث بهبـود موقت تـوان عضلانی و عملکـرد پـرش (افقی یا عمـودی) می‌شـود که به آن نیرومندسـازی پس‌فعالـی (PAP)[1] می‌گوینـد (۴،۹،۱۱،۱۶،۲۳). اثـر این پدیده کاربردهای زیادی دارد، از جمله برای رقابت در ورزش‌های سـرعتی- توانی و طراحی روش‌های تمرین مقاومتی- ترکیبی (۷). علی‌رغم محبوبیت اثر این پدیده در نزد مربیان، یافته‌هـای پژوهش‌های موجود در مورد اثر PAP به طور آشـکاری با یکدیگر در تناقض‌اند (۳۱). برای مثال مطالعـه‌ای نشـان داد حداکثر انقبـاض ارادی ایزومتریک بیشـینه (MVIC)[2] حـرکات انفجاری متعاقب چند مفصله را بهبود می‌بخشـد (۹). اما رابینز و داکرتـی (۲۶) در پی اجـرای MVIC هیچ تغییر معنـاداری را در عملکـرد پـرش عمودی مشـاهده نکردند.

همچنین، برخی پژوهش‌ها گزارش کردند اجرای حرکت اسـکوات با بارهای سـنگین منجـر به بهبود عملکرد پرش عمودی متعاقب می‌شود (۱۱،۱۷،۲۵). در پژوهش‌های دیگر بهبودهای معناداری یافت نشـد (۱۵،۱۸،۱۹،۲۱،۲۵،۲۷). ایـن تناقض‌هـا در مطالعات PAP ممکن است ناشی از تعداد عواملی باشد که بر این پدیده اثر می‌گذارند (۳۱).

در همین راسـتا، هامادا و همکارانش (۱۴) بیان کردند انـدازهٔ اثر PAP ممکن اسـت به روش‌های بـه کارگیری PAP همچنیـن ویژگی‌های عضلانی افراد بستگی داشـته باشد. برای مثال، به نظر می‌رسد یکی از عواملی که در روش به کارگیری PAP مهم است، شدت مورد استفاده در انقباض ارادی باشد.

یافته‌ها در این خصوص همسو نیستند، به گونه‌ای که برخـی پژوهش‌ها بر شـدت‌های سـنگین تأیید کرده‌اند (۸،۲۳،۳۰)، در حالـی که در پژوهش‌های دیگر گزارش شـده شـدت‌های خیلی زیـاد به طور منفی بـر عملکـرد پرش عمـودی اثـر می‌گذارند (۱۳،۲۵).

ایـن تناقـض در پژوهش‌هایی که شـدت‌های متوسـط و سبک را بررسـی کرده‌اند نیز وجود دارد به گونه‌ای که برخی پژوهشـگران گـزارش کردند عملکـرد پرش پس اجـرای انقباض‌های زیربیشـینه افزایـش می‌یابد (۱۱،۲۹)، در حالی که دیگران هیچ تغییر معناداری در عملکرد پرش به دنبال اسـتفاده از بارهای متوسـط و سبک مشـاهده نکردند (۶،۳۱). همچنیـن، یکـی دیگـر از عواملی کـه در روش به کارگیـری PAP مهم اسـت نـوع انقبـاض مورد اسـتفاده در این پدیده است (۱۴). تنها مطالعه‌ای که به مقایسـهٔ اثر انقباض ارادی ایستا و پویا پرداخته بیان می‌دارد انقباض ایزومتریک نسبت به انقباض پویا اثر بیشتری بر عملکرد انفجاری متعاقب دارد (۲۵)، البته هر دو پروتکل پژوهش ریکسـون و همکارانش در یک روز اجرا شده بود که هر گونه نتیجه‌گیری را با تردید همراه می‌کند.

هر چند سازوکارهای مسـئول در پدیدهٔ PAP بـه طـور دقیق شـناخته نشـده اسـت، تاکنـون دو

1. Postactivation Potentiation
2. Maximum Voluntary Isometric Contraction

www.SID.ir
Archive of SID

سازوکار عمده برای پدیدهٔ PAP پیشنهاد شده است. یکی تغییرات عصبی- عضلانی و شواهد مربوط به H-Reflex[1] و دیگری فسفردار شدن زنجیرهٔ سبک میوزین(MLC)[2] است (۱۲). علی‌رغم اهمیت تغییرات عصبی در پدیدهٔ PAP، پژوهش‌های بسیار کمی به بررسی این تغییرات با الکترومایوگرافی سطحی پرداخته‌اند (۹،۱۹،۲۹). البته تنها استریوپولوس و همکارانش (۲۹)، به دنبال بهبود عملکرد، تغییر معناداری در فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسر مشاهده کردند، اما به دلیل اینکه در پژوهش خود از گروه کنترل استفاده نکرده بودند، یافتهٔ حاصل از الکترمایوگرافی سطحی با تردید همراه است.

