مقاله پژوهشی

اثر خستگی حاصل از فعالیت پلایومتریک بر الگوی فعالیت عضله راست رانی در مراحل مختلف پرش عمقی دختران فعال

سمیه احمدآبادی[۱]، دکتر حمید رجبی[۲]، دکتر رضا قراخانلو[۳]، دکتر سعید طالبیان[٤]

۱- دانشجوی دکتری تربیت بدنی، فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تربیت معلم

۳- دانشیار گروه تربیت بدنی دانشگاه تربیت مدرس

۴- استاد دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

زمینه و هدف: هدف مطالعه حاضر، تعیین اثر خستگی حاصل از یک جلسه تمرین پلایومتریک بر توانایی پرش عمودی و الگوی فعالیت عضله راست رانی پای برتر در مراحل پرش عمقی دختران فعال بود.

روش بررسی: ۱۷دانشجوی دختر با میانگین سنی۰/۷۶±۲۱/۵سال به‌طور تصادفی به دو گروه تجربی و کنترل ۱۰ و ۷ نفره تقسیم شدند. گروه تجربی یک جلسه تمرین پلایومتریک را اجرا نمود و گروه کنترل هیچ فعالیتی انجام نداد. قبل و پس از انجام تمرین، آزمون پرش عمودی با استفاده از ارگوجامپ و فعالیت الکتریکی عضله راست رانی پای برتر با استفاده از الکترومیوگرافی آزمون شد. نتایج آزمون پرش عمودی، کاهش عملکرد (F = ۴/۵ ؛ P =۰/۰۴) و خستگی را تایید کرد. سیگنال خام الکترومیوگرافی بر اساس مراحل پرش عمقی، به ۳ مرحله تقسیم و فقط ۲ مرحله اول تحلیل شد. در هر مرحله، ماکزیمم دامنه فعالیت و زمان کل بدست آمد. برای مقایسه پس آزمون دو گروه از تحلیل واریانس چند متغیره (۲×۲) استفاده شد.

یافته ها: پس از یک جلسه تمرین، ماکزیمم فعالیت عضله راست رانی در مرحله ۱و۲ در گروه تجربی کاهش معناداری را نشان داد.

نتیجه گیری: تحقیق حاضر نشان داد که خستگی عصبی حاصل از تمرین پلایومتریک در برنامه حرکتی(در مرحله پیش فعالیت) نیز اتفاق می افتد.

کلید واژه ها: پرش عمقی، تمرین پلایومتریک، پرش عمودی، الکترومیوگرافی، عضله راست رانی.

(ارسال مقاله ۱۳۹۲/۲/۱۷، پذیرش مقاله ۱۳۹۲/۶/۲۷)

نویسنده مسئول: میرداماد، رازان جنوبی، مجموعه آموزشی ورزشی شهید کشوری، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

Email: hrajabi@hotmail.com

مقدمه

سوابق پژوهشی نشان می‌دهند که تمرین پلایومتریک موجب افزایش حداکثر بازده توان و قدرت پا، بهبود عملکرد پرش عمودی، افزایش هوشیاری مفصل و افزایش حس عمقی کلی می‌شود (۱). هر چند حرکات مختلفی در تمرین پلایومتریک مورد استفاده قرار می گیرد، ولی پرش عمقی، مهارتی بسیار پیچیده و از مشهورترین حرکات پلایومتریک (۳،۲) برای بهبود اجرای پرش عمودی محسوب می‌شود (۴). این پرش از چند مرحله تشکیل شده است که شامل مرحله پیش فعالیت، مرحله فرود، مرحله جذب شوک و مرحله پرواز است (۵) و دانستن الگوی فعالیت عضلات در طی مراحل مختلف پرش عمقی، به فهم تغییرات پاسخ و سازگاری بازده مکانیکی در مدت چرخه کشش- کوتاه شدن کمک شایانی می‌نماید. بویژه مرحله پیش فعالیت، به عنوان فعالیت عصبی از پیش برنامه‌ریزی شده (۶)، تاثیر زیادی بر مراحل بعد از فرود و ارتفاع پرش دارد و کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. این مرحله، موجب تولید نیروی بیشینه عضله در زمانی کوتاه (۷)، توسعه دینامیک تحریک و القا (۸)، حفظ ثبات بدن در هنگام فرود، جذب نیروی ضربه (۹) و گسترش نیرو پس از فرود می‌شود. در مجموع، پیش فعالیت عضله تا حد زیادی برای فعالیت عضلات پایین تنه در طی مرحله برون‌گرا مهم است و به بازده توانی بیشتر در طی مرحله درون گرا کمک می‌کند (۸). بنابراین به نظر می‌رسد تغییر در کیفیت این مرحله، مثلا در اثر خستگی، بر عملکرد تاثیر می‌گذارد.

در مجموع، مطالعه اثرات خستگی بر ویژگیهای ارادی و تحریکی عضله بیان می‌کند که منابع خستگی ترکیبی از عوامل متابولیکی و غیر متابولیکی است و به نوع تار، گروه عضلانی فعال، مدت تمرین، نوع انقباض عضلانی، دوره استراحت بین انقباض‌ها، شدت انقباض و طول مدت زمان هر انقباض وابسته می‌باشد. در حقیقت عوامل غیرمتابولیکی عمدتا نتیجه‌ای از آسیب مکانیکی عضله و عوامل متابولیکی بیشتر نتیجه تجمع مواد متابولیکی در عضله است(۱۰). به هر حال، در

