تاثیر حاد تمرین پلایومتریک به همراه تغییر ارتفاع فرود بر فعالیت الکترومایوگرافی مرحله پیش‌آماده‌سازی حرکت فرود–پرش

مهدی سلطانی ایچی*[۱]، پژمان معتمدی[۲]، حمید رجبی[۳]

۱. کارشناس ارشد، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

۲. استادیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

۳. دانشیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۳/۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۶/۲۹

چکیده

هدف مطالعه حاضر تعیین تاثیر حاد تمرین پلایومتریک به همراه تغییر ارتفاع فرود برفعالیت الکترومایوگرافی مرحله پیش‌آماده‌سازی درحرکت فرود–پرش بود. ۱۰ دانشجوی تربیت‌بدنی و علوم ورزشی (سن۱/۲۸۶±۲۱/۱۰سال ، قد۶/۴۶۷±۱۷۳سانتی‌متر، وزن ۷/۴۲±۶۸/۲کیلوگرم) در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها در چهار روز متفاوت یکی از پروتکل‌های تمرین پلایومتریک و حرکت فرود–پرش از ارتفاع ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر را تک‌پا انجام دادند. فعالیت الکترومایوگرافی مرحله پیش‌آماده‌سازی گروه عضلانی چهارسر و همسترینگ ۱۵۰ میلی ثانیه پیش از تماس پا با زمین ثبت شد. از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج نشان داد فعالیت عضلات راست رانی، پهن خارجی و دو سر رانی در مرحله پیش‌آماده‌سازی پس از تغییر ارتفاع فرود افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=۰/۰۰۲، p=۰/۰۰۱، p=۰/۰۰۱) داشته است. فعالیت عضلات (راست رانی، پهن خارجی، دو سر رانی) پس از اجرای پلایومتریک و تغییر ارتفاع فرود در مرحله پیش‌آماده‌سازی افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=۰/۰۳۹، p=۰/۰۰۱) (p=۰/۰۰۶، p=۰/۰۰۰) (p=۰/۰۰۱، p=۰/۰۱۴) داشته است. نتایج این مطالعه نشان داد اجرای تمرین پلایومتریک به شکل حاد با تغییر در ارتفاع فرود موجب افزایش در فعالیت الکتریکی عضلات در فاز پیش‌آماده‌سازی و در نهایت افزایش در میزان ارتفاع پرش می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تمرین پلایومتریک، فاز پیش‌آماده‌سازی، فعالیت الکترومایوگرافی، حداکثر پرش عمودی.

Acute effects of plyometric training with changing of height landing on the electromyographic activity during preparatory phase land-jump

Soltani Ichi, M[1]., Motamedi, P[2]., Rajabi, H[3].

1. Master of Science, Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran
2. Assistant Professor, Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran
3. Associate Professor, Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran

Abstact

The purpose of this research was to determine the acute effects of plyometric training with changing of height landing on the electromyographic activity during preparatory phase land-jump in male students. The population of this research were 10 physical education male students of Kharazmi University, which selected as sample. (21/10±1/286yrs, 173±6/467 height, 68/2±7/42 weight). In four different days subjects Performed as single leg one of four protocols plyometric training and land - jump from a height of 40 and 60 cm. EMG activity of the quadriceps and hamstring muscle group 150 milliseconds before foot contact with the ground was recorded. Analysis of variance with repeated measures and Bonferroni post hoc test was used. The results of this study showed that muscle activity after changing of height landing in preparatory phase (from 40 to 60 cm) has increased significantly (P=0/002, P=0/001, P=0/001) respectively. Activity of muscles (rectus femoris, vastus lateralis, biceps femoris) during landing after performing plyometric and changing of height landing in preparatory phase has increased significantly (P=0/039, P=0/001) (P=0/006, P=0/000) (P=0/001, P=0/014) respectively. Jump height has increased significantly (P=0/007, P=0/002) respectively. The results showed that acute perform plyometric training with changing of height landing result in significant changes in the electrical activity of muscles and also the height of the jump in the preparatory phase.

Keywords: Plyometric Training, Preparatory Phase, Electromyography Activity, Maximal Vertical Jump.

*.MEHDI.SOLTANI2011@gmail.c
om

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]

[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]

[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

مقدمه

به کارگیری روش‌هایی که موجب افزایش توان عضلانی و افزایش فعال‌سازی عضله شود برای نیل به عملکرد ورزشی بهینه بسیار مهم است (۱). از منظر فیزیولوژیکی عوامل عصبی و عضلانی در تولید توان خروجی عضلات نقش به سزایی دارند که با شناسایی این عوامل و راهکارهای تقویت آن‌ها چه از نظر حاد یا دراز مدت می‌توان در تولید میزان توان و در نهایت بهبود عملکرد ورزشکاران نقش مهمی را ایفا نمود. در مجموع حرکات فرود- پرش از جمله حرکات پر کاربرد در بسیاری از رشته‌های ورزشی است که ورزشکاران بارها آن را اجرا می‌کنند. همانطور که از نام آن مشخص است این حرکات شامل دو مرحله فرود و پرش می‌باشند. همانطور که این نوع حرکات در مرحله پرش یا فاز کانسنتریک حرکت فعالیت الکترومایوگرافی عضلات درگیر دارند در مرحله پرواز و پیش از فرود آمدن (سقوط کردن) نیز در واقع عضله خاموش نیست و یک سری فعالیت‌های عصبی- عضلانی در عضلات موسوم به مرحله پیش‌آماده‌سازی[1] رخ می‌دهد (۲). مرحله پیش‌آماده‌سازی یک ساز و کار حفاظتی است که در بسیاری از انواع حرکات مانند: فرود از ارتفاعات مختلف، لی‌لی کردن در تکرارهای مختلف، دویدن و راه رفتن با گام‌های مختلف و برخی حرکات جابجایی به آن توجه می‌شود (۲). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که سیگنال‌های EMG برای بسیاری از عضلات اندام‌های تحتانی در حدود۱۵۰ تا۲۰۰ هزارم ثانیه پیش از مرحله تماس با زمین آشکار می‌شود (۳،٤). این پدیده جالب در موضوع کنترل حرکتی نشان دهندهٔ یک استراتژی کلی برای تعدیل نیروی عضلانی و آماده ساختن عضله برای جذب ضربه است که زمان وقوع و بزرگی آن را سیستم عصبی مرکزی پیش بینی می‌کند. عامل پرش در این نوع حرکات نقش توان را در آن پررنگ می‌سازد. یکی از عوامل تقویت کنندهٔ توان و همچنین فعال‌سازی اندام تحتانی تمرینات پلایومتریک است. تمرین پلایومتریک از لحاظ تاثیر بر سیستم عصبی و اسکلتی-عضلانی و افزایش عملکرد ورزشی حائز اهمیّت است (٤-۲). انجام این تمرینات به شکل حاد تأثیرات زیادی بر توان عضلانی بر جای می‌گذارد. این تمرینات در حجم کم موجب فعال‌سازی[2] عضلات و بهبود عوامل عصبی عضلات از جمله مرحله پیش‌آماده‌سازی و در سرانجام ثبات و استحکام زانو شده و به نظر می‌رسد موجب افزایش میزان پرش پس از فرود شود (۵). عامل ارتفاع نیز یکی از عوامل تاثیرگذار بر مرحله پیش‌آماده‌سازی است که با ثبت اینتگرال EMG[3] و حداکثر دامنه EMG[4] تائید شده است.

