Effect of Core Muscles Fatigue on Landing Mechanic and Lower Extremity Function

Farzaneh Gandomi[1*], Maryam Najafi[2]

1. Ph.D of Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Razi University, Kermanshah, Iran
2. MSc of Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 2017.November.08 **Revised: 2018. February.7** **Accepted: 2018.February.27**

Abstract

Background and Aim: The purpose of the present study was to investigate the effect of core muscles' fatigue on landing mechanic and lower extremity function.

Materials and Methods: In the present semi-experimental study, 18 female students were randomly selected from among the students at Razi University. First, pretests were administered. Y-test was used to measure dynamic balance, square & lateral hop tests was used to measure lower extremity function, and weight bearing dorsiflexion ROM and Landing Error Scoring System-Real Time as well as Kinova and AutoCAD Software were used to assess landing mechanic. After the pretest, we perfromed core muscles fatigue protocol and then the posttest was conducted. For data analysis, K-S and Levine's test and paired sample t-test were run. The statistical significance was set at 0.05.

Results: The results showed that after core muscles fatigue, among studied factors, landing error scores (P=0.001), weight bearing dorsiflexion ROM (P=0.002), dynamic balance (P=0.02), and knee flexion angle (P=0.03) decreased in contact time.

Discussion: According to the results, it can be stated that the core muscles fatigue that accrues in sports competitions could result in the prevalence of lower extremity injuries. So, core strengthening protocol can be effective in preventing injuries in the lower extremity**.**

Keywords: Landing mechanic; Lower extremity performance; Core muscles fatigue; Weight bearing dorsiflexion ROM

Cite this article as: Farzaneh Gandomi, Maryam Najafi. Effect of core muscles fatigue on landing mechanic and lower extremity function. J Rehab Med. 2019; 7(4): 30-40.

* **Corresponding Author**: Farzaneh Gandomi. PhD of Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Razi University, Kermanshah, Iran
Email: gandomi777@gmail.com, tell: +989185697032.

DOI: 10.22037/jrm.2018.110926.1631

مطالعه اثر خستگی عضلات ناحیه مرکزی بدن بر مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی

فرزانه گندمی[1]، مریم نجفی[2]

۱. دکتری حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی، گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲. کارشناسی ارشد حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی، گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

*** دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۸/۱۷ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۱۱/۱۸ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۱۲/۰۸ ***

چکیده

مقدمه و اهداف

هدف از مطالعه حاضر، پرداختن به مسئله خستگی عضلات ناحیه مرکزی بدن و نقش احتمالی آن در تغییر مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی بود.

مواد و روش‌ها

در مطالعه نیمه‌تجربی حاضر، ۱۸ دانشجوی ورزشکار دختر از بین دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه رازی، به روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شدند. جهت ارزیابی عملکرد اندام تحتانی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون, چندین تست استفاده شد. از تست Y برای سنجش تعادل پویا، تست مربع و جهش جانبی برای ارزیابی عملکرد، دامنه دورسی فلکشن مچ پا و جهت ارزیابی مکانیک فرود از پرسش‌نامه سیستم نمره‌دهی خطای فرود و نرم‌افزار کاینوا و اتوکد استفاده گردید. بعد از انجام پیش‌آزمون‌ها، پروتکل خستگی ناحیه مرکزی بدن اعمال و به دنبال آن پس‌آزمون به عمل آمد. از آزمون‌های آماری K-S، Leven و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری t–زوجی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده گردید.

یافته‌ها

یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر نشان داد پس از اعمال پروتکل خستگی ناحیه مرکزی بدن، نمرات خطای فرود (P=۰/۰۰۱)، دامنه دورسی فلکشن مچ پا در تحمل وزن (P=۰/۰۰۲)، تعادل پویا (P=۰/۰۲) و فلکشن زانو در لحظه فرود (P=۰/۰۳) دچار افت می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به افت عملکرد اندام تحتانی و تغییر مکانیک فرود به دنبال خستگی عضلات ناحیه مرکزی بدن، می‌توان اذعان نمود که احتمالاً خستگی ناحیه مرکزی که در حین رقابت‌های ورزشی رخ می‌دهد، می‌تواند زمینه بروز آسیب‌های اندام تحتانی را فراهم آورد؛ بنابراین اعمال پروتکل‌های تقویت ناحیه‌ی مرکزی می‌تواند زمینه‌ی پیشگیری از آسیب‌های اندام تحتانی باشد.

واژه‌های کلیدی

مکانیک فرود؛ عملکرد اندام تحتانی؛ خستگی ناحیه مرکزی بدن؛ دورسی فلکشن

نویسنده مسئول: فرزانه گندمی، دکتری حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی، گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

آدرس الکترونیکی: gandomi777@gmail.com

مقدمه و اهداف

در سال‌های اخیر از ثبات ناحیه مرکزی به عنوان منبع توجهی مهم، برای حفظ ثبات مفصلی پویا در سراسر زنجیره حرکتی (که از پاها تا مهره‌های کمری کشیده شده است)، حمایت شده است.[۱] "ناحیه مرکزی[۱]" یا کمپلکس کمری-لگنی-رانی شامل کلیه ساختارهای فعال و غیرفعال این ناحیه بوده و فونداسیونی جهت حرکات اندام‌ها فراهم می‌آورد. از آن جایی که ناحیه مرکزی، مرکز اکثر زنجیره‌های حرکتی و عملکردی می‌باشد، کنترل حرکت، نیرو و تعادل در این ناحیه، فعالیت همه زنجیره‌های حرکتی را بهینه خواهد کرد. اختلال در ثبات ناحیه مرکزی ممکن است باعث بی‌ثباتی و آسیب در سراسر زنجیره حرکتی، خصوصاً در اندام تحتانی گردد.[۲] تحقیقات اهمیت ثبات ناحیه مرکزی در تولید حرکات کارا و مؤثر اعضا و تنه برای تولید، انتقال و کنترل نیرو و انرژی در طول فعالیت‌های زنجیره حرکتی یکپارچه را ثابت کرده‌اند[۳]، برای مثال هاجز و ریچاردسون توالی فعال شدن عضلانی در طول حرکات کل بدن را مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که برخی از ثبات‌دهنده‌های ناحیه مرکزی (عرضی-شکمی، مولتی‌فیدوس، راست‌شکمی و مورب‌های شکمی) قبل از هر گونه حرکتی در اندام-ها فعال می‌گردند.[۴] این عضلات مسئول حفظ راستای لگن نیز می‌باشند، به طوری که ضعف این عضلات منجر به از دست رفتن راستای صحیح لگن و به دنبال آن برهم خوردن رابطه طول-تنشن عضلات ناحیه تحتانی که به این حوزه متصلند شده، و سبب کاهش کارایی و در معرض آسیب قرار گرفتن اندام تحتانی می‌گردند.[۵]