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

بین تمرینات مختلف عضلانی، تمرین پلایومتریک شامل انقباض برون گرا با کشش و نیروی زیاد می‌باشد که ممکن است آسیب را به ساختمان سلول عضلانی تحمیل کند. این تمرین با حجم زیاد موجب خستگی محیطی شده که درنهایت تخریب نیرو، کاهش میزان توسعه نیرو، کاهش نیروی حداکثر انقباض ارادی (Maximal Voluntary Contraction :MVC)، کاهش گشتاور تکانه(۱۱) و در نهایت، کاهش قابل توجه عملکرد(۱۱) را به دنبال دارد. در همین راستا تغییر عناصر ساختاری و انقباضی در عضله از جمله صفحات z نامنظم، میوفیلامانهای درهم ریخته، سارکومرهای بیش از حد کشیده یا منقبض شده درنتیجه تمرین کشش-کوتاه شدن(تمرین پلایومتریک)، مشاهده شده است (۱۲). هر چند خستگی باعث کاهش دامنه حرکتی و افزایش سفتی مفصل می‌شود ولی این تغییرات به عنوان مکانیسم محافظتی برای پیشگیری از آسیب مفصل عمل می‌کند (۱۳). به هر حال به نظر می‌رسد خستگی حاصل از این نوع تمرینات مراکز بالاتر عصبی را نیز درگیر می-کند. بنابراین بررسی تغییر الگوی فعالیت عضلانی پس از خستگی حاصل از این نوع تمرینات و سازگاری در برابر این تغییرات اطلاعات مهمی در مورد پیشگیری از آسیب عضلانی در حین انقباضات بیشینه برون گرا فراهم می‌کند(۱۴). برای مثال اسکارویداس در تحقیقی ۱۶ جلسه‌ای به بررسی اثر تمرین پلایومتریک شدید بر خستگی محیطی و مرکزی پرداخت و بیشترین تاثیر تمرین را بر زوج تحریک-انقباض (افزایش ۳۲۳٪ نیروی تکانه) مشاهده کرد. در مقابل هیچ تغییری در شاخص فعالیت ارادی عضله چهارسررانی، نسبت فعالیت مرکزی و MVC مشاهده نکرد. همچنین تغیرات مشابهی در دختران و پسران در نشانگرهای خستگی مرکزی (کاهش۵۰-۶۰٪) و خستگی محیطی (کاهش ۴۵-۵۵٪) قبل و بعد از تمرین بدست آمد (۱۵). با اینحال، در نتیجه خستگی هیچ تغییری در استراتژی ظاهری بدن در طی فرود دیده نمی‌شود. به عنوان مثال، توالی آتش کردن عضله با وجود تغییر در دامنه سیگنال، بدون تغییر باقی ماند(۱۶).

در مجموع تعداد تحقیقات انجام شده در بررسی اثر خستگی ناشی از تمرین پلایومتریک (۱۰، ۱۵،۱۱ ، ۱۶) محدود بوده و برخی از این تحقیقات از پرش عمقی به عنوان مهارتی جهت خستگی عضلات استفاده کرده اند ولی در هیچ یک از آنها خستگی در مراحل مختلف پرش عمقی بررسی نشده و تنها به نتایج کلی ناشی از خستگی اکتفا کرده اند که از جمله آنها، اثر یک جلسه تمرین پلایومتریک بر خستگی عصبی عضلانی و ریکاوری(۱۱)، اثر جنسیت و خستگی بر متغیرهای کینتیک و کینماتیک در مدت پرش عمقی(۱۶)، اثرات تعدیل فعالیت عضله بر سفتی پا در طی تمرین پلایومتریک(۱۷) و تغییر در مارکرهای غیر مستقیم آسیب عضله پس از یک و ۹ جلسه تمرین پرش عمقی(۱۴)، بودند. با توجه به اطلاعات موجود فرض ما بر این بود که یک جلسه تمرین پلایومتریک به غیر از خستگی عضله راست رانی، موجب کاهش ارسال پیام‌های عصبی به عضله راست رانی در مرحله پیش آمادگی نیز می‌شود. بنابراین، اثر خستگی ناشی از یک جلسه تمرین پلایومتریک بر متغیرهای عضلانی و عملکردی در مراحل مختلف پرش عمقی مخصوصا مرحله پیش فعالیت، سوالات پژوهش حاضر بود.

روش بررسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی دو گروهی با پیش آزمون- پس آزمون و روش نمونه‌گیری از نوع نمونه در دسترس بود. آزمودنی‌های این پژوهش ۱۷ نفر از دانشجویان دختر ترم ۵ مقطع کارشناسی رشته تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی بودند که حداقل آمادگی بدنی لازم برای شرکت در تمرین پلایومتریک را داشتند. هیچ یک از آزمودنی‌ها در ۶ ماهه قبل از تحقیق، عضو تیم ورزشی نبوده و سابقه آسیب در اندام پایین تنه را نداشتند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در دو گروه تجربی(۱۰ نفر) و کنترل (۷ نفر) قرار گرفتند. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سن، قد، وزن و درصد چربی بدن گروه تجربی و گروه کنترل در جدول ۱ آمده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سن، وزن، قد و درصد چربی بدن دو گروه به تفکیک

متغیر	گروه تجربی	گروه کنترل
سن(سال)	۲۱/۵±۰/۷	۲۱/۵±۰/۸
وزن(کیلوگرم)	۵۶/۵۳±۸/۴	۵۴/۹۴±۵/۸
قد(سانتی متر)	۱۶۲/۸±۵/۴	۱۶۴/۰۷±۳/۸
درصد چربی بدن(درصد)	۲۶/۲۳±۵	۲۲/۷۸±۲/۸

قبل از انجام پیش آزمون، یک جلسه آشنایی با محیط آزمایشگاه، ابزارهای مورد استفاده و انجام تست و مهارت پرش عمقی برای اطمینان از صحت انجام مهارت در نظر گرفته شد. بعد از آشنایی آزمودنی ها با مراحل انجام تحقیق و امضای رضایت نامه فردی، از آنها خواسته شد که ۴۸ ساعت قبل از شرکت در تحقیق، فعالیت بدنی سنگین نداشته و به مدت ۲۴ ساعت قبل از آن، از نوشیدن چای، قهوه و داروهای آرام بخش خودداری کنند. در جلسات آزمون، به منظور کنترل شرایط تغذیه، یک عدد کیک و یک آبمیوه به هر آزمودنی داده شد.