از سوی دیگر، فرنچ و همکارانش (۹) و جونز و لیس (۱۹) که حجم باردهی نسبتاً بالا و زمان استراحت کمی را به کار بردند در فعالیت الکترومایوگرافی عضله‌های مورد ارزیابی، همراه با بهبود عملکرد انفجاری، تفاوتی نیافتند. بنابراین، پژوهش حاضر بر آن است اثر نوع (انقباض ارادی ایستا و پویا) و شدت انقباض‌های ارادی (بیشینه و زیربیشینه) را بر برخی متغیرهای الکتروفیزیولوژیایی پرش عمودی بررسی کند.

روش شناسی

آزمودنی‌ها

آزمودنی‌های این پژوهش دوازده ورزشکار تمرین‌کردهٔ مرد رشتهٔ دو و میدانی (دو نفر در مادهٔ ۱۰۰ و ۲۰۰ متر، هشت نفر در مادهٔ ۸۰۰ و ۱۵۰۰ متر و دو نفر در مادهٔ ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ متر) ساکن شهرستان همدان بودند (سن: ۱/۱۹±۲۳/۸۳ سال، قد: ۰/۰۶±۱/۷۵ متر، وزن: ۳/۷۹±۶۷/۱۵ کیلوگرم، پیشینهٔ تمرین: ۱/۵±۴/۰۸ سال). همهٔ آزمودنی‌ها دست کم یک سال سابقهٔ تمرین مقاومتی (شامل اسکوات) نامنظم داشتند. همچنین، همهٔ آزمودنی‌ها فرم رضایتنامهٔ شرکت در پژوهش و پرسشنامهٔ سلامت و تندرستی را تکمیل کردند.

اندازه‌گیری‌ها

قدرت بیشینه. قدرت بیشینهٔ آزمودنی‌ها به فاصلهٔ ۷۲ ساعت پیش از اجرای اولین جلسهٔ گردآوری داده‌ها، در حرکت نیم‌اسکوات بیشینهٔ پویا و ایستا (زاویهٔ زانو ۹۰ درجه) به فاصلهٔ شش ساعت از یکدیگر پس از گرم کردن بر اساس پروتکل هافمن ارزیابی شد (۱). در ارزیابی قدرت بیشینه و اجرای پروتکل‌ها از صفحه‌های وزنه، میلهٔ هالتر ۲۰ کیلوگرمی و پایهٔ اسکوات دست‌ساز و گونیامتر استفاده شد.

پرش عمودی. پس از گذشت پنج دقیقه از پایان گرم کردن، آزمون پرش عمودی اجرا می‌شد، به این صورت که آزمودنی‌ها به گونه‌ای بر صفحهٔ نیروی فوت اسکن قرار می‌گرفتند که پاها به اندازهٔ عرض شانه از یکدیگر فاصله داشتند. از حالت نیم‌چمباتمه (زاویهٔ زانو بین ۹۰ تا ۱۰۰ درجه)، در حالی که دست‌های خود را در نزدیکی کمر خود نگه داشته بودند، سعی می‌کردند با تمام توان به سمت بالا پرش کنند. سپس، با زانوهای باز روی صفحهٔ نیرو فرود می‌آمدند. پس از ثبت زمان پرواز، با استفاده از

1. Haffman Reflex
2. Myosin Light Chain

Archive of SID
www.SID.ir

فرمول ۱ ارتفاع پرش به‌دست آمد.

$$\text{Jump Height} = \frac{(9.18\ \text{m.s}^{(-2)} \times (\text{flight time (s)})^2}{8}$$

فرمول ۱. محاسبهٔ ارتفاع پرش عمودی با زمان پرواز (۳)

نحـوهٔ ثبت زمان پرواز با دسـتگاه فوت‌اسـکن. فوت‌اسکن بیشـتر برای ثبت چگونگی توزیع نیرو به کار می‌رود، اما در این پژوهش برای ثبت زمان پرواز از آن اسـتفاده شـد. به این گونه که آزمودنی برای اجرای پـرش روی صفحهٔ نیروی فوت‌اسـکن قرار می‌گرفـت و پرش خود را اجرا می‌کرد. تا زمانی که آزمودنی روی صفحه قرار داشـت، توزیع نیرو قابل مشـاهده بود و هنگامی که از صفحه جدا می‌شـد تا زمان پیش از فرود هیچ نیرویی مشاهده نمی‌شد. این وسیله زمان پرواز را تا هزارم ثانیه نشان می‌داد.