در واقع شواهد مدیریت آسیب اندام تحتانی گویای آن است که عضلات ناحیه مرکزی ضعیف (ضعف در آداکشن و چرخش خارجی هیپ و کنترل عصبی-عضلانی ضعیف کمپلکس کمری-لگنی-رانی) در توسعه آسیب‌های ناشی از بیش‌تمرینی پا و مچ پا اثر دارد.[۶] به عنوان مثال استیکلر و همکاران[۲] (۲۰۱۴)، رابطه بین قدرت هیپ و ناحیه مرکزی و راستای اندام تحتانی در سطح فرونتال در طول اسکوات[۳] تک-پایی را مورد مطالعه قرار داده و عنوان کردند که فیزیوتراپ‌ها می‌بایست در طول بازتوانی افراد دارای سندرم درد کشککی-رانی، ناحیه مرکزی را به عنوان عاملی مرتبط با این عارضه تقویت نمایند.

از سوی دیگر، خستگی به عنوان یکی از مهمترین ریسک‌فاکتورها در بروز آسیب معرفی شده، به طوری که مطالعات گزارش نموده‌اند خستگی سبب افت عملکرد اندام تحتانی، تعادل ایستا، پویا و حس عمقی مفاصل می‌گردد که همگی در پیش‌بینی آسیب‌ها نقش مؤثر دارند. با این حال در خصوص نقش خستگی عضلات ناحیه مرکزی بدن بر عملکرد فاکتورهای ذکرشده مطالعات محدودی صورت گرفته، به طور مثال اَبت و همکاران[۴][۷]، تأثیر خستگی عضلات مرکزی بدن بر مکانیک پدال زدن در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای را مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که خستگی عضلات مرکزی بدن موجب تغییر در مکانیک پدال زدن و راستای اندام تحتانی دوچرخه‌سواران می‌شود که این تغییرات ممکن است منجر به آسیب زانو شود. در برخی مطالعات دیگر هم تغییر در تعادل به واسطه خستگی ناحیه مرکزی عنوان شده است.[۸]

با وجود این که در چند مطالعه محدود به اثر خستگی ناحیه مرکزی بر عملکرد اندام تحتانی پرداخته شده، اما از آن جایی که بسیاری از آسیب‌های اندام تحتانی در لحظه فرود و برخورد پا به زمین به دنبال یک پرش رخ می‌دهد، در این پژوهش سعی شده تا علاوه بر بررسی اثر خستگی ناحیه مرکزی بر عملکرد اندام تحتانی، مکانیک فرود نیز در لحظه‌ی فرود و تماس پای آزمودنی‌ها با زمین، به دنبال خستگی ناحیه مرکزی، مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

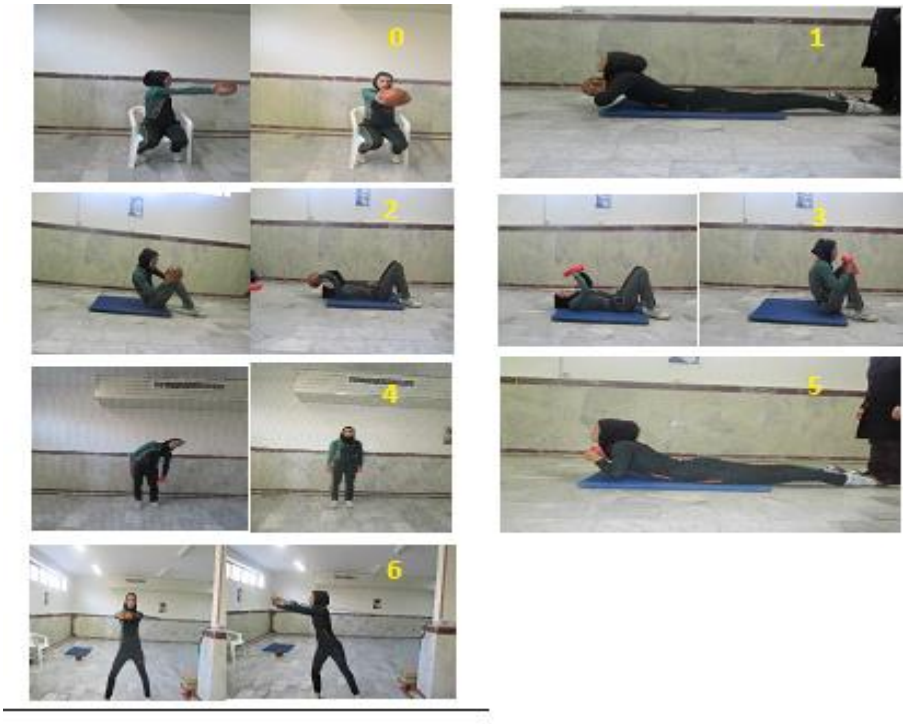
در تحقیق نیمه‌تجربی حاضر، جامعه آماری شامل کلیه دانشجویان تربیت بدنی دختر دانشگاه رازی بود که از بین آن‌ها ۲۲ نفر به عنوان نمونه آماری و به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. از این بین، ۴ نفر در هنگام انجام پروتکل خستگی انصراف دادند. آزمودنی‌ها قبل از شرکت در مطالعه رضایت کامل خود را از شرکت در مطالعه اعلام نموده؛ به دنبال آن، موضوع در کمیته اخلاق دانشگاه رازی مورد بحث قرار گرفت و در نهایت تصویب گردید. شرایط ورود آزمودنی‌ها به مطالعه شامل عدم داشتن هر گونه سابقه آسیب‌دیدگی در اندام‌ها و ستون فقرات، عدم داشتن هر گونه اختلال عصبی-عضلانی و برقراری همگن بودن آزمودنی‌ها از نظر سطح فعالیت‌های جسمانی، عدم وجود اختلالات تعادل و عدم وجود هر گونه ناهنجاری قامتی قابل ملاحظه عضلانی-اسکلتی بود. در مطالعه حاضر از تست وای[۵] برای سنجش تعادل پویا، تست مربع و جهش جانبی برای ارزیابی عملکرد اندام تحتانی، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در وضعیت ایستاده و پرسش‌نامه سیستم نمره‌دهی خطای فرود در زمان واقعی[۶] و دوربین عکس‌برداری برای ارزیابی مکانیک فرود استفاده گردید.