در جلسه آشنا سازی برای تعیین پای برتر ۳ آزمون استفاده شد: آزمون ضربه زدن به توپ، آزمون بالارفتن از پله و آزمون تعادل- استراحت(۱۸). پایی که حداقل در ۲ آزمون استفاده شد به عنوان پای برتر مشخص و در پیش و پس آزمون، اندازه گیری از آن صورت گرفت. پس از انجام این آزمونها مشخص شد که پای برتر همه آزمودنی ها بجز یک نفر، پای راست بود.

برای اندازه گیری وزن و درصد چربی بدن از ترازوی اومرون مدل BF508 استفاده شد. برای تعیین ارتفاع پرش عمودی از دستگاه ارگوجامپ ساخت شرکت دانش سالار ایرانیان(ساخت ایران) استفاده شد. با استفاده از این دستگاه، متغیرهای توان انفجاری پا و مدت زمان پرواز بدست آمد. این دستگاه دارای دو صفحه حساس می باشد. یک صفحه بر روی پله و صفحه دیگر بر روی زمین و در تماس با پله قرار گرفت. روند انجام تست به این ترتیب بود که ابتدا آزمودنی به صورت تک پا با پای برتر و دستها به کمر، بر روی پله و روی صفحه قرار می گرفت و با شنیدن محرک صوتی(صدای بوق) خود را به سمت زمین رها می کرد و به محض تماس پا با صفحه دوم، فورا به سمت بالا پرش می کرد و سپس فرود می آمد. از زمان رهایی فرد از روی پله تا تماس با زمین، دستگاه ارگوجامپ زمان را ثبت می کرد و به این ترتیب زمان پرواز اول مشخص می شد و از زمان جدا شدن فرد از روی زمین تا تماس مجدد با زمین، زمان پرواز دوم مشخص می شد که نشان دهنده ارتفاع پرش عمودی می باشد.

از آنجائیکه عضله راست رانی یک عضله دو مفصلی و انتقال دهنده اصلی توان از مفصل ران به زانو در پرشها می باشد(۲۲- ۱۹)، در این پژوهش به دلیل اهمیت این عضله، الگوی فعالیت آن بررسی شد.

برای ثبت فعالیت الکتریکی عضله راست رانی پای برتر از دستگاه الکترومیوگرافی ME6000 (ساخت آلمان)، مدل MT-M6T16، استفاده شد. این دستگاه دارای ۱۶ کانال با فرکانس ۱۰۰۰ HZ، قابلیت ثبت فعالیت الکتریکی ۴ تا ۸ عضله را به طور همزمان داراست. ابتدا محل نصب الکترود با استفاده از روش سنیام(۲۳) تعیین و سپس سطح پوست با استفاده از الکل، کاغذ سمباده و تراشیدن موهای محل، تمیز شد. سپس الکترودهای سطحی دوقطبی ژل اندود شده نقره یا کلراید نقره با فاصله ۲ سانتی متر مرکز به مرکز موازی با جهت تارهای عضلانی بر روی شکم عضله پای برتر قرار گرفت. یک الکترود مرجع خنثی به قوزک خارجی پای برتر نصب شد. پس از ثبت اطلاعات در حافظه دستگاه، این اطلاعات به نرم افزار دستگاه MegaWin Software version 3.0.1 منتقل و تجزیه و تحلیل اطلاعات انجام شد. سیگنال خام بر اساس MVC هر آزمودنی نرمال سازی شد. دامنه سیگنال الکترومیوگرافی به صورت میانگین ریشه مربع میانگین (Root Mean Square :RMS) کل سیگنال محاسبه شد. سیگنال خام حاصل از دستگاه الکترومیوگرافی بر اساس مراحل فعالیت پرش عمقی، به ۳ مرحله پیش فعالیت تا فرود اولیه(پرواز اول)، تماس و پرواز دوم و فرود دوم تقسیم ولی فقط ۲ مرحله اول به دلیل اهمیت تجزیه و تحلیل شد. در هر مرحله، ماکزیمم فعالیت و زمان کل بدست آمد.

برای انجام پیش و پس آزمون، از پله ای با ارتفاع cm ۲۰(۱۸،۷) استفاده شد. به این ترتیب که فرد بر روی پله ایستاده،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

با شنیدن صدای محرک صوتی، بدون هیچگونه انقباض در عضلات پا، خود را از پله به پایین رها کرده و به محض تماس پای برتر با زمین، فورا به سمت بالا جهش کرد و سپس بر زمین فرود آمد. با توجه به جمع بندی نتایج تحقیقات، از آنجائیکه الگوی فعالیت عضلات با افزایش ارتفاع پله از ۴۰ به ۶۰ یا cm ۸۰ تغییر می کند و در ارتفاعهای قبل از cm ۴۰ همانند cm ۱۵،۲۰،۳۰ (۲۴)، الگوی فعالیت عضلات یکسان می باشد، لذا ارتفاع پله در این تحقیق با توجه به تک پا بودن پرش و سطح آزمودنی‌ها ،cm ۲۰ درنظر گرفته شد. از طرفی برای اینکه مهارت به صورت کاملا طبیعی و مشابه اجرا شود، از آزمودنی ها خواسته شد تا از دستهای خود برای اجرای پرش استفاده نکرده و روی کمر خود قرار داده و در حین مرحله بالا رفتن، زانوهای خود را خم نکنند. هر فرد سه تکرار پرش عمقی انجام داد و بعد از بررسی داده ها، بهترین تلاش فرد تجزیه و تحلیل شد.

