



Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: The effect of six weeks of Nordic hamstring injury prevention training on the isokinetic strength of the hamstring muscles of soccer players.

Authors: Zahra Shir mohammadi¹, Mostafa Zarei^{*2}

1. Master's degree in sports pathology and corrective movements, Shahid Beheshti University
2. Associate Professor, Department of Sports and Fitness, Faculty of Sports Sciences and Fitness, Shahid Beheshti University

***Corresponding:** Mostafa Zarei · Master's degree in sports pathology and corrective movements, Shahid Beheshti University Tehran, Iran

zareeimostafa@yahoo.com

To appear in: Studies in Sport Medicine

Receive Date: 26 April 2022

Revise Date: 30 July 2023

Accept Date: 27 August 2023

First Publish Date: 27 August 2023



This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Journal of Studies in Sport Medicine provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

shirmohammadi, Z., Zarei, M. The effect of six weeks of Nordic hamstring injury prevention training on the isokinetic strength of the hamstring muscles of soccer players.. Studies in Sport Medicine, 2023; (): -. doi: 10.22089/smj.2023.13020.1671

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

عنوان: اثر شش هفته تمرینات پیشگیری از آسیب همسترینگ نوردیک بر قدرت ایزوکنتیک عضلات همسترینگ بازیکنان فوتبال

نویسندگان: زهرا شیرمحمدی¹، مصطفی زارعی^{2*}

1. کارشناسی ارشد رشته آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه شهید بهشتی

2. دانشیار گروه باتوانی ورزشی و تندرستی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه شهید بهشتی

***نویسنده مسئول:** دانشیار گروه باتوانی ورزشی و تندرستی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
ایمیل: zareeimostafa@yahoo.com

نشریه: مطالعات طب ورزشی

تاریخ دریافت: 25 فروردین 1402

تاریخ بازنگری: 31 تیر 1402

تاریخ پذیرش: 14 مرداد 1402

تاریخ اولین انتشار: 14 مرداد 1402

این نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرآیند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرآیند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه مطالعات طب ورزشی گزینه «پذیرفته شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آنها در سریع ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرآیند آماده سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تاثیر بگذارد و این امر از حیطة مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این گونه استناد شود:

shirmohammadi, Z., Zarei, M. The effect of six weeks of Nordic hamstring injury prevention training on the isokinetic strength of the hamstring muscles of soccer players.. *Studies in Sport Medicine*, 2023; (): -. doi: 10.22089/smj.2023.13020.1671

Abstract

Muscle injuries are one of the most common reasons for missed playing time in the football, and the hamstring muscle is one of the most common injures. The role of this muscle in supporting ligaments is also important. In spite of different structural and kinematic features of the hamstring in men and women, a few studies have investigated these differences; therefore, The purpose of this study was to determine the effect of six weeks of Nordic hamstring training on the isokinetic strength of the hamstring muscle of elite female and male soccer players.

Methodology: 24 soccer players (12 female and 12 male) from youth first division league in Tehran province participated in this study. The isokinetic strength of the hamstrings and quadriceps muscles at various angular velocities was measured. After the pre-test, the subjects performed six weeks of Nordic exercise as part of their warm-up.

Result: Performing Nordic hamstring exercises caused a significant difference in the isokinetic strength of the hamstring muscle after the test and at angular speeds of 60, 180 and 300 degrees per second, as well as a significant difference in the ratio of the isokinetic strength of the hamstrings to the quadriceps at a speed of 60 degrees per second between of elite female and male soccer players ($P=0.001$).

Conclusion: It is concluded that Nordic hamstring exercise improve isokinetic strength of the hamstring muscles and and reducing the risk of injury in the knee joint.

Keywords: Nordic hamstring exercise, isokinetic strength, gender difference

چکیده

آسیب‌های عضلانی یکی از شایع‌ترین دلایل غیبت بازیکنان است و عضله همسترینگ در این میان یکی از پرخطرترین عضلات به حساب می‌آید. نقش این عضله در حمایت از لیگامنت‌ها نیز پراهمیت است. متنی ب‌علی‌رغم ویژگی‌های متفاوت ساختاری و کینماتیکی همسترینگ در مردان و زنان مطالعات اندکی به بررسی این اختلافات پرداخته‌اند؛ لذا این تحقیق قصد دارد به تعیین اثر شش هفته اجرای تمرینات همسترینگ نوردیک بر قدرت ایزوکنتیک عضله همسترینگ بازیکنان نخبه زن و مرد فوتبال بپردازد.