[1] Core
[2] Stickler et al
[3] Squat
[4] Abt et al
[5] Y balance Test
[6] Landing Error Scoring System-Real Time

نحوه انجام آزمون‌ها

پروتکل خستگی عضلات مرکزی: در مطالعه پیش‌رو از پروتکل خستگی تعدیل‌شده اَبت و همکاران (۲۰۰۷) جهت خسته کردن عضلات ناحیه مرکزی بدن در تمامی صفحات حرکتی استفاده شد. مدت انجام پروتکل مذکور ۳۲ دقیقه بود که شامل چهار ست پشت سر هم از هفت تمرین بود، به طوری که آزمودنی هر تمرین را ۲۰ مرتبه در مدت ۴۰ ثانیه (هر تکرار را در دو ثانیه) انجام داد و ۲۰ ثانیه نیز بین هر دو تمرین مختلف استراحت کرد. هر ست شامل هفت تمرین به ترتیب زیر بود:

۰- چرخش تنه در حالت نشسته با توپ طبی: ۱. باز کردن تنه در حالت خوابیده به شکم با توپ طبی ۲. درازونشست به طرفین با توپ طبی ۳. درازونشست با وزنه ۴. خم شدن به پهلو در حالت ایستاده با دمبل (دمبل پنج کیلوگرمی) ۵. باز کردن تنه با وزنه در حالت خوابیده به شکم ۶. چرخش تنه در حالت ایستاده در مقابل مقاومت کش (از توپ طبی دو کیلوگرمی و وزنه‌های پنج کیلوگرمی برای انجام تمرینات استفاده شد) علاوه بر آن در انتها ۳ ست تمرین پلانک[1] جهت ایجاد خستگی بیشتر انجام شد.



تصویر ۱: چرخش تنه در حالت نشسته با توپ طبی

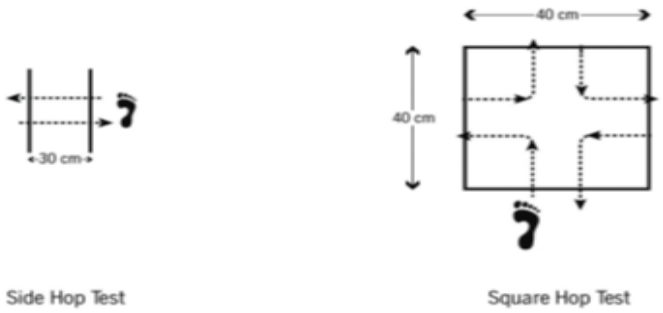
تست‌های عملکردی

در مطالعه حاضر از دو نمونه از تست‌های عملکردی (تصویر ۲) برای سنجش اثر خستگی ناحیه مرکزی بر عملکرد اندام تحتانی استفاده شد.

تست جهش جانبی: آزمودنی فاصله ۳۰ سانتی‌متری را که با دو تکه نوار چسب موازی روی سطح زمین مشخص شده بود، ۱۰ بار به صورت رفت و برگشت روی پای برتر جهش کرد. رکورد آزمودنی به وسیله کرنومتر (یونیک با دقت ۰/۰۱) قبل و بعد از پروتکل خستگی ثبت گردید. پایایی بین آزمون‌گر این آزمون در ورزشکاران سالم ۰/۹۷ گزارش شده است (تصویر ۲)[۹].

تست جهش مربع: در این آزمون مربعی به اضلاع ۴۰ سانتی‌متر، با نوار چسب روی زمین رسم شد، محل شروع آزمون در تصویر ۲ مشخص شده. از آزمودنی خواسته شد تا با سرعت ممکن ۵ مرتبه مسیر ترسیمی در شکل را به درون و بیرون مربع با پای برتر جهش نماید (پای راست در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و پای چپ در جهت عقربه‌های ساعت). اگر فرد در حین انجام تست، پای مخالفش زمین می‌خورد، تعادلش را از دست می‌داد، یا نمی‌توانست بر روی نوارهای مشخص‌شده برای فرود جهش کند و یا پایش روی اضلاع برخورد می‌کرد، تست قابل قبول نبود. پایایی بین آزمون‌گر این تست ۰/۹۰ گزارش شده است.[۹]