عقیده پژوهشگران این است که فعالیت عضلات در مرحله پیش‌آماده‌سازی با تغییر در سطح ارتفاع فرود قابل تنظیم است، که در آن مرحله پیش‌آماده‌سازی با افزایش سطح ارتفاع افزایش می‌یابد (۱،٦،۷)؛ برای مثال، تغییر حداکثر دامنه EMG با افزایش درسطح ارتفاع در تحقیقات نشان داده شده است (٦،۷). این یافته‌ها نشان‌دهندهٔ این است که تغییر در شرایط پرش عمقی اثر قابل توجهی بر تعدیل مرحله پیش‌آماده‌سازی دارد. می‌توان چنین گفت که احتمالاً اهمیت فعال‌سازی عضلات و افزایش فعالیت‌های الکترومایوگرافی[5] به ویژه در عضلات پایین‌تنه می‌تواند در فعالیت‌هایی که نیاز به حرکات فرود و پرش دارند از دو جهت سودمند باشد: ۱) از منظر

1. Preparatory Phase
2. Activation
3. Integral EMG (iEMG)
4. Maximal Amplitude of EMG (A Max EMG)
5. Electromyograph y(EMG)

آسیب‌شناسی ،تقویت عضلات پایین‌تنه و افزایش فعالیت الکتریکی عضلات در فاز پیش‌آماده‌سازی هنگام فرود تاثیر داشته و موجب افزایش میزان ثبات زانو و سرانجام جلوگیری از بروز آسیب می‌شود؛ ۲) از منظر فیزیولوژیکی و علم تمرین افزایش میزان فعالیت الکترومایوگرافی در فاز فرود و مرحله پیش‌آماده‌سازی موجب ایجاد یک انقباض عضلانی قوی، تولید نیروی عضلانی بیش‌تر از طرف عضلات و سرانجام افزایش میزان ارتفاع پرش متعاقب آن گردد. در تایید این موضوع چیمرا و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند اجرای تمرین پلایومتریک موجب افزایش معنی‌داری در مرحله پیش‌آماده‌سازی در عضلات نزدیک‌کننده (p≤۰/۰۰۵) و همچنین افزایش معنی‌داری در پرش ارتفاع (p=۰/۰۰۹) گردید (۸). هیوئیت و همکاران (۱۹۹٦) گزارش کردند تمرین پلایومتریک موجب افزایش فعال‌سازی عضلانی البته درعضلات دورکننده و نزدیک‌کننده ران گردید، سرانجام میانگین ارتفاع پرش در حدود ۱۰درصد افزایش نشان داد (۹). در زمینهٔ تغییر ارتفاع فرود مارداکوویچ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند تغییر در ارتفاع فرود موجب افزایش فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی در فاز پیش‌آماده سازی هنگام فرود از ارتفاع ٤۰ به ٦۰ و ٦۰ به ۸۰ سانتی‌متر گردید که البته از ٦۰ به ۸۰ معنی‌دار نبود (۲). پنگ و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش را در فعالیت الکتریکی عضلات راست رانی و دوسر رانی هنگام فرود از ارتفاعات ۲۰ تا ٦۰ با افزایش ارتفاع به سمت ٦۰ سانتی‌متر گزارش کردند که البته این افزایش در عضله راست رانی بیش از دوسر رانی بود (۱۰). سرانجام به نظر می‌رسد با توجه به تاثیر عوامل عصبی که یکی از عوامل اثرگذار بر توان است، می‌توان انتظار داشت همان‌گونه که با تقویت فعالیت مایوگرافی عضلات در فاز کانسنتریک حرکت یا فاز پرش با تمرین که به پدیده نیرومندسازی پس‌فعالی[1] معروف است می‌توان بر میزان پرش افزود، احتمالاً با تقویت پدیده پیش‌آماده‌سازی هنگام فرود که یک عامل عصبی است، بتوان بر میزان توان تولیدی عضلات پایین تنه تاثیر گذاشت؛ بدین ترتیب، هدف پژوهش حاضر این است که میزان فعالیت الکتریکی عضلات چهارسر و همسترینگ در مرحله پیش‌آماده‌سازی پس از اجرای حاد تمرین پلایومتریک به همراه تغییر ارتفاع فرود و همچنین تاثیر این پدیده بر میزان پرش ارتفاع مقایسه گردد.