فعالیـت الکترومایوگرافـی. در ایـن پژوهش فعالیـت الکترومایوگرافی ماهیچه‌هـای پهن جانبی و راسـت‌رانی (با فعالیت گروه عضلانی چهارسـر) و دوسـر رانی (فعالیت گروه عضلانی همسترینگ) ارزیابی شـد. به دلیل اینکـه ماهیچه‌های پهن جانبی و دوسـر رانی بـه ترتیب عمل‌کننده‌هـای اصلی در بازکردن مفاصل زانو و ران هستند، همچنین ماهیچهٔ راست‌رانی ماهیچه‌ای دو مفصله است، برای ارزیابی در ایـن پژوهـش انتخـاب شـدند (۱۹،۲۹). مکان الکترودگذاری در ثبت امـواج الکتریکی ماهیچه‌ها در حیـن پـرش و MVC یکسـان بـود. همچنین، الکترودگـذاری و ثبت EMG MVC بر اسـاس روشـی که در SENIAM[1] آمده است(۱۰) انجام شـد. فعالیت الکترومایوگرافی هنـگام پرش به ثبت رسـید، اما در این پژوهش تنها مرحلـهٔ درون‌گرا یا بالا رفتن تا زمان خاموشـی ماهیچه در زمان پرش مد نظر بود. شاخص الکترومایوگرافی مورد نظر در این پژوهش نسـبت RMS/MVCبود که در این نسبت مقدار حداکثـر برای صورت و مخرج در نظر گرفته شد.

روش کار

در ایـن پژوهش، کـه به صـورت متقاطع اجرا شـد، آزمودنی‌ها در معرض پنج پروتکل آزمایشـی در پنج روز متفاوت قرار گرفتند. جلسـهٔ آشناسازی و اندازه‌گیـری یـک تکـرار بیشـینه در حرکـت نیم‌اسـکوات ایسـتا و پویا دسـت کم بـه فاصلهٔ ۷۲ ساعت پیش از شروع کار به انجام رسید. آزمودنی‌ها در هـر روز بر حسـب تصادف با فاصلهٔ دسـت کم ۴۸ سـاعت یکی از پنج پروتـکل گرم کردن (گروه کنتـرل)، گرم کـردن و اجرای نیم‌اسـکوات پویای بیشـینه (۱RM)، گـرم کردن و اجـرای یک نوبت سـه تکراری نیم‌اسـکوات پویای زیربیشـینه (۷۵ تا ۸۰ درصـد ۱RM)، گرم کردن و اجرای یک نوبت چهار ثانیه‌ای نیم‌اسکوات ایستای بیشینه، گرم کردن و اجرای یک نوبت هفت ثانیه‌ای نیم‌اسکوات ایستای زیربیشینه (۷۵ تا ۸۰ درصد بیشینه) را اجرا می‌کردند و پنج دقیقـه پس از اجرای پروتـکل، آزمون پرش عمـودی به عمل می‌آمـد. در هـر روز آزمودنی‌ها پروتکل گرم کردن یکسـانی را اجرا کردند. ابتدا با سـرعت ۸ تا ۹ کیلومتر بر ساعت به مدت پنج دقیقه روی نوارگـردان دویدنـد، پـس از آن دو دقیقه به انجام حرکات کششی (گروه‌های عضلانی چهارسر،

1. Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles

www.SID.ir

همسـتریگ، جلو و پشـت سـاق پا و ناحیهٔ پشت و کمر) پرداختند (هر حرکت چهار تا شش ثانیه) و در پایان پنج حرکت نشسـت و برخاست را اجرا کردند (۹،۲۵،۲۹).

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و اسـتنباطی استفاده شـد. از آمار توصیفی برای تعیین میانگین، انحراف معیار، رسـم نمودارها و جـداول اسـتفاده شـد. در بخش آمار اسـتنباطی از آزمـون آنوا بـا اندازه‌های تکـراری، همچنین از آزمون تعقیبی LSD نیز استفاده شد. سطح معناداری آزمون‌هـای آمـاری P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شـد. تمام عملیات آماری با اسـتفاده از رایانه انجام شـد. برای رسـم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ و برای محاسـبات از نرم‌افـزار SPSS ۱۸ و برای محاسـبهٔ اندازهٔ اثر در مقایسـه‌های دوبـه‌دو اندازه‌گیری‌های تکـراری از نرم‌افـزار Comprehensive Meta Analysis Version ۲/۰ استفاده شد.