جلسه تمرین شامل ۳ مرحله گرم کردن، حرکات اصلی و سرد کردن بود. مرحله گرم کردن شامل ۵ دقیقه دویدن آهسته به همراه حرکات کششی پویا به مدت ۱۵ دقیقه بود. مرحله حرکات اصلی شامل انواع پرشهای تک پا در جهت‌های مختلف بود. برنامه یک جلسه تمرین پلایومتریک در جدول ۲ ارائه شده است. برای هر ۳ ثانیه انقباض، ۳۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد(۲۵). از آزمودنی‌ها خواسته شد تا حداکثر تلاش خود را در هر حرکت انجام دهند. مرحله سرد کردن نیز شامل ۳ دقیقه دویدن آهسته همراه با حرکات کششی بود. در مدتی که گروه تمرین در حال انجام تمرین پلایومتریک بودند، گروه کنترل هیچ گونه فعالیتی انجام نداده و استراحت کردند.

جهت بررسی میزان آسیب ناشی از یک جلسه تمرین پلایومتریک، در حین تمرین، سوالاتی مبنی بر ایجاد دردهای مفصلی و عضلانی از آزمودنی ها پرسیده و هیچ یک از آزمودنی ها از دردهای مفصلی و عضلانی شکایت نکردند. همچنین، بلافاصله پس از تمرین و ۲۴ ساعت پس از تمرین، پرسشنامه بیش تمرینی که ناتوانی روانی و جسمانی برای فعالیت ورزشی را نشان می دهد به آزمودنی ها داده و از آنها خواسته شد تا آن را کامل کنند. نتیجه پرسشنامه بیش تمرینی نیز نشان داد که هیچ یک از آزمودنی ها مشکل خاصی نداشتند. علاوه بر آن، جهت بررسی آسیب عضلانی احتمالی ناشی از یک جلسه تمرین پلایومتریک، میزان کراتین کیناز خون آزمودنی ها یک ساعت پس از تمرین گرفته شد و میزان کراتین کیناز خون و قلبی در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به دامنه نرمال بودن میزان کراتین کیناز، میزان کراتین کیناز گروه تجربی پس از یک جلسه تمرین پلایومتریک در حد نرمال بود.

جدول۲- برنامه یک جلسه تمرین پلایومتریک

حرکت	لی لی پای راست (۱۰متر)	لی لی پای چپ (۱۰متر)	پرش عمودی تک پا جلوی پله با تعویض پا	پرش پای راست از روی پله(ازجلو)	پرش پای چپ از روی پله(ازجلو)	پرش پای راست از روی پله(ازپهلو)	پرش پای چپ از روی پله(از	پرش پای راست از روی پله(از پشت)	پرش پای چپ از روی پله(از
ارتفاع پله ۲۰cm	۲	۲	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰

جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد کراتین کیناز خون و عضله

متغیر	میانگین و انحراف استاندارد	دامنه نرمال
کراتین کیناز	۱۵۳±۱۳	Iu/L ۱۷۰-۲۴
کراتین کیناز قلبی	۱۶.۸۵±۱.۳۸	iu/ml تا ۲۵

روشهای آماری زیر برای یافتن اثر خستگی حاصل از یک جلسه تمرین پلایومتریک بر توانایی پرش عمودی و الگوی فعالیت عضله راست رانی در مراحل مختلف پرش عمقی با استفاده از SPSS-۱۶ و سطح معناداری P<۰/۰۵ به کار گرفته شد. ابتدا میانگین نمره‌های پیش آزمون و پس آزمون هر دو گروه محاسبه و سپس جهت بررسی مشابهت میانگین پیش آزمون گروهها، از آزمون تی مستقل و از آزمون تی زوجی برای بررسی اثر تمرین بین پیش آزمون و پس آزمون هر گروه به طور

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

جداگانه استفاده شد. بین پیش آزمون دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد و هر دو گروه در پیش آزمون همگن بودند(P =۰/۸۳ ، P<۰/۰۵). درنهایت برای مقایسه میانگین پس آزمون دو گروه با یکدیگر از تحلیل واریانس چند متغیره(۲×۲) استفاده شد. از آزمون لوین برای بررسی تساوی واریانس‌ها استفاده شد که پیش فرض لوین مبنی بر تساوی واریانس‌های دو گروه در جامعه تایید گردید.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد نمرات افراد در دو گروه تجربی و کنترل به تفکیک برای متغیرهای وابسته زمان کل مرحله ۱و۲، ماکزیمم فعالیت مرحله ۱و۲، توان انفجاری، مدت زمان پرواز و دامنه سیگنال با توجه به متغیرهای مستقل گروه (تجربی و کنترل) و متغیر زمان(پیش آزمون و پس آزمون) در جدول ۴ آمده است.