روش‌شناسی

این پژوهش از نوع کاربردی بوده و به روش نیمه‌تجربی با طرح اندازه‌های تکراری با یک گروه به انجام رسید. آزمودنی‌های مطالعه ۱۰ نفر از پسران دانشجو رشته تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی بوده (جدول۱) که تصادفی انتخاب شدند و هیچ‌گونه آسیب در ناحیه زانو و پایین‌تنه نداشتند.

جدول۱. توصیف ویژگی‌های عمومی آزمودنی‌ها

	تعداد آزمودنی	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	۱۰	۲۱/۱۰	۱/۲۸٦
قد (سانتی‌متر)	۱۰	۱۷۳	٦/٤٦۷۰۱
وزن (کیلوگرم)	۱۰	٦۸/۲۰۰	۷/٤۲۰٦
یک تکرار بیشینه پرش (سانتی‌متر)	۱۰	۳۲/۷	٤/۲۷۰

1. Postactivation Potentiation

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

۷۲ ساعت پیش از شروع فرآیند، آزمودنی‌ها به منظور آشنایی با پروتکل‌ها و شرایط آزمون و همچنین تعیین شدت برای یک وهله تمرین پلایومتریک به آزمایشگاه مراجعه کردند (۱۳-۱۱). در این روز تمام دستورالعمل‌های اجرای آزمون و مراحل گوناگون انجام آن برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد؛ پس از آن، به منظور تعیین شدت برای یک وهله تمرین پلایومتریک آزمودنی‌ها تعداد سه پرش ارتفاع حداکثر را تک‌پا انجام‌داده و بیش‌ترین ارتفاع برای هر آزمودنی به ثبت رسید. در نهایت میانگین کل پرش‌ها به میزان ۳۰ سانتی‌متر برای ارتفاع موانع در نظر گرفته شد. در این پژوهش که در ٤ نوبت پس آزمون با اندازه‌های تکراری برگزار شد، آزمودنی‌ها در معرض ٤ متغیر مستقل در ٤ روز متفاوت قرار گرفتند. آزمودنی‌ها در هر روز با فاصله دست کم ٤٨ ساعت یکی از پروتکل‌های ۱) فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر؛ ۲) فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر؛ ۳) تمرین پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر؛ ٤) تمرین پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر را اجرا می‌کردند. در روز آزمون، آزمودنی‌ها پروتکل گرم‌کردن یکسانی را اجرا می‌کردند که ابتدا با سرعت ۸ تا ۹ کیلومتر بر ساعت به مدت ۵ دقیقه روی تردمیل می‌دویدند، پس از آن ۲ دقیقه به انجام حرکات کششی ایستا در مدت زمان کوتاه (گروه‌های عضلانی چهارسر، همستریگ، جلو و پشت ساق پا و ناحیه کمر) می‌پرداختند (هر حرکت ٤ تا ٦ ثانیه) (١٤،١٣،١٠). پیش از هر جلسه آزمون‌گیری پوست نواحی منظور کاملاً تمیز می‌شد و پس از گرم‌کردن، الکترودگذاری روی پوست انجام می‌گرفت. الکترودگذاری و همچنین MVC بر اساس روشی که در SENIAM اروپایی آمده است انجام شد (۱۵). آزمون‌های حداکثر انقباض ارادی این عضلات از هر نفر مجزا گرفته شد. برای عضلات گروه چهارسر (یعنی پهن خارجی و راست رانی) آزمودنی در حالت نشسته ثابت روی صندلی و با زاویه زانوی ۹۰درجه اقدام به انجام یک اکستنشن حداکثر زانو می‌کردند. در عضله دوسر رانی از گروه همسترینگ نیز آزمودنی خوابیده روی شکم قرار می‌گرفت و با ثابت‌کردن مفصل ران اقدام به انجام یک فلکشن حداکثر زانو می‌کرد. پیش از انجام آزمون مربوط به حداکثر انقباض ارادی، افراد عضلات را چند مرتبه منقبض می‌کردند تا اطمینان حاصل شود که آزمون حداکثر انقباض ارادی به درستی انجام می‌شود. در هر آزمون ضمن ثبت سینگال الکترومایوگرافی افراد حداکثر انقباض ارادی را به اندازه ۵ ثانیه انجام می‌دادند (۹) .

پس از انجام آزمون‌های حداکثر انقباض ارادی و استراحت ۳۰ دقیقه‌ای، از آزمودنی، آزمون حرکت فرود – پرش تک‌پا به‌عمل آمد. در این پژوهش فعالیت الکترومایوگرفی ماهیچه‌های پهن خارجی و راست رانی (فعالیت گروه عضلانی چهارسر) و دوسر رانی (فعالیت گروه عضلانی همسترینگ) ارزیابی شد (۲،۸،۱۰). مکان الکترود-گذاری در ثبت امواج الکتریکی ماهیچه‌ها در هنگام پرش و EMG-MVC یکسان بود. فعالیت الکتریکی در فاز فرود تا زمان تماس پا با زمین مد نظر بود. همچنین در نسبت RMS/MVC حداکثر مقدار ثبت‌شده در نظر گرفته شده است. در روز اول اجرای آزمون، پس از گذشت ۵ دقیقه پس از پایان گرم‌کردن و عملیات الکترودگذاری آزمون اجرا می‌شد. به این ترتیب که آزمودنی‌ها به گونه‌ای بر روی سکوی فرود (٤٠ سانتی‌متر) (۲) می‌ایستادند که پنجه‌ها در یک راستا روی لبه سکو قرار می‌گرفت و با فرمان شروع به طور نرم با یک پا به