یافته‌ها

ارتفـاع پرش عمـودی. تجزیه و تحلیل داده‌ها (جـدول ۱) نشـان داد ارتفاع پـرش عمودی پس از گرم کردن معمولی، پروتکل‌های نیم‌اسکوات پویای بیشینه، نیم‌اسـکوات پویای زیربیشینه و نیم‌اسکوات ایستای زیربیشینه نسـبت به ارتفاع پرش پس از گرم کردن معمولی به ترتیب ۱۰/۵۸ (P=۰/۰۲۲)، ۱۰/۵۳ (P=۰/۰۴۱) و ۷/۷۹ درصـد (P=۰/۰۳۶) افزایـش یافـت (P≤۰/۰۵). همچنین، ارتفـاع پرش عمودی پس از اجرای پروتکل نیم‌اسـکوات ایسـتای بیشینه نسـبت به ارتفاع پرش پس از اجـرای پروتکل گرم کردن معمـول ۷/۴۰ درصد افزایش یافـت که البته از لحاظ آماری معنادار نبـود (P>۰/۰۵). همچنین، در هیـچ یک از مقایسـه‌های دو بـه دوی دیگر بین اندازه‌گیری‌هـای تکراری هیچ تفـاوت معناداری به

جدول۱. میانگین و انحراف معیار ارتفاع پرش عمودی در اندازه گیری‌های تکراری

سطح‌های متغیر مستقل	تعداد	ارتفاع پرش (سانتی‌متر)	درصد تغییرات ♀
گرم کردن (کنترل)	۱۲	۲۹/۸۲۵±۴/۶۲	-
گرم کردن و نیم‌اسکوات بیشینهٔ پویا (۱RM)	۱۲	* ۳۲/۹۸۳±۳/۶۵	۱۰/۵۸
گرم کردن و نیم‌اسکوات زیربیشینهٔ پویا (۷۵-۸۰ درصد ۱RM)	۱۲	* ۳۲/۹۶۷±۳/۹۴	۱۰/۵۳
گرم کردن و نیم‌اسکوات بیشینهٔ ایستا (صددرصد بیشینه)	۱۲	۳۲/۰۳۳±۴/۲۵	۷/۴۰
گرم کردن و نیم اسکوات زیربیشینهٔ ایستا (۷۵-۸۰ درصد بیشینه)	۱۲	* ۳۲/۱۵۰±۴/۷۷	۷/۷۹

♀ درصد تغییرات نسبت به گرم کردن معمول (کنترل)

* تفاوت معنادار آماری نسبت به گرم کردن معمول (کنترل) (P<۰/۰۵)

www.SID.ir
Archive of SID

جدول۲. میانگین و انحراف معیار نسبت RMS/MVC گروه‌های عضلانی چهارسر و همسترینگ در اندازه گیری‌های تکراری

ردیف	متغیر مستقل	تعداد	نسبت RMS/MVC	
			چهارسر	همسترینگ
۱	گرم کردن (کنترل)	۱۲	۰/۳۹۴±۰/۲۷۵	۱/۰۸۳±۰/۱۵۵
۲	گرم کردن و نیم‌اسکوات بیشینهٔ پویا (۱RM)	۱۲	۰/۳۳۷±۰/۱۷۰	۰/۹۵۹±۰/۲۷۵
۳	گرم کردن و نیم‌اسکوات زیربیشینهٔ پویا (۷۵-۸۰ درصد ۱RM)	۱۲	۰/۳۴۸±۰/۱۵۱	۱/۰۵۸±۰/۱۶۶
۴	گرم کردن و نیم‌اسکوات بیشینهٔ ایستا (صددرصد بیشینه)	۱۲	۰/۳۱۸±۰/۱۵۰	۰/۹۸۳±۰/۲۲۳
۵	گرم کردن و نیم‌اسکوات زیربیشینهٔ ایستا (۷۵-۸۰ درصد بیشینه)	۱۲	۰/۳۳۰±۰/۲۱۱	۱/۰۹۳±۰/۳۱۷

در بین هیچ یک از اندازه‌گیری‌ها تفاوت معناداری یافت نشد (P>۰/۰۵).

لحاظ آماری یافت نشد (P>۰/۰۵).

فعالیت الکترومایوگرافی. هیچ تغییر معناداری در فعالیت الکترومایوگرافی (نسبت RMS/MVC) گروه‌های عضلانی چهارسر و همسترینگ در بین اندازه‌گیری‌های تکراری یافت نشد (P=۰/۲۹۹ و P=۰/۴۲۲ به ترتیب) (جدول ۲).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد ارتفاع پرش عمودی پس از اجرای گرم کردن معمولی و یک نوبت نیم‌اسکوات پویای بیشینه نسبت به ارتفاع پرش عمودی بدون گرم کردن معمولی به طور معناداری بیشتر بود. این یافته با مطالعهٔ هافمن و همکارانش (۱۷) همسوست که اثر اجرای یک نوبت نیم‌اسکوات پویای بیشینه را بر ارتفاع پرش عمودی ارزیابی کردند و افزایش معناداری را در ارتفاع پرش عمودی یافتند.