روش‌شناسی پژوهش: جامعه آماری تحقیق حاضر، بازیکنان فوتبال لیگ دسته یک امید استان تهران بودند. 24 نفر بازیکن فوتبال (12 نفر دختر و 12 نفر پسر) در رده سنی 16 تا 20 سال در این مطالعه شرکت کردند. قدرت ایزوکنتیک عضلات همسترینگ و چهار سر در سرعت‌های زاویه‌ای گوناگون به صورت درون‌گرا و برون‌گرا در پیش و پس‌آزمون اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها پس از پیش‌آزمون، شش هفته تمرین نوردیک را به‌عنوان بخشی از گرم کردن خود انجام دادند و مجدداً جهت بررسی تغییرات در پس‌آزمون شرکت کردند.

یافته‌ها: انجام تمرینات همسترینگ نوردیک سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در قدرت ایزوکینتیک عضله همسترینگ در پس‌آزمون و در سرعت‌های زاویه‌ای 60، 180 و 300 درجه بر ثانیه و همچنین تفاوت معنی‌دار در نسبت قدرت ایزوکینتیک همسترینگ به چهار سر در سرعت 60 درجه بر ثانیه بین دختران و پسران شده است ($P=0/001$).

نتیجه‌گیری: اجرای شش هفته تمرینات همسترینگ نوردیک نیز به‌عنوان یک تمرین اکسنتریک، می‌تواند گزینه‌ی مناسبی جهت بهبود قدرت عضلات همسترینگ و به دنبال آن کاهش خطر بروز آسیب در مفصل زانو باشد.

کلیدواژه‌ها: تمرین همسترینگ نوردیک، قدرت ایزوکنتیک، تفاوت جنسیت

مقدمه

آسیب‌های عضلانی از شایع‌ترین دلایل غیبت بازیکنان فوتبال در تمرین و مسابقه است. عضله‌ی همسترینگ در این میان یکی از آسیب‌پذیرترین عضلات به حساب می‌آید. مطالعه‌ی آینده‌نگر بازیکنان حرفه‌ای اسکاتلند و ایرلند نشان داد شیوع بروز آسیب همسترینگ 25/1 آسیب در هر 1000 ساعت مسابقه بوده است. در این مطالعه میزان بروز آسیب همسترینگ برای بازیکنان بدون سابقه 46/6 آسیب در هر 1000 ساعت و برای بازیکنان باتجربه‌تر 12/7 آسیب در هر 1000 ساعت گزارش شده است (اوکانر و همکاران، 2017). انگبرستن¹ و همکاران در بررسی آسیب‌های بازیکنان لیگ‌های دسته یک و دو و سه نروژ بیان کردند در سال 2010، 56% از بازیکنان در طول فصل به آسیب همسترینگ دچار شدند. میزان بروز آسیب همسترینگ در این مطالعه 4/7 آسیب در هر 1000 ساعت گزارش شد (انگبرستن و همکاران، 2010).

آسیب‌های قبلی همسترینگ، قدرت برون‌گرا عضله همسترینگ، تحمل خستگی عضله، طول همسترینگ، پست بازیکن، میزان والگوس زانو، بازی در بیش از یک تیم از مهم‌ترین ریسک فاکتورها در این آسیب به حساب می‌آید، همچنین ضعف در عضله آسیب‌دیده، کاهش انعطاف‌پذیری عضله به دلیل بافت اسکار و تغییر در بیومکانیک و الگوهای حرکتی در حرکات ورزشی پیرو آسیب اولیه از دلایل وقوع آسیب مجدد در آسیب همسترینگ به شمار می‌رود (هیدرشایت و همکاران، 2010).

در تحقیقات صورت گرفته در لیگ‌های ملی دانشجویی آمریکا نشان داده شد میزان شیوع آسیب همسترینگ در مردان بالاتر از زنان است. تصاویر ثبت‌شده از 20 مرد و زن به وسیله‌ی موشن² و التراسوند³ نشان داد، استیفنس⁴ در مردان به صورت معناداری بیش از زنان بوده، درحالی‌که استرس⁵ و استرین⁶ و الاستیسیت⁷ یکسانی در این افراد گزارش شده است (بلکبرن و همکاران، 2009)، همچنین ناپیک⁸ و همکاران میزان آسیب همسترینگ در زنان را دو برابر مردان دانستند (ناپیک و همکاران، 2001). در مطالعه 263 نفر جهت بررسی در تفاوت جنسیت در آسیب اوالژن همسترینگ به این نتیجه رسیدند