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

سمت صفحه نیروسنج فرود می‌آمدند. بلافاصله پس از تماس با زمین آزمودنی‌ها اقدام به انجام یک پرش ارتفاع حداکثر با همان تک‌پا می‌کردند و پس از زدن دست به صفحه سارجنت با زانوی باز بر زمین فرود می‌آمدند. در روز دوم آزمون نیز آزمودنی‌ها پس از گرم‌کردن و اجرای حرکات کششی اقدام به اجرای حرکت فرود-پرش این‌بار از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر با همان کیفیتی که ارایه‌شد کردند. در روز سوم آزمون، آزمودنی‌ها پس از گرم‌کردن تعداد یک ست حرکت پلایومتریک که شامل پریدن تک‌پا از روی مانع[1] به تعداد ۸ تکرار بود را به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که یک وهله تمرینی بود، انجام دادند (١٠،١٦). پس از پایان انجام وهله پلایومتریک، آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه استراحت کرده و سپس پروتکل فرود-پرش از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر را همان‌گونه که توضیح داده شد انجام می‌دادند. و سرانجام در روز چهارم آزمون، آزمودنی‌ها پس از گرم‌کردن و انجام یک وهله تمرین پلایومتریک حرکت فرود- پرش را از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر انجام دادند. از صفحه نیروسنج[2] (مدل MIE) ساخت کشور انگلیس برای مشخص نمودن لحظه تماس پا با زمین استفاده شد. اطلاعات فرود تک‌پا با صفحه نیروسنج با فرکانس نمونه‌برداری ٤٠٠ هرتز ثبت و در رایانه ذخیره شد.

ثبت سیگنال‌های الکترومایوگرافی سطحی در آزمون‌های حداکثر انقباض ارادی (MVC) و حرکت فرود تک‌پا با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی مدل MT8 ساخت کشور انگلستان با پهنای باند ۲۰ تا ۱۰۰۰ هرتز انجام گرفت. این دستگاه ۸ کاناله بوده و فرستنده و گیرنده دارد. واحد فرستنده مانند کمربند دور کمر آزمودنی قرار می‌گیرد و قابلیت ارسال امواج با آنتن و بی‌سیم به فاصله ۱۰۰ متر تا گیرنده را دارد. سیگنال‌ها با استفاده از الکترودهای یک‌بار مصرف به قطر یک سانتی‌متر ثبت شدند. داده‌های الکترومایوگرافی در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و با استفاده از فیلتر پایین‌گذر ٦هرتز و نرم‌افزار Myo Dat ثبت و روی کامپیوتر ذخیره شدند. فاز پیش‌آماده-سازی درحرکت فرود ۱۵۰ میلی‌ثانیه پیش از تماس پا با زمین در نظر گرفته شد (٣،٤). برای تجزیه و تحلیل داده‌های الکترومایوگرافی ابتدا می‌بایست لحظه تماس پا با زمین مشخص شود. این لحظه با استفاده از داده‌های صفحه نیروسنج مشخص گردید و از آنجا که داده‌های نیروسنج با داده‌های الکترومایوگرافی همزمان ثبت شدند، این لحظه را در داده‌های مایوگرافی مشخص نموده و با وارد کردن داده‌های خام پیش از این مرحله در نرم‌افزار ریاضیاتی متلب[3]، سطح فعالیت عضلات در بازهٔ زمانی ۱۵۰ میلی‌ثانیه پیش از تماس پا با زمین بر حسب ریشه میانگین مجذور مربع[4] (RMS) محاسبه گردید. داده‌های مربوط به حداکثر انقباض ارادی[5] (MVC) هر عضله برای هر نفر نیز نرم‌افزار متلب و بر حسب RMS محاسبه می‌شود. به منظور نرمال‌کردن داده‌های مربوط به سطح فعالیت هر عضله، داده‌های هر عضله را بر MVC محاسبه شده آن عضله تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب کرده و بدین ترتیب سطح فعالیت بر حسب RMS و بر اساس درصدی از MVC به دست آمد (۱۷). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای تعیین میانگین، انحراف معیار، رسم نمودارها و جداول استفاده شد. از میانگین و انحراف معیار برای توصیف داده‌ها، از روش

1. Single Leg Hurdle Jump
2. Force Plate (Model MIE)
3. MATLAB
4. Root Mean Square
5. Maximal Voluntary Contraction

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

آماری کولموگروف اسمیرنوف و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری در سطح معناداری p≤۰/۰۰۵ و برای مقایسه متغیرهای مورد مطالعه از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج این تحقیق (جدول۲) نشان داد میزان پرش پس از اجرای تمرین پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر به تنهایی به طور معنی‌داری افزایش داشته است (p=۰/۰۰۷)؛ همچنین، میزان پرش پس از اجرای تمرین پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری داشته است (p=۰/۰۰۲).

جدول۲- عملکرد پرش عمودی (سانتی‌متر) در مراحل اندازه‌گیری تکراری

ردیف	تعداد آزمودنی	سطوح متغیر مستقل	میانگین ارتفاع پرش	انحراف معیار	p
١	١٠	فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	٣٠/٠٢	٣/٥١٠	٠/٠٠٧
٢	١٠	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	٣٣/٩٦	٤/٥١٦	
٣	١٠	فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	٢٩/٤٩	٣/٦٩٠	٠/٠٠٢
٤	١٠	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	٣٣/١١	٣/٤٦٧	

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که فعالیت الکتریکی عضلات راست رانی (جدول ٣)، پهن خارجی (جدول ٤) و دوسر رانی (جدول ٥) در فاز پیش‌آماده‌سازی هنگام فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر نسبت به ٤٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=۰/۰۰۲، p=۰/۰۰۱، p=۰/۰۰۱) داشته است؛ همچنین، پس از اجرای تمرین پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=۰/۰۳۹، p=۰/۰۰۰، p=۰/۰۰۱) و سرانجام پس از اجرای تمرین پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=۰/۰۰۱، p=۰/۰۰٦، p=۰/۰١٤) داشته است.