همچنین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد ارتفاع پرش عمودی حتی به‌دنبال اجرای یک نوبت نیم‌اسکوات پویای زیربیشینه پس از گرم کردن معمولی، به طور معناداری نسبت به ارتفاع پرش عمودی پس از گرم کردن معمولی افزایش یافت. این یافته نیز با نتایج چندین مطالعهٔ دیگر که افزایش در پرش عمودی به دنبال نیم‌اسکوات پویا را نشان دادند همسوست (۴،۸،۲۳). با وجود این، برخی پژوهشگران بیان کردند تمرین پویا با وزنهٔ زیربیشینه همواره به برانگیختگی قابل توجه سیستم عصبی- عضلانی و تغییر در عملکرد پرش نمی‌انجامد (۷،۱۹،۲۵).

برخی پژوهشگران، همچون سیمیلیوس و همکارانش (۲۸) و ستیروپولوس و همکارانش (۲۹) نشان دادند تنها راه برانگیختگی عصبی- عضلانی و بهره‌مندی از پدیدهٔ نیرومندسازی پس‌فعالی برای دست یافتن به عملکردهای بالاتر استفاده از بارهای سنگین نیست. برای مثال، ستیروپولوس و همکارانش (۲۹) با استفاده از بارهای زیربیشینه قبل از پرش

www.SID.ir

عمـودی، به افزایش ۳/۹۵ درصدی در توانایی پرش عمـودی دسـت یافتنـد. در حالی کـه در پژوهش حاضر پس از اجرای پروتکل نیم‌اسـکوات بیشینه و زیربیشینهٔ پویا نسـبت به اجرای پروتکل گرم کردن بـه تنهایی به ترتیـب افزایش‌هـای ۱۰/۵۸ و ۱۰/۵۳ درصدی در ارتفاع پرش عمودی به دسـت آمد که بـا توجه به اندازهٔ اثر (۰/۷۴۶ و ۰/۷۲۸ به ترتیب) این افزایش در عملکرد پرش عمودی تأیید می‌شود.

دلایل اختلاف در میزان تغییرات در پژوهش‌های گوناگـون ممکن اسـت به عوامل متعددی بسـتگی داشته باشد. برای مثال، در برخی پژوهش‌های پیشین برای آزمون عملکرد از پرش اُفتی، پرش طول جفت پا یا پرش عمودی با تاب دادن دست‌ها استفاده کرده بودند (۸،۱۵،۲۰). برای نمونه پرش افتی شـامل یک چرخهٔ کشش- کوتاه شدن سریع است، در حالی که پرش از حالت نیم‌چمباتمه آهسـته‌تر است. بنابراین، ممکن اسـت اختلاف در نـوع تحریک منجر به این تفاوت‌ها شده باشد و شـاید لازم باشد فعالیتی برای نیرومندسـازی ایـن گونه فعالیت‌ها (برای کشـش- کوتاه شـدن) به کار گرفته شـود. همچنین، هانسـن و همکارانـش (۱۵) حرکت اسـکوات را با ماشـین اسـمیت انجام دادند، در حالی کـه اجرای حرکت اسـکوات با میلـهٔ آزاد برای آزمون پـرش عمودی ویژه‌تر است، زیرا در حین اسکوات با ماشین اسمیت فشـار به صـورت عمـودی روی بازکننده‌های زانو بدون درگیری مناسـب بازکننده‌های لگن و پشـت وارد می‌شـود. در این حرکت، اغلب با حرکت پا به سـمت جلو فشار روی دورسی فلکسورهای انگشتان کاهش می‌یابد. در نتیجه ممکن است ویژگی فعالیت متعاقب (پرش عمودی) را از دسـت بدهد (۲۹). در تأیید این موضوع، شـاید بتوان گفت یکی از دلایلی که هیج و همکارانش (۱۳) به دنبال اجرای اسکوات با ۸۵ درصـد یک تکرار بیشـینه به نتایـج منفی در ارتفاع پرش دسـت یافتند، استفاده از ماشین اسمیت بوده اسـت که از ویژگی لازم بـرای پرش عمودی برخوردار نبود.

در پژوهش حاضر، ارتفاع پرش عمودی پس از اجرای پروتکل‌های نیم‌اسـکوات بیشینه و زیربیشینهٔ ایسـتا نیز نسـبت بـه ارتفـاع پرش عمـودی پس از اجـرای پروتکل گرم کردن به ترتیـب ۷/۴ و ۷/۷۹ درصد افزایش داشـت. افزایش در ارتفاع پرش پس از اجرای پروتکل نیم‌اسـکوات ایستای بیشینه از نظر آماری معنـادار نبود و درصد افزایش آن نسـبت به پروتکل نیم‌اسـکوات ایستای زیربیشینه کمتر بود اما با مشـاهدهٔ اندازهٔ اثرها، شاید بتوان گفت آثار تقریباً مشابهی بر ارتفاع پرش داشته‌اند.