جدول ٤- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای وابسته به تفکیک گروه تجربی و کنترل و پیش آزمون و پس آزمون

گروه		زمان کل (s)۱	زمان کل (s)۲	ماکزیمم فعالیت (µv) ۱	ماکزیمم فعالیت (µv) ۲	توان انفجاری (W)	زمان پرواز (s)	دامنه سیگنال (µv)
تجربی	پیش آزمون	۰/۱۵±۰/۰۷	۰/۲۵±۰/۱۱	۲۶۴±۹۶/۶۹	۳۵۸/۶±۱۱۱/۱۴	۱۱/۸±۵/۴۱	۰/۹۶±۰/۲۶	۱۹۹/۴±۷۴/۴۲
	پس آزمون	۰/۱۲±۰/۰۷	۰/۲۲±۰/۰۸۱	۲۰۱±۸۸/۶۰	۲۴۵/۷±۱۳۳/۵۶	۱۲±۵/۷۷	۰/۸۱±۰/۱۳	۱۴۵/۱±۷۱/۷۷
کنترل	پیش آزمون	۰/۱۴±۰/۰۶	۰/۲۹±۰/۰۸	۲۲۶/۵۷±۱۱۰/۴۸	۳۱۹/۸۶±۲۴۸/۸۴	۸±۰/۵۸	۱/۰۷±۰/۲	۲۰۵/۷۱±۳۵/۱۶
	پس آزمون	۰/۲±۰/۱۶	۰/۲۸±۰/۰۸	۳۸۴/۷۱±۲۵۱/۵۹	۲۶۴/۸۶±۱۰۱/۱۷	۱۰/۲۹±۳/۸۱	۰/۹۹±۰/۱	۲۱۹/۸۶±۷۴/۱۴

با توجه به جدول ۴، در گروه تجربی میانگین متغیرهای ماکزیمم فعالیت در مرحله ۱ و ۲ و دامنه سیگنال پس از یک جلسه تمرین کاهش نشان داد اما در گروه کنترل، بجز متغیر ماکزیمم فعالیت در مرحله ۲ که کاهش یافته، دو متغیر دیگر افزایش نشان دادند.

در جداول زیر، نتایج مربوط به معناداری یا عدم معناداری کل مدل و تاثیر جداگانه هر متغیر مستقل (زمان و گروه) بر متغیرهای وابسته نشان داده شد. با توجه به جدول ۵، تاثیر جداگانه متغیر زمان(پیش آزمون و پس آزمون) بر هیچ کدام از متغیرهای وابسته معنادار نبود اما در مورد متغیر زمان پرواز اگر چه در سطح p< ۰.۰۵ معنادار نبود، اما با افزایش سطح معناداری، این متغیر در سطح در سطح ۰/۱ معنادار شد (F =۰/۰۸p= ۳/۱ ,).

جدول۵- اثر متغیر مستقل زمان بر متغیر های وابسته

متغیر وابسته	مجموع مجذورات	df	F	معناداری	مجذور اتا
ماکزیمم فعالیت ۱	۱۸۸۷۲	۱	۰/۹۳	۰/۳۴	۰/۰۳
زمان کل ۱	۰/۰۰	۱	۰/۰۵	۰/۸۳	۰/۰۰۲
ماکزیمم فعالیت ۲	۵۸۰۳۹	۱	۲/۴۷	۰/۱۳	۰/۰۸
زمان کل ۲	۰/۰۰۳	۱	۰/۳۳	۰/۵۷	۰/۰۱
توان انفجاری	۱۲/۷۲	۱	۰/۵۸	۰/۴۵	۰/۰۲
زمان پرواز	۰/۱۲	۱	۳/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۹
دامنه سیگنال	۳۳۲۰	۱	۰/۷۳	۰/۴	۰/۰۲

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

با توجه به جدول ۶، تاثیر جداگانه متغیر مستقل گروه(تجربی و کنترل) فقط در مورد متغیر مدت زمان پرواز (P=۰/۰۴, F = ۴/۵) معنادار شد. به عبارتی، مدت زمان پرواز در بین گروههای تجربی و کنترل تفاوت داشت. میانگین مدت زمان پرواز در گروه تجربی ۰/۸۱ در حالیکه در گروه کنترل ۰/۹۹ بود. مدت زمان پرواز در گروه تمرین تا حد قابل توجهی کمتر از گروه کنترل بود. میانگین متغیر دامنه سیگنال هم در سطح ۰/۱ معنی دار است.

جدول٦- اثر متغیر مستقل گروه بر متغیرهای وابسته

متغیر وابسته	مجموع مجذورات	df	F	معناداری	مجذور اتا
ماکزیمم فعالیت ۱	۴۳۶۹۷	۱	۲/۱۶	۰/۱۵	۰/۰۷
زمان کل ۱	۰/۰۰۷	۱	۰/۸۷	۰/۳۶	۰/۰۳
ماکزیمم فعالیت۲	۷۸۹	۱	۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۰۰۱
زمان کل ۲	۰/۰۲	۱	۲/۲۰	۰/۱۵	۰/۰۷
توان انفجاری	۶۲	۱	۲/۸۷	۰/۱۰	۰/۰۹
زمان پرواز	۰/۱۷	۱	۴/۵۰	۰/۰۴	۰/۱۳
دامنه سیگنال	۱۳۵۳۱	۱	۲/۹۷	۰/۰۹	۰/۰۹