[1] Plank



تصویر ۲: تست جهش مربع و جهش جانبی

تست تعادل پویا: آزمون تعادل پویای وای، یک آزمون معتبر برای ارزیابی تعادل پویا می‌باشد (ضریب پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر برای جهات مختلف توسط پلیسکی و همکاران ۰/۹۱ تا ۰/۹۹ گزارش شده است). در این آزمون فرد با پای برتر وسط وای (زاویه بین بازوها ۹۰ و ۱۳۵ و ۱۳۵) می‌ایستاد و اگر پای راست پای برتر بود، آزمون را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و اگر پای چپ برتر بود در جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌داد. اگر پایی که عمل رسیدن را انجام می‌داد در روند تست به زمین می‌خورد یا فرد با دست به زمین می‌افتاد یا پایی که عمل رساندن را انجام می‌داد، هنگام لمس، متحمل وزن می‌شد، خطا محسوب می‌شد و تست دوباره پس از دو دقیقه استراحت تکرار می‌گردید. هر آزمودنی ۳ بار تست را قبل و ۳ بار پس از پروتکل خستگی انجام داد. نمرات تعادل بر اساس طول پا (فاصله بین خار خاصره‌ای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در وضعیت خوابیده به پشت آزمودنی) نرمال گردید و نمره نهایی آزمون از میانگین سه تکرار در هر جهت با استفاده از فرمول زیر به دست آمد.[۱۰]

۱۰۰ طول پا/مسافت طی‌شده در سه جهت = نمره تعادل پویا*

آزمون سیستم نمره‌دهی خطای فرود – زمان واقعی

این ابزار از سیستم نمره‌دهی خطای فرود اصلی منشأ گرفته است که در آن سیستم نمره‌دهی خطای فرود ۱۷ گزینه پرش–فرود ارزیابی می‌گردد. در سیستم نمره‌دهی خطای فرود، گزینه‌ها توسط ارزیاب در سه تست پرش–فرود که توسط دو دوربین فیلم‌برداری ثبت می‌شدند، نمره‌دهی می‌گردد، اما سیستم نمره‌دهی خطای فرود در زمان واقعی، شامل ۱۰ گزینه پرش–فرود بود که در ۴ تکرار پرش–فرود نمره‌دهی گردید، آزمایش‌کننده حرکات خاص پاها، زانوها و تنه را ارزیابی کرد. آزمایش اول برای ارزیابی فاصله پاها از هم در حالت ایستاده، چرخش پاها و اولین لحظه برخورد پاها به زمین (اینکه آیا به طور قرینه به زمین می‌خورند گزینه ۱ تا ۳)، آزمایش دوم برای ارزیابی حرکات سطح فرونتال زانوها و تنه به کار رفت (گزینه‌های ۴ و ۵)، در آزمایش سوم و چهارم آزمون‌گر آزمودنی‌ها را از نمای جانبی ارزیابی کرد؛ به طوری که در آزمایش سوم چگونگی فرود بعد از پرش آزمودنی‌ها ارزیابی شد (گزینه ۶ و ۷)، و بالاخره آزمایش چهارم برای ارزیابی حرکات تنه در سطح ساجیتال انجام گردید (گزینه ۸)، گزینه‌های ۹ و ۱۰ بر اساس نظر آزمون‌گر از کل پرش–فرود نمره‌دهی شد (گزینه ۹ بر اساس برداشت کلی سطح ساجیتال و گزینه ۱۰ ایرادات کلی هر دو سطح ساجیتال و فرونتال نمره‌دهی شد) (جدول ۱). در این آزمون، آزمودنی‌ها از روی جعبه‌ای به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر روی خطی فرود آمدند که در فاصله‌ای برابر نصف طول قد آزمودنی ترسیم شده بود و به محض برخورد پا به زمین پرش عمودی ماکسیمم انجام دادند و آزمون‌گر دوبار پرسش‌های مربوط به سطح ساجیتال و ۲ بار پرسش‌های مربوط به سطح فرونتال را در پرسش‌نامه پرش–فرود زمان واقعی[1] قبل و بعد از پروتکل خستگی پاسخ داد (جدول ۱). پایایی پرسش‌نامه مذکور را پادوا و همکاران[2]، ۰/۸۱–۰/۷۲ گزارش نموده‌اند.[۱۱]

[1] the Landing Error Scoring System-Real Time
[2] Padua et al

جدول ۱: پرسش‌نامه سیستم نمره‌دهی خطای فرود-زمان واقعی

سطح فرونتال	سطح ساجیتال
عرض پاها در حالت ایستاده	اولین نقطه فرود پاها
⓪ نرمال	⓪ انگشتان به پاشنه
❶ پهن	❶ پاشنه به انگشتان
❶ باریک	❶ با کف پاها
وضعیت ماکسیمم چرخش پاها	میزان جابه‌جایی فلکشن زانو
⓪ نرمال	⓪ بزرگ
❶ چرخش داخلی	❶ متوسط
❶ چرخش خارجی	❷ کم
برخورد اولیه پاها با زمین	میزان جابه‌جایی فلکشن تنه
⓪ متقارن	⓪ بزرگ
❶ نامتقارن	❶ متوسط
	❷ کم
ماکسیمم زاویه والگوس زانو	جابه‌جایی کلی مفصل در سطح ساجیتال
⓪ ندارد.	⓪ نرم
❶ کمی والگوس دارد.	❶ متوسط
❷ والگوس زیادی دارد.	❷ سفت
میزان فلکشن جانبی تنه	برداشت کلی
⓪ ندارد.	⓪ عالی
❶ کمی تا متوسطی دارد.	❶ متوسط
	❷ ضعیف

تصویر ۳: نحوه انجام تست پرش-فرود

علاوه بر ارزیابی مکانیک فرود توسط پرسش‌نامه فوق، زوایای مورد نظر در پرسش‌نامه با دوربین فیلم‌برداری در دو نمای ساجیتال و فرونتال و با استفاده از نرم‌افزارهای کاینوا (نسخه ۸/۱۵) و اتوکد نیز محاسبه گردید (ابتدا مهارت مورد نظر با دوربین فیلم‌برداری ۱۶ مگاپیکسلی (کنون[1] ژاپن) ثبت و به نرم‌افزار کاینوا داده شد و فریم‌های مورد نظر جدا و در نهایت وارد نرم‌افزار اتوکد شده و زوایای فلکشن تنه، فلکشن زانو، فلکشن مچ پا در نمای ساجیتال و فلکشن جانبی تنه، والگوس زانو، فواصل بین قوزک‌ها و مرکز کشکک‌ها، در نمای فرونتال به دست آورده شد) (تصویر ۴).