این نتایج با یافته‌هـای پژوهش‌هایی که افزایش در ارتفـاع پـرش به دنبـال اسـتفاده از انقباض‌های ایزومتریک بیشینه را مشاهده کرده بودند همسوست (۹،۲۰،۲۵). اما هیـج و همکارانش (۱۳) بیان کردند پس از اجرای اسـکوات زیربیشینهٔ ایستا (صد درصد یک تکـرار بیشـینه پویـا) عملکرد پـرش عمودی کاهش یافت، که البته این کاهش ممکن است ناشی از پیشـینهٔ تمرینی آزمودنی‌ها و یا اسـتفاده از ماشین اسـمیت باشـد. همچنین، به دلیل اینکه در پژوهش حاضر نسـبت به پژوهش‌های دیگـر حجم پروتکل انقبـاض ارادی کمتـری پس از گرم کـردن به کار گرفته شـد (۸،۳۱)، به نظر می‌رسد خستگی کمتری نیز رخ داده است که درصد تغییرات را در این بخش

www.SID.ir
Archive of SID

تا حدودی توجیه می‌کند.

در بررسی میزان فعالیت الکترومایوگرافی (نسبت RMS/MVC) گروه عضلانی چهارسر در بین اندازه‌گیری‌های تکراری تفاوت معناداری یافت نشد. این با نتایج پژوهش فرنچ و همکارانش (۹) همسوست که تفاوت معناداری را در IEMG بازکننده‌های زانو پس از اجرای بارهای آمادگی مشاهده نکردند. در حالی که در پژوهش ستیروپولوس و همکارانش (۲۹) نسبت RMS/MVC در گروه عضلانی چهارسر افزایش یافت. اما نمی‌توان به درستی نتایج پژوهش ستیروپولوس و همکارانش (۲۹) تکیه کرد زیرا در پژوهش آن‌ها گروه کنترل وجود نداشت. همچنین، به دلیل اینکه پروتکل آن‌ها در یک روز به انجام رسیده بود، پرش پیش‌آزمون می‌توانست بر پرش پس‌آزمون تأثیرگذار باشد.

از دگر سو، صرف نظر از عدم وجود تفاوت معنادار بین نسبت RMS/MVC گروه عضلانی همسترینگ (عضلهٔ دوسر) در بین اندازه‌گیری‌های تکراری، کاهش میزان فعالیت عضلهٔ دوسر از طریق درصد تغییرات و اندازهٔ اثر قابل مشاهده است. در میان مطالعه‌های موجود تنها یک مطالعه به بررسی تغییرات فعالیت الکترومایوگرافی عضلهٔ دوسر رانی پرداخته بود (۱۹) که نتایج آن با پژوهش حاضر همسوست و هیچ تغییر معناداری را به لحاظ آماری در فعالیت الکترومایوگرافی عضلهٔ دوسر رانی مشاهده نکرده است. با وجود این، به دلیل اینکه ده نفر از دوازده آزمودنی این پژوهش در ماده‌های نیمه‌استقامتی و استقامتی فعالیت می‌کردند، این موضوع نیز از دلایل تغییرات اندک فعالیت الکترومایوگرافی (نسبت RMS/MVC) گروه‌های عضلانی چهارسر و همسترینگ آزمودنی‌ها در این پژوهش است، زیرا برانگیختگی عصبی به دنبال باردهی‌های سنگین در تارهای تندانقباض بیشترین مقدار را داراست (۹). حال با توجه به نبود تفاوت معنادار در میزان فعالیت الکترمایوگرافی عضلات چهارسر و همسترینگ در بین اندازه‌گیری‌های تکراری، شاید بتوان بخشی از بهبود ارتفاع پرش عمودی بر اثر کاربندی‌های نیرومندسازی را با سازوکارهای احتمالی درون عضلانی از جمله فسفردار شدن زنجیرهٔ سبک میوزین (۱۲،۱۴) و تغییر در زاویهٔ پری شکل تارهای عضلانی درگیر (۱۴) مرتبط دانست.