جدول ۳. میانگین نسبت RMS/MVC ماهیچه راست رانی پای برتر در مرحله پیش‌آماده‌سازی

ردیف	تعداد آزمودنی	سطوح متغیر مستقل	میانگین نسبت RMS/MVC	انحراف معیار
١	١٠	فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	٠/٠٣٨٣	٠/٠٠٥٧٧
٢	١٠	فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	٠/٠٥٨٦	٠/٠١٥٢٥
٣	١٠	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	٠/٠٤٩٥	٠/٠٠٩٩٣
٤	١٠	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	٠/٠٧٢٩	٠/٠١٩٦٦

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

جدول۱-۳. نتایج آزمون تعقیبی در مقایسه مراحل اندازه‌گیری برای عضله راست رانی

سطوح متغیر	میزان p
فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰۰۲
فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	
فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰۳۹
پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	
فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	۰/۰۰۱
پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	

جدول ۴. میانگین نسبت RMS/MVC ماهیچه پهن خارجی پای برتر در مرحله پیش‌آماده‌سازی

ردیف	تعداد آزمودنی	سطوح متغیر مستقل	میانگین نسبت RMS/MVC	انحراف استاندارد
۱	۱۰	فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰۹۱٤	۰/۰۱۷۲۸
۲	۱۰	فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	۰/۱۱۸۳	۰/۰۲۰۳۸
۳	۱۰	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۱۱۹۷	۰/۰۲۰٤۰
٤	۱۰	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	۰/۱٤۲٤	۰/۰۳۰۲۸

جدول۱-۴. نتایج آزمون تعقیبی در مقایسه مراحل اندازه‌گیری برای عضله پهن خارجی

سطوح متغیر	میزانp
فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰۰۱
فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	
فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰۰۰
پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	
فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	۰/۰۰٦
پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	

جدول ۵. میانگین نسبت RMS/MVC ماهیچه دوسر رانی پای برتر در مرحله پیش‌آماده‌سازی

ردیف	تعداد آزمودنی	سطوح متغیر مستقل	میانگین نسبت RMS/MVC	انحراف معیار
۱	۱۰	فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰٤٥٤	۰/۰۱٥۱٦
۲	۱۰	فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	۰/۰٦۰۲	۰/۰۱۷۳۱
۳	۱۰	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰٥۳۷	۰/۰۱۰٥۳
٤	۱۰	پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	۰/۰٦۸۸	۰/۰۱٦٥۱

جدول۱-۵. نتایج آزمون تعقیبی در مقایسه مراحل اندازه‌گیری برای عضله دوسر رانی

سطوح متغیر	میزان p
فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰۰۱
فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	
فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	۰/۰۰۱
پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر	
فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	۰/۰۱۴
پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر	

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

بحث

هدف از پژوهش حاضر، تعیین تاثیر حاد تمرین پلایومتریک به همراه تغییر در ارتفاع فرود بر برخی از متغییرهای الکترومایوگرافی حرکات فرود-پرش پسران دانشگاهی بود. این نتایج همچنین نشان داد که فعالیت الکتریکی عضلات راست رانی، پهن خارجی و دوسر رانی در فاز پیش‌آماده‌سازی پس از اجرای فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر نسبت به ٤٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=٠/٠٠٢، p=٠/٠٠١، p=٠/٠٠١) داشته است؛ همچنین، فعالیت الکتریکی این عضلات پس از اجرای پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=٠/٠٣٩، p=٠/٠٠٠، p=٠/٠٠١) داشته است. فعالیت الکتریکی عضلات پس از اجرای تمرین پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری به ترتیب (p=٠/٠٠١، p=٠/٠٠٦، p=٠/٠١٤) داشته است. سرانجام نتایج نشان داد میزان پرش پس از اجرای پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٤٠ سانتی‌متر به طور معناداری افزایش داشته است (p=٠/٠٠٧)، همچنین میزان پرش پس از اجرای پلایومتریک و فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر نسبت به فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری داشته است (p=٠/٠٠٢). توان عضلانی (قدرت انفجاری) یک عامل اصلی و کلیدی تعیین‌کننده برای موفقیت در بسیاری از مسابقات ورزشی است و ورزشکاران و متخصصان تمرین اهمیت این عامل را در مسابقات ورزشی درک کرده‌اند. این موضوع در دهه گذشته، منجر به رشد چشمگیر پژوهش‌هایی شده‌است که تلاش می‌کنند تا راهبردهای بهبود موقت در برون‌ده توان عضلانی را شناسایی کنند. این فاکتور در بسیاری ازحرکات ورزشی و از آن جمله حرکات فرود-پرش مشاهده می‌شود. در هنگام انجام این حرکات، عوامل متعددی در تولید نیروی عضلانی نقش دارند که می‌توان به عوامل عصبی و عضلانی اشاره نمود (٢٠-١٨). نتایج این پژوهش نشان داد که نسبت RMS/MVC گروه‌های عضلانی چهارسر و همسترینگ پای برتر در حین فرود (فاز پیش‌آماده‌سازی) اجرای یک وهله تمرین پلایومتریک افزایش یافته بود. متاسفانه تحقیقات کمی دربارهٔ این پدیده از منظر فیزیولوژیکی و تاثیر تمرین بر آن جود دارد؛ به این دلیل، به ذکر چند مورد که البته تفاوت‌هایی با پژوهش حاضر دارند می‌پردازیم. چیمرا و همکاران (٢٠٠٤)، هیوئیت و همکاران (١٩٩٦) و المستید و همکاران (١٩٨٦) پژوهش‌هایی با محوریت تاثیر تمرین پلایومتریک بر فعال‌سازی عضلانی انجام دادند (٨،٩،٢١) که در یک مورد چیمرا و همکاران (٢٠٠٤) تغییری در فعال‌سازی عضلات فلکسور و اکستنسور زانو و ران مشاهده نکردند (٨) و در دو مورد دیگر هیوئیت و همکاران (١٩٩٦) المستید و همکاران (١٩٨٦) هم اصلاً به این عضلات پرداخته نشده است (٩،٢١). یکی از تفاوت‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های ذکرشده نوع آزمودنی است که به غیر از پژوهش حاضر که جامعه آماری، پسران هستند در دیگر موارد جامعه آماری را زنان تشکیل می‌دهند که شاید یکی از دلایل تفاوت نتایج این پژوهش با موارد دیگر باشد.