[1] Canon

تصویر ٤: نمونه‌ای از فریم‌های جداشده در لحظه برخورد پا با زمین و چگونگی رسم زوایای مورد نظر با نرم‌افزار اتوکد[۱۲]

تست ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن در تحمل وزن

از آن جایی که دورسی فلکشن وضعیت باثبات مچ پا بوده و کاهش احتمالی آن به علت خستگی، می‌تواند ریسک بروز آسیب اسپرین مچ پا را در لحظه فرود افزایش دهد، لذا در مطالعه حاضر، مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. در این تست آزمودنی روبروی دیوار ایستاد و پای برتر را مطابق شکل ۵ جلوتر از پای دیگر قرار داد؛ به گونه‌ای که انگشت دوم پا و پاشنه روی نوار چسبی که از قبل روی زمین چسپانده شده بود، در یک راستا قرار گرفت، سپس بدون آن که پاشنه از زمین بلند شود، زانو را خم نموده و به دیوار رساند، در این حالت بازوی متحرک یک گونیامتر استاندارد (یونیورسال) را روی فیبولا و بازوی ثابت را در راستای سطح زمین قرار داد، زاویه مذکور به عنوان زاویه دورسی فلکشن قبل و بعد از پروتکل خستگی اندازه‌گیری شد.[۱۳]

پس از جمع‌آوری داده‌ها، از آزمون K-S برای بررسی وضعیت توزیع داده‌ها و نرمالیتی استفاده شد؛ علاوه بر آن از آزمون Leven جهت بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده گردید. آزمون آماری مورد استفاده جهت مقایسه میانگین‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون Paired Sample t-test در سطح معناداری آماری ۰/۰۵ بود. برای اندازه‌گیری اندازه اثر[۱] از شاخص مجذور ایتا استفاده گردید که رهنمون‌های تفسیر این مقدار عبارت بودند از: ۰/۰۱=اثر کوچک، ۰/۰۶=اثر متوسط و ۰/۱۴=اثر بزرگ.

تصویر ٥: ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن در تحمل وزن با استفاده از گونیامتر

یافته‌ها

در قسمت اول یافته‌ها، اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در جدول ۲ آورده شده است. سپس جهت بررسی اثر پروتکل خستگی ناحیه مرکزی بدن بر فاکتورهای عملکردی اندام تحتانی به مقایسه میانگین‌های قبل و بعد از اعمال پروتکل پرداخته شد که نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۲: خصوصیات دموگرافیک آزمودنی‌های مطالعه

	قد (n=۱۸)	وزن (n=۱۸)	سن (n=۱۸)	شاخص توده بدنی (BMI)
میانگین±انحراف استاندارد	۱۶۲/۶±۶	۵۶/۲±۸/۲	۲۱/۸±۲/۸	۲۱/۹۲±۲/۳

[4] Effect Size

جدول ۳: نتایج آزمون تی زوجی جهت مقایسه نمرات تست‌های عملکردی و خطاهای فرود قبل و پس از خستگی (n=۱۸)

شاخص / متغیر	پیش‌آزمون (M±SD)	پس‌آزمون (M±SD)	T	Sig	مجذور Eta
پرسش‌نامه LESS	۶/۸±۱/۴۹	۸/۳۸±۱/۵۷	-۴/۲	۰/۰۰۱**	۰/۵۱
Y کل	۲/۷±۰/۲۸	۲/۶±۰/۲۸	۲	۰/۰۶	۰/۱۹
Y قدامی	۷۶/۷±۸/۱	۷۳/۳±۹/۰۶	۲/۵	۰/۰۲*	۰/۲۶
Y خلفی-داخلی	۷۵/۷±۱۱/۷	۷۳/۶±۱۰/۹	۱/۶۸	۰/۱۱	۰/۱۴
Y خلفی-خارجی	۷۹/۹±۹/۷	۷۹±۱۱/۲	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۰۱
تست جهش مربع	۲۵/۳±۹/۷	۲۷/۳±۱۲/۶	-۰/۷۵	۰/۴۷	۰/۰۳
تست جهش جانبی	۱۶/۳±۵/۴	۱۷/۴±۵/۳	-۰/۷۸	۰/۴۵	۰/۰۳
زاویه دورسی فلکشن مچ پا	۴۹/۴±۹/۰۴	۵۳/۳±۹/۸	۳/۷	۰/۰۰۲**	۰/۴۴
زاویه والگوس زانو	۲۱/۰۵±۶/۷	۱۹/۸±۵/۳	۱/۰۷	۰/۲۹	۰/۰۶
زاویه فلکشن تنه	۱۲۰/۴±۱۰/۰۸	۱۲۲±۱۳/۹	-۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۰۱
زاویه فلکشن زانو	۱۰۵/۱±۸/۷	۱۰۹/۲±۸/۴	-۲/۲	۰/۰۳*	۰/۲۲
زاویه فلکشن مچ پا	۶۵/۶±۷/۲	۶۷/۷±۵/۵	-۱/۷	۰/۱	۰/۱۴
فاصله بین مرکز کشککها	۱۲/۶±۵/۵	۱۲/۳±۴/۴	۰/۴۹	۰/۶۲	۰/۰۱
فاصله بین قوزک‌های پا	۲۱/۷±۱۱/۱	۲۱/۶±۹/۶	۰/۱	۰/۹۱	۰/۰۰۰۵