اگرچه در مقایسه‌های دو به دو بین اندازه‌گیری‌های تکراری در ارتفاع پرش پس از اجرای پروتکل‌های گرم کردن و اجرای نیم‌اسکوات با یکدیگر تفاوت معناداری از نظر آماری یافت نشد، اما با توجه به درصد تغییرات و اندازهٔ اثر مقایسه‌های دو به دو تفاوت‌هایی در ارتفاع پرش به چشم می‌آید که به لحاظ عملکردی اهمیت دارند. ارتفاع پرش پس از اجرای نیم‌اسکوات پویای بیشینه نسبت به ارتفاع پرش پس از اجرای نیم‌اسکوات ایستای بیشینه و نیم‌اسکوات ایستای زیربیشینه به ترتیب ۲/۹ و ۲/۶ درصد افزایش داشت که این میزان تغییرات مشابه پژوهش هافمن و همکارانش (۱۷) بود. عدم وجود اختلاف معنادار آماری در ارتفاع پرش پس از اجرای نیم‌اسکوات پویای بیشینه نسبت به ارتفاع پرش پس از اجرای نیم‌اسکوات ایستای بیشینه و نیم‌اسکوات ایستای زیربیشینه ناشی از کم بودن تعداد نمونه در پژوهش حاضر است، در حالی که در پژوهش هافمن و همکارانش (۱۷) که تعداد

www.SID.ir
Archive of SID

آزمودنی‌ها ۶۴ نفر بود، همین میزان تغییرات معنادار گزارش شـد. با وجود این، باید در نظر داشـت که پیشینهٔ تمرینی آزمودنی‌ها منبع اختلاف در این بخش است، زیرا هیچ یک از آزمودنی‌های پژوهش حاضر تجربهٔ اجرای چنین انقباض‌های ایسـتای شدیدی را نداشـتند. علی‌رغم اینکه انقباض‌های ایستا خستگی سوخت‌وسازیی کمتری را در بردارند (۹)، اما به نظر می‌رسد ویژگی تمرین و پیشینهٔ انقباض تأثیرگذارتر باشند.

نتیجه‌گیـری. پژوهـش حاضـر نشـان داد بـه کارگیـری نیم‌اسـکوات‌های بیشـینه و زیربیشـینه به صورت ایسـتا و پویـا پس از گرم کردن نسـبت بـه گرم کردن بـه تنهایـی باعث افزایـش عملکرد انفجاری متعاقب می‌شـود که به نظر می‌رسد به دلیل بالا بـدون کارایی ایـن روش در افزایـش عملکرد انفجـاری در ورزش‌هـای توانـی- انفجاری بسـیار سودمند واقع گردد. با توجه به آنچه در این پژوهش به دسـت آمد، به نظر می‌رسـد ویژگی در اندازهٔ اثر پدیدهٔ PAP بسـیار تعیین‌کننده باشـد، البته باید در نظر داشـت آزمودنی‌های دارای درصد بیشـتری از تارهای تندانقباض یا ورزشـکاران توانی- انفجاری شـاید بتوانند به میزان بیشـتری از این پدیده بهره‌مند گردنـد. همچنین، با توجه بـه یافته‌های این پژوهش و پژوهش‌هـای دیگر احتمـالاً تغییرات عصبی که با الکترومایوگرافـی سـطحی اندازه‌گیری شـد بهبود عملکـرد در PAP را توجیـه نمی‌کنـد و بـه نظـر می‌رسد فسفردار کردن زنجیرهٔ سبک میوزین توجیه بهتری برای افزایش عملکرد باشـد. به طور کلی و با در نظر گرفتن یافته‌های این پژوهش، این گونه به نظر می‌رسـد به کارگیری انقباض‌های بیشینه و زیربیشینه پیش از اجراهای انفجـاری با در نظر گرفتن ویژگی فعالیت متعاقب نسبت به گرم کردن به تنهایی کارایی بالاتری داشته باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

۱. هافمن، جی. ،۱۳۸۹، نورم‌های آمادگی، عملکرد و سلامت، ترجمهٔ بهمن تاروردی‌زاده، لقمان رادپی و سیروان آتشک. انتشارات نرسی، تهران.