¹ Angbstern

² Motion capture

³ Ultra sound

⁴ Stiffness

⁵ Stress

⁶ Strain

⁷ Elasticity

⁸ Knapik

که مردان 45 تا 59 سال، آسیب کمتری نسبت به زنان هم سن خود دارند، همچنین مردان غالباً در حین ورزش وزن در حین فعالیت‌های روزانه، آسیب می‌بینند (ایرگر و همکاران، 2020)؛ در بررسی 312 زن و 262 مرد 15 تا 35 سال در چندین رشته مختلف ورزشی بیان شد که مردان در آسیب‌های مرتبط به پرکاری⁹ همسترینگ آسیب بالاتری را نسبت به زنان دارند (ریستولین و همکاران، 2009). نظرات متفاوت این زمینه را می‌توان به تفاوت در فاکتورهای فیزیولوژیکی زنان و مردان ارتباط داد، در فعالیت‌های دینامیک، عضله همسترینگ زنان به‌طور میانگین سریع‌تر از مردان فراخوانی می‌شود (دیمونت و لفارت، 2004) و همچنین زنان انعطاف‌پذیری بیشتری در عضلات همسترینگ خود دارند این در حالی است که الحمود¹⁰ و همکاران گشتاور عضلات همسترینگ و نسبت قدرت همسترینگ به چهار سر زنان اسکی‌باز را کمتر از مردان (الحمود و همکاران، 2019) بیان کردند.

در سالیان اخیر مطالعات بسیاری به پیشگیری از آسیب پرداخته‌اند و برنامه‌های متعددی در این راستا تدوین شده است. اکثر مطالعات نشان داده‌اند اجرای حرکت همسترینگ نوردیک می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی در پیشگیری در بروز آسیب این عضله مؤثر باشد. برای مثال نیکول و ندیک¹¹ و همکاران در مطالعه سیستماتیک و متا آنالیز 8459 نفر ورزشکار در سال 2019 پیرو برنامه‌هایی که شامل تمرین همسترینگ نوردیک بود، نشان دادند احتمال بروز آسیب همسترینگ بعد از اتمام پروتکل تا نرخ 51% در این ورزشکاران کاهش یافته است (ون‌دایک و همکاران، 2019). ایمون دلاهان و همکاران¹² اجرای شش هفته تمرین اکسنتریک نوردیک را موجب بهبود قدرت برون‌گرا، کینماتیک حرکت (کنترل طولانی‌تر بر فرود در انجام تمرین همسترینگ نوردیک) و الگوی عصبی عضلانی (افزایش فعالیت الکترومایوگرافی) در این حرکت دانستند (لی و همکاران، 2019)، همچنین اسکونس و همکاران¹³ در تحقیق خود افزایش 21% حداکثر گشتاور را بعد از چهار هفته تمرین نوردیک نشان دادند (اسکونز و همکاران، 2015)، در این راستا ماتیو برون و همکاران¹⁴ تمرین نوردیک را محرک مناسبی در افزایش طول فاشیا سردراز دو سر رانی دانستند (تسوویچ و همکاران، 2016).

در بررسی‌های اخیر مردان نسبت به زنان فراخوانی سریع‌تر و جامع‌تر در فعال‌سازی عضلات و نسبت قدرت بالاتر در عضلات همسترینگ به چهار سر از خود نشان دادند (ابن و همکاران، 2010) اما از سوی دیگر همسترینگ مردان

⁹ Over use

¹⁰ Alhammoud, M., et al

¹¹ van Dyk, N., F.P. Behan, and R. Whiteley

¹² delahunt

¹³ Sconce

¹⁴ brown

تأثیرپذیری کمتری نسبت به اعمال نیرو و اختلالات تغییر طول نسبت به زنان نشان داده است (بلکبرن و همکاران، 2009)؛ علی رغم تفاوت در ویژگی‌های ساختاری و کینماتیکی عضلات همسترینگ مردان و زنان، مطالعات اندکی به بررسی این تفاوت‌ها و اثر این تفاوت‌ها در تمرین‌پذیری ورزشکاران زن و مرد پرداخته‌اند. تعیین تفاوت در تمرین‌پذیری زنان و مردان نسبت به اجرای تمرینات گوناگون مانند همسترینگ نوردیک، به متخصصان در طراحی تمرینات برای پیشگیری از آسیب‌های همسترینگ و افزایش قدرت این عضلات کمک می‌نماید؛ به همین دلیل تحقیق حال حاضر در نظر دارد به تعیین اثر شش هفته اجرای همسترینگ نوردیک بر قدرت ایزوکنتیک عضله همسترینگ بازیکنان نخبه دختر و پسر فوتبال بپردازد.

روش‌شناسی:

پژوهش حاضر یک مطالعه‌ی کاربردی و نیمه تجربی است، جامعه آماری تحقیق حاضر، بازیکنان لیگ دسته یک امید استان تهران زنان و مردان بودند. از همه تیم‌های این رقابت‌ها دعوت شد در این پژوهش شرکت نمایند. 24 نفر بازیکن فوتبال (12 نفر دختر (یک تیم) و 12 نفر پسر (یک تیم)) به‌طور داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند.