در پژوهش انجام‌شده پس از اجرای یک وهله تمرین پلایومتریک پیش‌فعال‌سازی عضلانی در عضلات راست رانی، دوسر رانی و پهن خارجی افزایش معنی‌داری را در مرحله فرود نشان داد، درحالی‌که در تحقیقات دیگر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

این افزایش فقط در عضلات دورکننده (کشنده پهن نیام) و نزدیک‌کننده (راست داخلی) ران گزارش گردید که البته از این حیث با پژوهش حاضر متفاوت است. این الگوی فعال‌سازی در زنان ممکن است به دلیل عواملی مانند شلی مفاصل، نوع ساختار لگن خاصره، و عامل توازن در اندام تحتانی باشد که لزوم فعال‌سازی بیش‌تر عضلات دورکننده و نزدیک‌کننده را در زنان در مقایسه با مردان توجیه کند (۹). نتایج حاصل از مطالعه المستید و همکاران (۱۹۸٦) نشان می‌دهد که کارکرد عضلات دورکننده ران در رابطه با عضلات چهارسر هنگام بازشدن زانو است، اگرچه نزدیک‌کننده ران در رابطه با همسترینگ داخلی در زمان فلکشن زانو همزمان عمل می‌کند (۲۱)؛ همچنین، نحوه به کارگیری تمرینات پلایومتریک نیز در نتایج تحقیقات به نظر می‌رسد اثرگذار باشد به نحوی که در پژوهش حاضر اثر حاد این تمرینات بررسی شده، درحالی‌که در موارد دیگر بحث سازگاری مطرح شده است. عواملی مانند شدت، تناوب، زمان و نوع تمرین پلایومتریک، سطح آمادگی آزمودنی‌ها و تجربه آنها در تمرینات پلایومتریک ممکن است در نتایج تحقیقات تاثیرگذار باشد؛ از سوی دیگر، میزان فعالیت عضلات پیش از فرود ممکن است به عواملی مانند نوع فرود، فرود نرم (فرود با زاویه فلکشن زانوی کم‌تر از ۹۰درجه) در مقابل فرود سخت (فرود با زاویه فلکشن زانوی بیش‌تر از ۹۰درجه) (۲۲)، تصور فرد از میزان نزدیک‌شدن به سطح فرود (۲۳)، نحوه فرود (ناگهانی یا قابل انتظار) (۲،۲٤،۲۵) و مهارت (۲۵،۲٦) بستگی داشته باشد. در بررسی حاضر میزان فعالیت الکتریکی (نسبت RMS/MVC) گروه عضلانی چهارسر و همسترینگ در میان اندازه‌گیری‌های تکراری در فاز پیش‌آماده‌سازی با افزایش ارتفاع به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. افزایش فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی در پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات مارداکوویچ و همکاران (۲۰۰۷)، و آرامپاتیس و همکاران (۲۰۰۰) همراستا است (۲،۲۵). در پژوهش حاضر این افزایش از ارتفاع ٤۰ به ٦۰ سانتی‌متر به طور معنی‌داری افزایش یافت. در تحقیق مارداکوویچ نیز افزایش معنی‌داری در فعالیت الکتریکی پهن خارجی از ارتفاع ٤۰ به ٦۰ سانتی‌متر گزارش گردید. از جمله عوامل تاثیرگذار بر نتایج این پژوهش‌ها عبارت است از: فعال بودن آزمودنی‌ها و همچنین نوع فرود آن‌ها که به طور نرم انجام شده بوده و بیش‌تر عضلات ران و زانو را درگیر می‌سازد (۵،۲۷)؛ همچنین، میزان ارتفاع که تاثیر فراوانی بر میزان فعالیت عضله دارد که ارتفاع ٦۰ سانتی‌متر که ارتفاع مطلوبی برای فرود است، بیش‌ترین تاثیر را بر فعالیت عضلانی داشته است (۲). نتایج پژوهش حاضر و پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد تنظیم پیش‌فعال‌سازی برای عضلات مختلف با توجه به ویژگی‌های آناتومیکی و مکانیکی حرکت جنبه اختصاصی دارد (۲۸) آشنایی با تمرینات فرود-پرش و سابقه آزمودنی‌ها در انجام این‌گونه حرکات از عوامل تاثیرگذار بر مقادیر فعالیت مایوگرافی عضلات است. در پژوهش حاضر و پژوهش مارداکوویچ آزمودنی‌ها سابقه تمرینات فرود- پرش را نداشتند و این نکته قابل توجه است که نتایج به دست آمده از آزمودنی‌هایی که به حرکات فرود- پرش آشنایی ندارند با آزمودنی‌هایی که تجربه قبلی دارند متفاوت است (۲).

در پژوهش حاضر علاوه بر افزایش فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی، متعاقب با افزایش ارتفاع فرود، افزایشی نیز در فعالیت الکتریکی عضله دوسر رانی مشاهده شد که با نتایج آرامپادیس (۲۰۰۰) مشابه است