2. **Baker, D. (2003). "Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training". Journal of Strength and Conditioning Research, 17(3), 493-497.**
3. **Bosco, C.; Luhtanen, P. and Komi P.V. (1983). "A simple method for measurement of mechanical power in jumping". European Journal of Applied Physiology 51, 129-135.**
4. **Chiu, Z.L.; Fry, A.C.; Weiss, L.W.; Schilling, B.K.; Brown, L.E. & Smith, S.L. (2003). "Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals". Journal of Strengthand Conditioning Research, 17(4),671-677.**
5. **Clark, R. A.; Bryant, A. L. & Reaburn, P. (2006). "The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session". Journal ofStrength and Conditioning Research, 20(1), 162-166.**
6. **Comyns, M.T.; Harrison, A.J.; Hennessy, L.K. and Jensen, R.L. (2007). "Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players". Sports Biomechanic, 6(1), 59-70.**
7. **Ebben, P.W.; Jensen, R.A. and Blackard, D.O. (2000). "Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables". Journal of Strength and Conditioning Research 14(4), 451-456**
8. **Eduardo, S.S. de, V.; Juan, J.G. & Mikel, I. (2007). "Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance". European Journal of Applied Physiology, 100, 393-401.**
9. **French, D.N.; Kraemer, W.J. & Cooke, C.B. (2003). "Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions". Journal of Strength and ConditioningResearch, 17(4),678-685.**
10. **Freriks, B. and Hermens, H. (1999). "SENIAM 9: European recommendations for surface electromyography. ISBN: 90-75452-14-4". Roessingh Research and Development bv.**
11. **Gourgoulis, V.; Aggeloussis, N.; Kasimatis, P.; Mavromatis, G. &Garas, A. (2003). "Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability". Journal of Strength andConditioning Research, 17(2),342-344.**
12. **Guellich, A. & Schmidtbleicher, D. (1996). "MVC-induced short-term potentiation of explosive force". New Studies in Athletics, 11(4), 67-81.**
13. **Hage, R.E.; Zakhem, E.; Moussa, E. & Jacob, C. (2010). "Acute effects of heavy-load squats on consecutive vertical jump performance", Science &Sports.**
14. **Hamada, T.; Sale, D.G.; MacDougall, J.D. & Tarnopolsky, M.A. (2000). "Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles". J ApplPhysiol, 88, 2131-2137.**
15. **Hanson, E.D.; Leich, S. & Mynark, R.G. (2007). "Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping". Journal of Strength and Conditioning Research, 21(4), 1012-1017.**
16. **Hodgson, M.; Docherty, D. & Robbins, D. (2005). "Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance". Sports Medicine, 35,585-595.**
17. **Hoffman, J.R.; Ratamess, N.A.; Faigenbaum, A.D.; Mangine, G.T. & Kang, J.(2007). "Effects of maximal squat exercise testing on vertical jump performance in American college football players". Journal of Sports**

www.SID.ir
Archive of SID

Science and Medicine, 6, 149-150.

18. **Jensen, R.L. & Ebben, W.P. (2003). "Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance". Journal of Strength and Conditioning Research, 17(2), 345-349.**
19. **Jones, P. & Lees, A. (2003). "A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises". Journal of Strength and Conditioning Research, 17(4), 694-700.**
20. **Kovačević, E.; Armen, K.; Fuad, B. & Asim, B. (2010). "Effects of maximum isometric contraction on explosive power of lower limbs (jump performance)", Sport SPA, Vol.7(1), 69-75.**
21. **Magnus, B.C.; Takahashi, M.; Mercer, J.A.; Holcomb, W.R. & McWhorter, J.W.(2006). "Investigation of vertical jump performance after completing heavy squat exercises". Journal of Strength and Conditioning Research, 20, 597-600.**
22. **Peter, K. (2005).The ABC of EMG. Noraxon INC. USA, Version 1.0.**
23. **Radcliffe, J.C. & Radcliffe, L. (1996). "Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task". Medicine and Science in Sports and Exercise, 28(5), 189.**
24. **Rahimi, R. (2007). "The Acute Effects of Heavy versus Light- Load Squats on Sprint Performance". Physical Education and Sport, 5(2), 163-169.**
25. **Rixon, P.K.; Lamont, H.S. & Bemben, M.G. (2007). "Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on Postactivation potentiation performance". Journal of Strength and ConditioningResearch, 21(2), 500-505.**
26. **Robbins, D. & Docherty, D. (2005). "Effect of loading on enhancement of power performance over three consecutive trials". Journal of Strength and Conditioning Research, 19(4), 898-902.**
27. **Scott, S.L. & Docherty, D. (2004). "Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance". Journal of Strength and Conditioning Research, 18(2), 201-205.**
28. **Smilios, I.; Pilianidis, T.; Sotiropoulos, K.; Antonakis, M. & Tokmakidis, S P. (2005). "Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance". Journal of Strength and Conditioning Research, 19(1), 135-139.**
29. **Sotiropoulos, K.; Ilias, S.; Marios. C.; Karolina, B.; Angelos, S.; Helen, D. & Savvas, P.T. (2010). "Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity". Journal of Sports Science and Medicine, 9, 326-331.**
30. **Weber, K.R.; Brown, L.E.; Coburn, J.W. & Zinder, S.M. (2008). "Acute effects of heavy load squats on consecutive squat jump performance". Journal of Strength and Conditioning Research, 22(3), 726-730.**
31. **Witmer, C.A.; Shala, E.D. & Gavin, L.M. (2010). "The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women". Journal of Sports Science and Medicine, 9, 206-213.**

Archive of SID

www.SID.ir