*P≤۰/۰۵ و **P≤۰/۰۱

با توجه به اینکه مقادیر معناداری در نمرات پرسش‌نامه سیستم نمره‌دهی خطای فرود، زاویه دورسی فلکشن مچ پا کمتر از ۰/۰۱، تست وای در جهت قدامی و زاویه فلکشن زانو کمتر از ۰/۰۵ بوده، نتیجه می‌گیریم که فرض صفر در خصوص این متغیرها رد و به عبارتی بین میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای ذکرشده تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین بر اساس ضریب d کوهن، چون مجذور ایتا در خصوص این فاکتورها بزرگ‌تر از ۰/۱۴ بوده، نشان‌دهنده تفاوت میانگین‌ها در حد بزرگ می‌باشد.

بحث

مطالعه حاضر، اثر خستگی عضلات ناحیه مرکزی بدن بر عملکرد اندام تحتانی را مورد بررسی قرار داد. از آن جایی که ناحیه مرکزی، مرکز اکثر زنجیره‌های حرکتی عملکردی می‌باشد، کنترل حرکت، نیرو و تعادل در این ناحیه فعالیت همه زنجیره‌های حرکتی را بهینه خواهد کرد. اختلال در ثبات ناحیه مرکزی ممکن است باعث بی‌ثباتی و آسیب در سراسر زنجیره حرکتی، خصوصاً در اندام تحتانی گردد.[۲] هنگامی که این سیستم به درستی کار کند، منجر به توزیع مناسب و تولید حداکثر نیرو با حداقل نیروهای فشارنده، انتقالی و برشی در مفاصل زنجیره حرکتی شده، همچنین کنترل بهینه حرکات و جذب مناسب نیروهای ضربه‌ای ناشی از نیروهای عکس‌العمل زمین طی فرود را سبب می‌شود.[۱۴] مطالعات انجام‌شده حاکی از آن است که خستگی سبب افت عملکرد اندام تحتانی، تعادل ایستا، پویا و حس عمقی مفاصل می‌گردد و همه اینها در پیش‌بینی بروز آسیب‌های اندام تحتانی نقش موثری دارند. از سوی دیگر، مطالعات زیادی، عنوان نموده‌اند که بسیاری از آسیب‌های اندام تحتانی در لحظه فرود و تماس پا با زمین به دنبال یک پرش رخ می‌دهد.[۱۵] به همین منظور مطالعه حاضر علاوه بر بررسی اثر خستگی ناحیه مرکزی بر عملکرد اندام تحتانی، مکانیک پرش-فرود آزمودنی‌ها به دنبال آن خستگی ناحیه مرکزی را نیز مورد مطالعه قرار داده است.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که بین میانگین نمرات پرسش‌نامه سیستم نمره‌دهی خطای فرود در زمان واقعی، قبل و بعد از اعمال پروتکل خستگی ناحیه مرکزی بدن تفاوت آماری معناداری وجود دارد. مهارت پرش-فرود در اکثر رشته‌های ورزشی وجود دارد؛ این در حالی است که مهارت مذکور در بسیاری از موارد علت بروز آسیب‌های اندام تحتانی گزارش شده؛ به طوری که پرش-فرود نامناسب می‌تواند سبب بروز والگوس[1] و چرخش داخلی در زانو و بروز انواع آسیب‌ها در این ناحیه شود.[۱۶] در این مطالعه نیز مشاهده شد خستگی عضلات ناحیه مرکزی، نمرات پرسش‌نامه سیستم نمره‌دهی خطای فرود در زمان واقعی را افزایش می‌دهد؛ یعنی خطاهای فرود را افزایش داده و ورزشکاران را در معرض بروز آسیب‌های اندام تحتانی قرار می‌دهد که در راستای تأیید نتایج مطالعات انجام‌شده در این زمینه می‌باشد.[۲۰، ۱۶، ۱۵] این یافته، شاید به این دلیل باشد که خستگی عضلات ناحیه مرکزی، عضلات مؤثر در کنترل لگن در سطح فرونتال یعنی سرینی بزرگ و میانی را خسته کرده؛ به طوری که این عضلات دیگر قادر به حفظ صحیح ران و لگن نبوده و باعث چرخش ران به داخل و نزدیک شدن به خط میانی بدن شده و حول محور طولی خود به داخل می‌چرخد که این خود روی نمرات خطای فرود اثرگذار خواهد بود.

[1] Valgus

همچنین احتمال می‌رود خستگی عضلات راست شکمی و ایلیوسواس[1]، کنترل لگن در سطح ساجیتال را مختل نموده و روی زوایای فلکشن ران و تنه و نهایتاً نمرات پرسش‌نامه خطای فرود اثرگذار باشد.