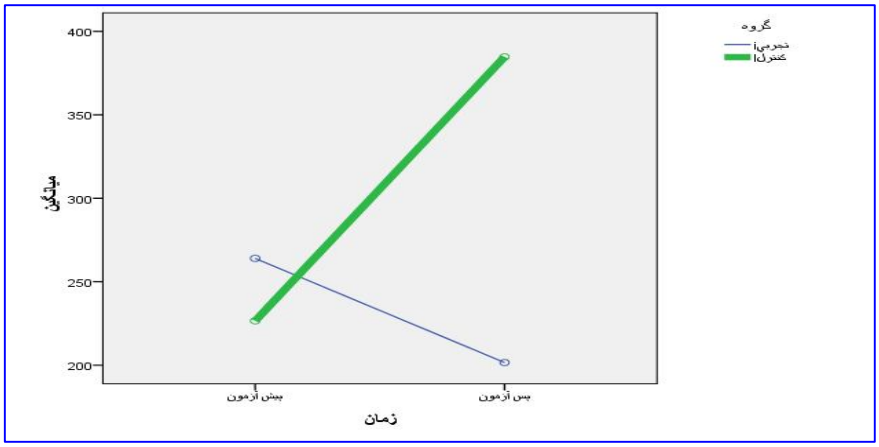
اما تعامل دو متغیر مستقل زمان و گروه و تاثیر همزمان این دو متغیر فقط بر متغیر وابسته ماکزیمم فعالیت در مرحله ۱ به لحاظ آماری معنادار بود (P =۰/۰۳, F = ۴/۹۲) و برای سایر متغیرهای وابسته معنادار نبود.

جدول۷- اثر متقابل دو متغیر مستقل زمان و گروه

متغیر وابسته	مجموع مجذورات	df	F	معناداری	مجذور اتا
ماکزیمم فعالیت ۱	۱۰۰۱۳۹	۱	۴/۹۴	۰/۰۳	۰/۱۴
زمان کل ۱	۰/۰۲	۱	۲/۶۴	۰/۱۱	۰/۰۸
ماکزیمم فعالیت ۲	۶۹۰۲	۱	۰/۲۹	۰/۵۹	۰/۰۱
زمان کل ۲	۰/۰۰	۱	۰/۰۳	۰/۸۷	۰/۰۰۱
توان انفجاری	۸/۹۶	۱	۰/۴۱	۰/۵۳	۰/۰۱
زمان پرواز	۰/۰۰۸	۱	۰/۲۲	۰/۶۴	۰/۰۱
دامنه سیگنال	۹۶۴۴	۱	۲/۱۲	۰/۱۶	۰/۰۷

متغیر ماکزیمم فعالیت در مرحله ۱ در گروه تجربی، بین پیش آزمون و پس آزمون اختلاف ۶۳ عددی و در گروه کنترل ۱۵۸ عددی دارد. همچنین بین پس آزمون دو گروه اختلافی ۱۸۳ عددی وجود دارد. با توجه به میانگین متغیر ماکزیمم فعالیت در مرحله ۱ در گروه تجربی، پس از یک جلسه تمرین پلایومتریک، حداکثر فعالیت عضله راست رانی در فرود اول ۶۳ عدد کاهش یافته است این درحالی است که میانگین این متغیر در گروه کنترل بین پیش آزمون و پس آزمون افزایش ۱۵۸ عددی را نشان می دهد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]



شکل ۱- میانگین متغیر ماکزیمم فعالیت در مرحله پیش فعالیت به تفکیک بین گروه تجربی و کنترل در پیش آزمون و پس آزمون

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر خستگی حاصل از یک جلسه تمرین پلایومتریک بر توانایی پرش عمودی و الگوی فعالیت عضله راست رانی پای برتر در مراحل مختلف پرش عمقی دانشجویان دختر تربیت بدنی بود. محقق قصد داشت تا بررسی کند که خستگی ناشی از یک جلسه تمرین پلایومتریک در کدام مرحله از مراحل مختلف پرش عمقی اتفاق می افتد و آیا این خستگی می تواند در الگوی فعالیت الکتریکی عضله راست رانی تغییری ایجاد کند. فرض محقق بر این بود که یک جلسه تمرین پلایومتریک غیر از خستگی عضله راست رانی موجب کاهش ارسال پیام های عصبی به عضله راست رانی در مرحله پیش آمادگی نیز می شود. تحقیق حاضر نشان داد که یک جلسه تمرین پلایومتریک موجب تفاوت معنادار آماری در متغیر مدت زمان پرواز (نشانگر ارتفاع پرش عمودی) شد و با توجه به کمتر بودن میانگین این متغیر درگروه تجربی، شاید بتوان گفت که یک جلسه تمرین پلایومتریک باعث کاهش ارتفاع پرش عمودی شد. باید در سال ۲۰۰۸ نیز با بررسی اثر پروتوکل خستگی بر متغیرهای کینتیک و کینماتیک پرش عمقی، کاهش معنادار زمان پرواز و افزایش زمان تماس با زمین را مشاهده کرد (۱۶). اسکارویداس نیز پس از یک پروتوکل خسته کننده پرش عمقی دریافت که ارتفاع پرش عمودی کاهش یافته و این کاهش با نوع پرش مرتبط نیست (۱۰).

میانگین متغیر دامنه سیگنال به عنوان نشانگر فعالیت عصبی عضلانی(۲۶) در گروه تجربی پس از یک جلسه تمرین کاهش زیادی نشان داد(از ۱۹۹ به ۱۴۵ میکروولت) ولی این اختلاف به لحاظ آماری معنادار نبود. دامنه سیگنال مقیاس پتانسیل های الکتریکی واحدهای حرکتی است (۲۷). کاهش میانگین دامنه سیگنال گروه تجربی پس از یک جلسه تمرین پلایومتریک به معنای کاهش بازده عصبی واحدهای حرکتی عضله راست رانی است که شاید بتوان علت آنرا خستگی ناشی از یک جلسه تمرین پلایومتریک بیان کرد. همراستا با این نتیجه، دیوید کای در سال ۲۰۱۰ بیان می‌کند که انقباضات درونگرا باعث کاهش دامنه سیگنال الکترومیوگرافی می شود (۲۶).