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

(۲۵). در این مطالعه فعالیت الکتریکی این دو عضله با افزایش ارتفاع فرود افزایش یافت. پهن خارجی عضله‌ای است که در بازکردن زانو نقش مهمی دارد؛ از این رو، با افزایش ارتفاع، حرکات زانو افزایش یافته و موجب افزایش میزان انرژی تولیدی جهت جذب نیرو می‌شود (۲۹،۳۰)؛ همچنین، به نظر می‌رسد این عضله در کنترل چرخش‌های درشت‌نی موثر باشد (۳۰)؛ همچنین، عضله دوسر رانی علاوه بر فلکشن زانو و بازکردن ران، در تنظیم چرخش‌های درشت‌نی نیز نقش دارد (۳۲-۳۰) و به نظر می‌رسد این دو عضله به هنگام افزایش ارتفاع فرود قادر به کنترل چرخش‌های درشت‌نی می‌باشند. عضله راست رانی نیز در این پژوهش افزایشی را در فعالیت الکتریکی با افزایش ارتفاع فرود به همراه دو عضله دیگر نشان داد که با نتایج مطالعه لیبرمن و همکاران (۲۰۰۵) مشابه است (۳۲). پنگ و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایشی را در فعالیت الکتریکی عضله راست رانی با افزایش ارتفاع گزارش کردند، درحالی‌که در عضله دوسر رانی افزایشی مشاهده نشد (۱۰). از دلایل این تفاوت ممکن است این باشد که فرود از ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر در مقایسه با ارتفاعات پایین‌تر نیازمند نیروی تماس بیش‌تر و در نتیجه فلکشن زانو بیش‌تر است. در مقابل هر چه سطح تماس با زمین کاهش یابد موجب استخراج رفلکس کششی عضلات و همچنین توان خروجی بیشتر در مرحله جدا شدن از زمین می‌شود که سرانجام می‌تواند به میزان پرش کمک کند (۳۵-۳۳). در پژوهش پنگ و همکاران (۲۰۱۱) زمان تماس با زمین و همچنین فلکشن زانو در آزمودنی‌ها با افزایش ارتفاع به سمت ٦٠ سانتی‌متر افزایش است و سرانجام ارتفاع پرش با افزایش ارتفاع تغییری نکرده است (۱۰). چون فرود از ارتفاعات بالاتر نیازمند استفاده بیش‌تر از عضلات چهارسر نسبت به همسترینگ است، به نظر می‌رسد یکی از دلایل تفاوت نتایج همین عامل باشد. این موضوع با تحقیق حاضر همراستا است زیرا که در پژوهش حاضر نیز با افزایش ارتفاع تغییری در میزان ارتفاع پرش مشاهده نشد. سانتلو و همکاران (۲۰۰۱)، ایشیکاوا و همکاران (۲۰۰٤) و اورا و همکاران (۱۹۸٦) نیز افزایش معنی‌داری را در عضلات راست رانی و دوسر رانی با افزایش ارتفاع گزارش کردند (۲۸،۳٤،۳۵). در مقابل نتایج پژوهش بوبرت و همکاران (۱۹۸۷)، گالهوفر و همکاران (۱۹۹۱)، هاکینن و همکاران (۱۹۸٦) و روان و همکاران (۲۰۱۰) با نتایج این پژوهش متفاوت بود (۳۹-۳٦). نتایج این پژوهش‌ها هیچ‌گونه افزایشی را در میزان فعالیت الکتریکی عضلات راست رانی، دوسر رانی و پهن خارجی با افزایش ارتفاع فرود نشان نداد. از دلایل این تفاوت‌ها ممکن است مربوط به این باشد که بازتاب کششی (چرخه کشش- کوتاه‌شدن) که مسئول تولید نیرو در فاز کانسنتریک حرکت است و به افزایش ارتفاع فرود پاسخ می‌دهد بیش از فعالیت الکتریکی عضلات موجب افزایش عملکرد عضلات گردد (٤٠).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اجرای حاد تمرین پلایومتریک به همراه تغییر در ارتفاع فرود موجب افزایش فعالیت الکتریکی عضلات چهارسر و همسترینگ در فاز پیش‌آماده‌سازی (هنگام فرود) می‌شود که سرانجام موجب افزایش عملکرد انفجاری عضلات می‌شود. به نظر می‌رسد تقویت این پدیده به دلیل تمرین ممکن است به تولید نیروی بیش‌تر و موثرتر از سوی عضلات منجر گردد که در فعالیت متعاقب آن، مثلاً پرش،

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

اثرگذار باشد. به کاربردن ارتفاع مناسب در تمرینات پرش عمقی که شکلی از تمرینات پلایومتریک است موجب تحریک بهتر مرحله پیش‌آماده‌سازی و سرانجام توان خروجی می‌شود. پیشنهاد می‌گردد به منظور درک صحیحی از این پدیده و تاثیر آن در حیطه فیزیولوژی و علم تمرین پژوهش آتی با حجم نمونه بیش‌تر انجام گیرد؛ همچنین، نتایج پژوهش حاضر به حرکت فرود-پرش تک‌پا از ارتفاع ٤٠ و ٦٠ سانتی‌متر محدود می‌شود و نمی‌تواند به حرکات دیگر مثل فرود دو پا و فرود از ارتفاعات مختلف تعمیم داده شود؛ به همین دلیل، به منظور درک بهتر می‌توان از فرود-پرش دو پا، انجام حرکاتی مثل دوی سرعت پس از فرود و اجرای فرود در ارتفاعات مختلف بهره گرفت.