یکی دیگر از فاکتورهای مورد مطالعه، اثر خستگی ناحیه مرکزی بدن بر تعادل پویا بود که مهم‌ترین عنصر تعیین‌کننده‌ی استراتژی‌های حرکتی در داخل زنجیره حرکتی بسته است؛ بنابراین جهت اجرای فعالیت‌های ورزشی، کسب استراتژی‌های مؤثر برای حفظ تعادل ضروری می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد تعادل پویا که با تست وای مورد ارزیابی قرار گرفت، پس از خستگی عضلات مرکزی بدن تنها در جهت قدامی، کاهش یافته بود، در حالی که در تحقیق انجام‌گرفته توسط شیخ حسنی و همکاران (۲۰۱۴)[۸]، در مردان ورزشکار، کاهش تعادل پویا در این تست پس از خستگی، در تمام جهات (قدامی، خلفی داخلی، خلفی خارجی) بوده است که دلیل این ناهم‌خوانی می‌تواند به دلیل جنسیت آزمودنی‌ها، تعداد آزمودنی‌ها و یا نوع پروتکل خستگی مورد استفاده برای سنجش تعادل پویا باشد. تحقیقات مختلف نشان داده است نمره آزمون تعادل گردش ستاره بر اثر پروتکل‌های خستگی مختلف کاهش پیدا می‌کند.[۱۷، ۱۸] در این مطالعه نیز به دنبال اثر خستگی ناحیه مرکزی، تعادل در جهت قدامی بدن کاهش داشته است که در راستای نتایج مطالعات مذکور است. اهمیت اثرگذاری ثبات مرکزی بدن روی تعادل پویا، در تحقیقاتی که بهبود تعادل پویا را متعاقب تمرینات ثبات مرکزی مشاهده کرده‌اند، مشخص شده است[۲۰-۱۹]؛ بنابراین کاهش تعادل پویا در جهت قدامی شاید به دلیل خستگی بیش از حد عضلات راست شکمی، مورب‌ها و عرضی شکمی باشد.

از دیگر فاکتورهای متأثر از پروتکل خستگی ناحیه مرکزی بدن، زاویه دورسی فلکشن در وضعیت تحمل وزن بود؛ به طوری که مشاهده شد آزمودنی‌ها به دنبال خستگی عضلات مرکزی دچار کاهش در اندازه این زاویه می‌شوند. کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مفصل مچ پا از جمله‌ی متغیرهای مهمی است که می‌تواند مچ پا را در معرض آسیب اسپرین قرار دهد؛ چرا که مچ پا بیشترین ثبات را در وضعیت دورسی فلکشن و کمترین ثبات را در وضعیت پلانتارفلکشن دارد. محدودیت حرکتی دورسی فلکشن باعث می‌شود تا مچ پا در طی انجام فعالیت‌های مختلف، به دامنه‌ی انتهایی دورسی فلکشن خود نرسد و در پلانتارفلکشن نسبی باقی بماند. این حالت باعث می‌شود تا مچ پا به حداکثر ثبات مکانیکی خود دست پیدا نکند و عدم دست‌یابی این مفصل به حداکثر ثبات مکانیکی خود، احتمال خطر ایجاد حرکت اینورژن غیرطبیعی را افزایش می‌دهد. این یافته با نتایج مطالعات پیشین از جمله هاچ و همکاران[2](۲۰۱۲)، دستمنش و شجاع‌الدین (۲۰۱۱) و کلانتریان و همکاران (۲۰۱۳) همسو بود.[۲۳-۲۱] شاید علت این امر دستورات فیدفورواردی مغز برای فعال شدن عضلات اطراف مفصل مچ پا در پیشگیری از بروز آسیب در انتهای دیستال زنجیره حرکتی باشد؛ چرا که این امکان وجود دارد که ابتدای زنجیره حرکتی خود در اثر خستگی مفرط توان حفظ راستای مطلوب برای فرود را نداشته باشد. با این حال، مطالعات انجام‌شده در این زمینه اکثراً در وضعیت غیرتحمل وزن صورت گرفته‌اند، اما از آن جایی که عمده آسیب‌های اندام تحتانی در وضعیت تحمل وزن و در حین مهارت‌های پرش-فرود و تغییر مسیر در فعالیت‌های ورزشی رخ می‌دهد، در این مطالعه از شیوه ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن در تحمل وزن استفاده گردید و مشاهده شد که نتایج مطالعه حاضر، نتایج مطالعات گذشته را تأیید می‌نماید.

مجموعه‌ای از زوایا و فواصل مهم در اندام تحتانی حین مهارت پرش-فرود، قبل و بعد از اعمال پروتکل خستگی، توسط نرم‌افزار اتوکد اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده نشان داد که تنها زاویه فلکشن زانو پس از اعمال خستگی ناحیه مرکزی به طور معناداری کاهش می‌یابد. این در حالی است که نتایج مطالعات در زمینه مکانیک فرود و آسیب‌های رباط متقاطع قدامی نشان داده‌اند که فرود با زانوی صاف‌تر زنان نسبت به مردان می‌تواند یکی از دلایل شیوع بیشتر آسیب‌های رباط صلیبی قدامی در زنان نسبت به مردان باشد. هم‌چنین برخی دیگر از مطالعات عنوان نموده‌اند که زانوی صاف‌تر در لحظه فرود منجر به افزایش زاویه بین تاندون کشککی و تنه تیبیا[3] می‌شود که این خود منجر به افزایش مقدار نیروی رو به قدام، روی تیبیا و افزایش بار انتقالی به رباط صلیبی قدامی می‌گردد. این افزایش بار به نوبه خود می‌تواند زمینه را برای بروز آسیب صلیبی قدامی بالا ببرد.[۲۴] هم‌چنین برخی محققین عنوان کرده‌اند که زانو ممکن است قربانی ناحیه مرکزی بدن باشد؛ به طوری که ناحیه مرکزی بدن حرکات آبداکشن و چرخش خارجی ران را کنترل می‌کند.[۲۵] پس اگر ناحیه مرکزی ضعیف و به راحتی در معرض خستگی باشد، به ران اجازه آداکشن و چرخش داخلی داده و زانو به وضعیت والگوس می‌رود که این امر خطر بروز آسیب رباط صلیبی قدامی را بالا می‌برد. در این مطالعه هم نشان داده شد که خستگی ناحیه مرکزی زاویه فلکشن را کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خستگی عضلات ناحیه مرکزی بدن که عمدتاً در رقابت‌ها و تمرینات ورزشی به وجود می‌آید می‌تواند بر مکانیک فرود اثرگذار باشد؛ بنابراین می‌توان عنوان نمود که احتمالاً تقویت عضلات ناحیه مرکزی بدن می‌تواند در پیشگیری از آسیب‌های