با بررسی اثر خستگی بر مراحل مختلف پرش عمقی و معناداری آماری اثر تعاملی دو متغیر مستقل گروه و زمان بر متغیر ماکزیمم فعالیت در مرحله ۱، مشخص شد که که میانگین این متغیر در گروه تجربی پس از یک جلسه تمرین کاهش یافته و در گروه کنترل از پیش آزمون به پس آزمون افزایش نشان داده است. کاهش متغیر ماکزیمم فعالیت در مرحله۱ به عنوان نشانگر حداکثر فعالیت عضله در مرحله پیش فعالیت، به معنی کاهش تولید نیرو احتمالا به علت خستگی عضلانی ناشی از یک جلسه تمرین بوده که باعث کاهش حداکثر انقباض عضله در مرحله پیش فعالیت گردیده است. اما افزایش متغیر ماکزیمم فعالیت در مرحله ۱، در گروه کنترل ممکن است ناشی از اثر یادگیری باشد. کوایتانن در سال ۲۰۰۷ نیز گزارش کرد که الکترومیوگرافی عضله دو قلو و نعلی در طی پرشهای زیربیشینه به طور معناداری کاهش یافت(۱۷). با اینحال هورتوباگی در سال ۱۹۹۱ هیچ تغییری در عملکرد پرش در طی ۵۰ پرش عمقی متناوب بیشینه مشاهده نکرد(۲۸). عدم تغییر در نتیجه تحقیق هورتاباگی احتمالا به این دلیل بوده که ۵۰ پرش عمقی نتوانسته عضلات را به اندازه کافی خسته کند زیرا یکی دیگر از نتایج این تحقیق افزایش ۶٪ دامنه سیگنال عضلات بود. فاصله زمانی بین رهایی فرد از روی سکو تا رسیدن به زمین، مرحله پیش فعالیت، نشانگر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

پیش فعالیت عضله جهت آماده سازی بدن برای فرود مطمئن است.

عدم معناداری آماری متغیر های وابسته دیگر را شاید بتوان اینچنین تفسیر کرد که یک جلسه تمرین پلایومتریک بر حداکثر فعالیت عضله در مرحله بلند شدن از زمین و بر زمان کل هر مرحله تاثیر ندارد. احتمالا دوره های استراحت کوتاه بین پرشها، مانع تغییر در سایر پارامترهای عضلانی شده است (۲۹). کاماندالیس در سال ۲۰۱۱ نیز پس از یک و ۹ جلسه تمرین پرش عمقی، تغییر معناداری در نشانگر های غیر مستقیم آسیب عضلانی(زمان تماس با زمین، گشتاور اوج درونگرای فلکسور زانو) مشاهده نکرد (۱۴).

با توجه به تاثیر زیاد مرحله پیش فعالیت بر مراحل بعد از فرود و ارتفاع پرش عمودی، شاید بتوان گفت که علت کاهش معنادار ارتفاع پرش عمودی، کاهش حداکثر فعالیت عضله راست رانی در مرحله پیش فعالیت باشد. همچنین، احتمالا به دلیل کاهش حداکثر فعالیت عضله راست رانی در مرحله پیش فعالیت(ماکزیمم فعالیت۱)، دامنه سیگنال کاهش یافته است زیرا سایر متغیرهای وابسته تحقیق بدون تغییر ماندند. همچنین با توجه به اینکه مرحله پیش فعالیت از زمان رهایی فرد از سکو تا تماس با زمین محسوب می شود، کاهش حداکثر فعالیت عضله راست رانی در مرحله پیش فعالیت، احتمالا موجب کاهش آمادگی عضله برای فرود مطمئن و احتمال ایجاد آسیب در اندام پایین تنه در لحظه فرود تک پا از روی سکو می شود.

با جمع بندی نتایج تحقیق حاضر احتمالا می توان گفت که خستگی حاصل از یک جلسه تمرین پلایومتریک موجب کاهش معنادار حداکثر فعالیت عضله راست رانی در مرحله پیش فعالیت، کاهش معنادار ارتفاع پرش عمودی و کاهش غیر معنادار دامنه سیگنال شده است.

REFERENCES

1. Shaji J, Isha S. Comparative analysis of plyometric training program and dynamic stretching on vertical jump and agility in male collegiate basketball player. Al Ameen J Med Sci 2009; 2(1):36 -46.
2. Hanaki S, Mccaw S. A comparison of lower extremity kinematics between one-and two-legged landings. J Med. Sci. Sports Exerc 2005; 37:S66.
3. Wikstrom E, Tillman M, Schenker S, Borsa P. Failed jump landing trials: deficits in neuromuscular control. Scand J Med Sci Sports 2008; 18: 55–61.
4. Matavulj D, Kukolj M, Ugarkovic D, Tihanyi J, Jaric S. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. J Sports Med Phys Fitness 2001; 41:159–64.
5. Neubert A, Schwirtz A, Bührle M. Muscular activity in the stretch-shortening cycle(SSC): Not only maximization but optimization is necessary. Proceedings II of XVI ISBS Symposium: 56-58, UVK-Universitatsveralag Konstanz, Germany.
6. Gollhofer A, Kyrolainen H. Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. Int J Sports Med 1991; 12(1):34–40.
7. Carcia Ch, Martin R. The influence of gender on gluteus medius activity during a drop jump. J Physical Therapy in Sport 2007; 8:169–176.
8. Konrad P. The ABC of EMG, A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. USA: Noraxon Inc, April 2005;13-50.
9. Arabantzi F, Papadopoulos C, Prassas S, Komsis G, Gourgoulis V. Electromyographic (EMG) activity of lower extremity musculature during drop jumping from diffrent heights. 18 International Symposium on Biomechanics in Sports 2000.
10. Skurvydas A, Jaskaninas J, Zachovajevas P. Changes in height of jump, maximal voluntary contraction force and low frequency fatigue after 100 intermittent or continuous jumps with maximal intensity. J Acta Physiologica Scandinavia 2000; 169(1): 55-62
11. Drinkwater E, Lane T, Canon J. Effect of an acute bout of plyometric exercise on neuromuscular fatigue and recovery in recreational athletes. J Strenght cond Res 2009; 23(4):481-6.
12. Feasson L, Stockholm D, Freyssenet D, Richard I, Duguez S, Beckmann, et al. Molecular adaptations of neuromuscular disease-associated proteins in response to eccentric exercise in human skeletal muscle. Journal of Physiology 2002; 15: 297–306.
13. Dutto D, Braun W. DOMS associated changes in ankle and knee joint dynamics during running. J Medicine & Science in Sports & Exercise 2004: 560-566.
14. Kamandulis S, Skurvydas A, Snieckus A, Masiulis N, Aagaard P, Dargeviciute G, et al. Monitoring markers of muscle damage during a 3 week periodized drop-jump exercise programme. J of Sports Sciences 2011; 29(4):345-353.
15. Skurvydas A, Brazaitis M. Plyometric training does not affect central and peripheral muscle fatigue differently in prepubertal girls and boys. J Pediatr Exerc Sci 2010; 22(4):547-56.
16. Bide P. Fatigue related gender differences in the biomechanics of drop jumps.[dissertation]. Oxford, United States: Miami University; 2008.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