منابع

1. Wilk ,K.E., Voight, M.L., Keirns ,M.A., Gambetta, V., Andrews ,J.R., Dillman, C.J. (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy .17:225-39.
2. Mrdakovic, V., Dusko, B., Ilic , N., Zeljko, R., Djordje, S. (2007). Pre-activity modulation of lower extremity muscles within different types and heights of deep jump. Journal of Sports Science & Medicine. 7(2):269-78.
3. Yessis, M. (2009). Explosive Plyometrics. Ultimate Athlete Concept.(book). Ultimate Athlete Concepts Publisher.
4. Lacquaniti, F., Maioli, C. (1989). The role of preparation in tuning anticipatory and reflex responses during catching. Journal of Neuroscience. 9:134-48.
5. Markovic., G., Mikulic., P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training . Sport Medicin. 40(10):859-95
6. Santelo, M., McDonagh, M.J. (1998) The control of timing and amplitude of EMG activity in landing movements in humans. Experimental Physiology. 83(6):857-74.
7. Liebermann, D.G., Hoffman, J.R. (2005). Timing of preparatory landing responses as a function of availability of optic flow information. Journal of Electromyography and Kinesiology. 15(1):120-30.
8. Chimera, N.J., Swanik, K.A., Swanik, C.B., Straub, S.J. (2004). Effects of plyometric training on muscle activation strategies and performance in female athletes. Journal of Athletic Training. 39(1):24-31.
9. Hewett, T.E., Stroupe, A.L., Nance, T.A., Noyes, F.R. (1996). Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. The American Journal of Sports Medicine. 4(6):765-73.
10. Peng, H.T., Thomas, W., Kernozek, B. (2011). Quadricep and hamstring activation during drop jumps with changes in drop height . Physical Therapy in Sport. 12(3):127-32.
11. Vladan, M., Dragan, N., Radomir, K. (2008). The effect of plyometric training on the explosive strength of leg muscles of volleyball players on single foot and two-foot takeoff jumps. Physical Education and Sport. 6(2):169-79.
12. Potach, D.H. (2003). Plyometric and speed training. in book: NSCA's Essentials of Personal Training. Edition: 1st, Chapter: 17, Publisher: Human Kinetics. Editors: Earle, R.W., Baechle, T.R. pp.425-58
13. Stieg, J.L., Faulkinbury, K.J., Tran, T.T., Brown, L.E., Coburn, J.W., Judelson, D.A. (2011). Acute effects of depth jump volume on vertical jump performance in collegiate women soccer players. Kinesiology. 43(1):25-30.
14. Faulkinbury, K.J., Stieg, J.L., Tran, T.T., Brown, L.E., Coburn, J.W., Judelson, D.A. (2011). Effects of depth jump vs. box jump warm-ups on verticals jump in collegiate vs. club female volleyball players. Medicina Sportiva. 15(3):103-6.
15. www. seniam .org
16. Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R., Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs vertical jump training programmes. The Journal of Strength and Conditioning Recearch. 19(2):433-7.
17. Rutherford, D.J., Hubley-Kozey, C.L., Stanish, W.D. (2010). The neuromuscular demands of altering foot progression angle during gait in asymptomatic individuals and those with knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 18(5):654-61.
18. Dietz, V., Noth ,J., Schmidtbleicher, D. (1981). Interaction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forward falls. Journal of Physiology. 311(1):113–25.
19. Swanik, K.A., Lephart, S.M., Swanik, C.B., Lephart, S.P., Stone, D.A., Fu, F.H. (2002). The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. Journal of Shoulder Elbow Surgery. 11:579-86.
20. Dunn, T.G., Gillig, S.E., Ponser, S.E., Weil, N., Utz, S.W. (1986). The learning process in biofeedback: is it feed-forward or feedback? Biofeedback Self Regulation. 11(2):143-56.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]

[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]

21. Olmstead, T.G., Wevers, H.W., Bryant, J.T., Gouw, G.J. (1986). Effect of muscular activity on valgus/varus laxity and stiffness of the knee. Journal of Biomechanic. 19:565-77.
22. Devita, P., Skelly, W.A. (1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. Medicine & Science in Sports & Exercise. 24(1):108-15.
23. Hoffren, M., Ishikawa, M., Komi, P.V. (2007). Age-related neuromuscular function during drop jumps. Journal of Applied Physiology. 103(4):1276-83.
24. McKinley, P., Pedotti, A. (1992). Motor strategies in landing from a jump: the role of skill in task execution. Experimental Brain Research. 90(2):427-40.
25. Arampatzis, A., Morey, K,G., Bruggemann, G.P. (2000). The effect of falling height on muscle activity and foot motion during landings. Journal of Electromyography and Kinesiology. 13(6):533-44.
26. Santello, M. (2005). Review of motor control mechanisms underlying impact absorption from falls. Gait and Posture. 21(1):85-94.
27. Komi, P.V., Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men andwomen. Medicine & Science in Sports and Exercise. 10(4):261-5.
28. Santello, M., McDonagh, M.J.N., Challis, J.H. (2001). Visual and non visual control of landing movements in humans. The Journal of Physiology. 537:313-27.
29. Jensen, R., Blackard, D., Ebben, W., Mclaughlin, P., Watts, P. (1999). Kinetic and electromyographic analyses of combined strength and plyometric training in women basketball players. Medicine & Science in Sports & Exercise. 31(5):S193.
30. Nyland, J.A., Shapiro, R., Caborn, D.N., Nitz, A.J., Malone, T.R. (1997). The effect of quadriceps femoris, hamstring, and placebo eccentric fatigue on knee and ankle dynamics during crossover cutting. Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy. 25(3):171-84.
31. Nyland, J.A,. Shapiro, R., Stine, R.L., Horn, T.S., Ireland, M.L. (1994). Relationship of fatiqued run-rapid stop to ground reaction forces, lower extremity kinematics, and muscle activation. Journal of Orthopaedics and Sports Physical Theraphy. 20(3):132-7.
32. Liebermann, D.G., Hoffman, J.R. (2005). Timing of preparatory landing responses as a function of availability of optic flow information. Journal of Electromyography and Kinesiology. 15(1):120-30.
33. Bosco, C., Viitasalo, J.T., Komi, P.V., Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. Acta Physiologica Scandinavica. 114(4):557-65.
34. Ishikawa, M., Komi, P.V. (2004). Effects of different dropping intensities on fascicle and tendinous tissue behavior during stretch-shortening cycle exercise. Journal of Applied Physiology. 96(3):848-52.
35. Aura, O., Komi, P.V. (1986). Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercise. International Journal of Sports and Medicine. 7(3):137-43.
36. Bobbert, M.F., Huijing, P,A., van Ingen Schenau, G.J. (1987). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. Medicine & Science in Sports & Exercise. 19(4):332-8.
37. Gollhofer, A., Kyrolainen, H. (1991). Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. International Journal of Sports and Medicine: 12(1):34-40.
38. Hakkinen, K., Komi, P.V., Kauhanen, H. (1986). Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises. International Journal of Sports and Medicine. 7(3):144-51.
39. Ruan, M., Li, L. (2009). Approach run increases preactivation and eccentric phases muscle activity during drop jumps from different drop heights. Journal of Electromyography and Kinesiology. 20(5):932-8.
40. Komi, P.V., Gollhofer, A. (1997). Stretch reflex can have an important role in force enhancement during SSC-exercise. Journal of Applied Biomechanics. 13(4):451-60.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1398.17.17.2.2]

[DOI: 10.29252/jsmt.17.17.11]