[1] Iliopsoas
[2] Hoch et al
[3] Patella Tendon and Tibia Shaft Angle

اندام تحتانی مؤثر باشد. به متخصصین امر پیشگیری از بروز آسیب‌های ورزشی، خصوصاً اندام تحتانی پیشنهاد می‌شود تمرینات مقاومت در برابر خستگی عضلات ناحیه مرکزی را در برنامه‌های روزمره ورزشکاران خود خصوصاً در پیش فصل، بگنجانند. علاوه بر آن، به فیزیوتراپ‌ها و درمان‌گرها نیز پیشنهاد می‌گردد که تمرینات مذکور را در برنامه‌های توان‌بخشی ورزشی جهت برگشت به سطح فعالیت قبلی بیماران، در راستای پیشگیری از برگشت مجدد آسیب و مزمن شدن آن بگنجانند.

تشکر و قدردانی

محققین بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری بخش آزمایشگاه تندرستی اداره تربیت بدنی دانشگاه رازی کرمانشاه و مدیریت آن جناب آقای دکتر همایون عباسی و نیز از همکاری دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه رازی که با صبر و حوصله در مطالعه حاضر شرکت نموده و با محققین همکاری لازم را داشتند، سپاسگزاری نمایند.

منابع

1. Wilkerson GB, Giles JL, Seibel DK. Prediction of Core and Lower Extremity Strains and Sprains in Collegiate Football Players: A Preliminary Study. Journal of Athletic Training. 2012; 47(3):264–272.
2. Rojhani Z, Moghaddam M B, Motealleh A. Comparative Evaluation of Core Muscle Recruitment Pattern in Response to Sudden External Perturbations in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome and Healthy Subjects. 2014; 95 (7). 1383–1389. [In Persian].
3. Stickler L, Finley, M, Gulgin, H. Relationship between Hip and Core Strength and Frontal Plane Alignment during a Single Leg Squat, Physical Therapy in Sports. 2014; 21(7):21-38.
4. Okada T, Huxel KC, and Nesser W. Relationship between core stability ,functional movement, and performance. Journal of Strength and Conditioning Research. 2011; 25(1):252–261.
5. Prentice W.E. Rehabilitation technique for sport medicine and athletic training. Fifth ed. McGraw Hill publication. 2011; 127- 300.
6. Chuter VH, Jonge JXAK. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. Gait & Posture. 2012; 36: 7–15.
7. Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship between cycling mechanics and core stability. J Strength Cond Res. 2007; 21(4): 1300-04.
8. Sheikhhassani S, Rajabi R, Minoonejad H. Effect of Core Muscle Fatigue on Measurements of Lower Extremity Functional Performance in Male Athletes. Journal of Rehabilitation Sciences. 2013; 9(4): 668-682. [In Persian].
9. Sharma N, Sharma A, Sandhu JS. Functional Performance Testing in Athletes with Functional Ankle Instability. Asian Journal of Sports Medicine. 2011; 2 (4): 249-258.
10. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. N Am J Sports Phys Ther. 2009; 4(2): 92-9.
11. Padua DA, Boling MC, DiStefano LJ, Onate JA, Beutler, AI, and Marshall SW. Reliability of the Landing Error Scoring System-Real Time, Journal of Sport Rehabilitation. 2011; 20: 145-156.
12. Prieske O, Muehlbauer T, Krueger T, Kibele A, Behm D, Granacher U. Sex-Specific Effects of Surface Instability on Drop Jump and Landing Biomechanics. Int J Sports Med. 2014; 10(4):27-34.
13. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. The International Journal of Sports Physical Therapy. 2012; 7(3):279-87.
14. Lees A. Methods of impact absorption when landing from a jump. Eng Med. 1981; 10(4):207-11.
15. Cumps A E, Verhagen E, Verschueren J, Meeusen R. A systematic review of different jump landing variable in relation to injuries. J Sports Med phys fitness. 2013; 53: 509-19.
16. Bell DR, Smith MD., Pennuto AP., Stiffler MR., Olson ME. Jump-Landing Mechanics after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Landing Error Scoring System Study. Journal of Athletic Training. 2014; 49(3):32–45.
17. Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, Denegar CR. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. J Sport Rehabil. 2009; 18(2): 240-257.
18. McMullen KL, Coby NL, Hertel J, Ingersoll CD, Hart JM. Lower extremity neuromuscular control immediately after fatiguing hip-abduction exercise. Journal of athletic training. 2011; 46(6):607-14.
19. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the Star Excursion Balance Test in young female athletes. J Orthop Sports Phys Ther. 2010; 40(9): 551-8.
20. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. Journal of athletic training. 2012; 47(3):339-57.
21. Hoch MC, Staton GS, McKeon JMM, Mattacola CG, McKeon PO. Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. Journal of Science and Medicine in Sport. 2012; 15:574–579.

22. Dastmanesh S Shujaedin S. The Effect of core stabilization training on postural control in subjects with chronic ankle instability. Journal of Jahrom University of Medical Science. 2011; 9: 14-22. [In Persian].
23. Kalantariyan M MH, Rajabi R, Beyranvand R, Zahiri A. The comparison of the electromyography activity of selected muscles of the ankle joint in athletes with ankle dorsiflexion range of motion limitation with healthy athletes during the single-leg jump landing. J Rehab Med. 2013; 2 (2):14-23. [In Persian].
24. Withrow TJ, Huston LJ, Wojtys E M and Ashton-Miller J. The Relationship between Quadriceps Muscle Force, Knee Flexion, and Anterior Cruciate Ligament Strain in an In Vitro Simulated Jump Landing. Am J Sports Med. 2005; 34 (2): 269-274.
25. Bahr R, Engebretsen L. "Sports Injury Prevention" . A John Wiley & Sons, Ltd., Publication 2011;p.78-112.