17. Kuitunen S, Kyro H, inen l, Avela J, Komi P. Leg stiffness modulation during exhaustive stretch-shortening cycle exercise. Scand J Med Sci Sports 2007; 17: 67–75.
18. Schmid S, Moffat M, Gutierrez G. Effect of knee joint cooling on the electromyographic activity of lower extremity muscles during a plyometric exercise. J of Electromyography and Kinesiology 2010;20(6):1075-81.
19. Marshall B. Can a pre-training biomechanical pathway identify the most effective exercise to enhance a given group's, subgroup's or individual's countermovement jump height?.[dissertation]. Dublin 9, Ireland: Dublin City University; 2010.
20. Goodwin P, Koorts K, Mack R, Mai S, Morrissey M, Hooper D. Reliability of leg muscle electromyography in vertical jumping. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1999; 79(4):374-8.
21. Kellis E, Arabantzi F, Papadopoulos C. Muscle co-activation around the knee in drop jumping using the co-contraction index. J of Electromyography and Kinesiology 2003;13: 229-238.
22. Jacobs R, Bobbert M, Van Ingen Schenau G. Mechanical output from individual muscles during explosive leg extensions: the role of biarticular muscles. J Biomech 1996; 29(4):513-23.
23. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C. SENIAM. The recommendations for sensors and sensor placement rocedures for surface electromyography. J Electromyogr Kinesiol 2000; 10(5):361-74.
24. Ruan M, Li L. Approach run increases preactivation and eccentric phases muscle activity during drop jumps from different drop heights. J of Electromyography and Kinesiology 2010; 20: 932–938.
25. Herrero J, Izquierdo M, Maffiuletti N, Garcia-Lopez J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. Int J sports Med 2005;533-539.
26. Kay A. The Impact of Static Stretch and Muscular Contractions on Force Production within the Human Triceps Surae Muscle-Tendon Complex . Doctor of Philosophy School of Health,The University of Northampton 2010.
27. www.wikipedia.org/wiki/Motor_unit_plasticity- 2012-2014- the free encyclopedia.
28. Hortobagyi T, Lambert N, Kroll W. Voluntary and reflex responses to fatigue with stretch-shortening exercise. Can J Sport Sci 1991;16(2):142-50.
29. Kyrolainen H, Takala T, Komi P. Muscle damage induced by stretch-shortening cycle exercise. J Med Sci Sports Exerc 1998 ; 30: 415–420.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]

Research Article

The effect of fatique due to plyometric training on activity pattern of rectus femoris muscle in different phases of deep jump on active girl

Ahmadabadi S[1], Rajabi H[2], Gharakhanlo R[3], Talebian S[4]

1- Ph.D Student of Sport Physiology, Tarbiat Modares University
2- Associate Professor of Physical Education Faculty, Tarbiat Moallem University
3- Professor of Physical Education group, Tarbiat Modares University
4- Professor of Tehran University of Medical Sciences

Abstract

Background and Aim: The aim of this study was to determine the effects of fatigue due to plyometric training on vertical jump ability and activity pattern of rectus femoris of dominant leg of high jump of active girls.

Materials and Methods: Seventeen females, mean age (21.5 ± 0.76 years) were randomly assigned to two experimental (n = 10) and control (n = 7) groups. Experimental group performed plyometric training and control group had no activity. Before and after training, vertical jump test using Ergo jump and electrical activity of rectus femoris muscle of dominant leg using electromyography were tested. The results of vertical jump test showed a decrease in performance (p: 0.04, F: 4.5) and fatigue process was confirmed. The raw EMG signal based on deep jump phases was divided in three phases and only 2 phases of the first were analyzed. In every phase, the maximum activity, amplitude and total time were obtained .respectively. Multivariate analysis of variance (2×2) was used to compare of post-test of two groups.

Results: After one session training, rectus femoris maximum activity of the experimental group showed a significant decrease in pre-activation phase of motor program .

Conclusion: This study showed that neural fatigue due to plyometric training can occur in motor program (especially in pre-activation phase of motor program).

Keywords: Deep jump, Plyometric training, Vertical jump, Electromyography, Rectus femoris muscle.

***Corresponding author:** Dr Hamid Rajabi, Physical Education Faculty, Tarbiat Moallem University.

Email: hrajabi@hotmail.com

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-03-14]