معیارهای ورود به مطالعه حاضر شامل: دامنه سنی 16 تا 20 سال، عدم وجود سابقه آسیب عضله همسترینگ در یک سال گذشته، نداشتن آسیب در اندام تحتانی در سه ماه گذشته، شرکت در مسابقات فوتبال لیگ یک امید استان تهران، سابقه حداقل سه سال فعالیت در باشگاه‌های فوتبال و عدم شرکت در برنامه‌های پیشگیری از آسیب به‌صورت موازی بود. معیارهای خروج نیز شامل عدم رضایت فرد به ادامه حضور در تحقیق، عدم شرکت در جلسات تمرین بیش از 3 جلسه متوالی و یا 5 جلسه تمرینی متناوب، آسیب‌دیدگی در پایین‌تنه و یا بالاتنه درحالی‌که فرد قادر به اتمام پروتکل و شرکت در پس‌آزمون نباشد و عدم اتمام پروتکل نوردیک توسط فرد می‌شد.

پس از حضور بازیکنان در آزمایشگاه ابتدا قد، وزن و درصد چربی آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس بازیکنان به مدت 10 دقیقه روی دوچرخه کار سنج با شدت و سرعت دلخواه گرم کردند. سپس به وسیله دستگاه آیزوکنتیک *biodes* *isokinetic system pro 4 system* ساخت کشور آمریکا) قدرت آیزوکنتیک عضلات چهارسر و همسترینگ اندام برتر بازیکنان اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قدرت در صبح و از ساعت 9 الی 13 انجام شد.

نحوه اندازه‌گیری قدرت ایزوکنتیک همسترینگ و چهار سر:

برای بررسی قدرت ایزوکنتیک برون‌گرا¹⁵ همسترینگ و درون‌گرای¹⁶ عضلات چهار سر ران از آزمودنی خواسته شد روی صندلی دستگاه بنشیند به طوری که بدن وی در وضعیت راحت و استاندارد قرار داشته باشد سپس به منظور اجرای آزمون به شکل بهینه و استاندارد، بخش‌های تنه، لگن و ران پای فرد با استفاده از کمربندهای مخصوص روی دستگاه ثابت شدند طبق استانداردهای ذکر شده در راهنمای کاربری دستگاه ایزوکنتیک چرخش‌ها، ارتفاع و زوایای مربوط به نحوه قرارگیری صندلی و دینامومتر تنظیم شدند، تنظیمات نهایی به گونه‌ای انجام گرفت که مرکز محور چرخش دینامومتر و مرکز محور چرخش مفصل زانو بر یکدیگر منطبق شوند، سپس بازوی مربوطه بر روی پای برتر نصب شد پس از تنظیم ارتفاع بازو نسبت به طول پا، با استفاده از کمربند و بالشتک مخصوص، پا روی بازو به گونه‌ای بسته و محکم شد که بالشتک کمی بالاتر از مچ پا قرار گرفت؛ جهت ارزیابی قدرت درون‌گرای چهار سر از آزمودنی خواسته شد چند انقباض بدون اعمال حداکثر در جهت گرم کردن و آشنایی با دستگاه انجام دهد و پس از آن از فرد خواسته شد حرکت فلکشن و اکستنشن زانو را در دامنه حرکتی هفت تا ۱۱۵ درجه با حداکثر قدرت و سرعت به ترتیب در سرعت زاویه‌ای 60 درجه، 180 درجه 300 درجه انجام دهد بین هر ست 30 ثانیه استراحت در نظر گرفته شد. در هر کدام از سرعت‌های زاویه‌ای فرد فرصت 5 بار اعمال نیرو (5 تکرار) را دارد و پس از آن 30 ثانیه استراحت می‌کند و بین حرکات در هر سرعت زاویه‌ای متفاوت 1 دقیقه استراحت دارد. در حقیقت هر آزمودنی در هر سرعت یک ست پنج تکرار حرکات را انجام می‌دادند (دانشجو و همکاران، 2013، نمازی و همکاران، 2019).

¹⁵ Concentric

¹⁶ Eccentric



شکل 1: نحوه اندازه‌گیری قدرت همسترینگ و چهار سر

نحوه انجام دادن تمرین همسترینگ نوردیک:

بازیکنان هر دو تیم 15 تا 20 دقیقه تمرینات گرم کردن عادی شامل دویدن، کار با توپ، تغییر مسیر و ... را انجام می‌دادند. هر بازیکن تمرینات نوردیک همسترینگ را در پایان گرم کردن خود اجرا می‌کرد برای اجرای این تمرین شرکت‌کننده بر روی زمین زانو می‌زند به نحوی که زانو عمود بر سطح زمین باشد، هم‌زمان یک یار کمکی فشاری را بر مچ پای فرد آزمون دهنده ایجاد می‌کند به نحوی که در حین آزمون پای ورزشکار بر روی زمین ثابت شود. برای شروع، فرد تنه خود را به سمت جلو متمایل می‌کند و با انقباض عضلات همسترینگ خود از افتادن به سمت جلو، جلوگیری می‌کند. آرنج فرد در حالت خم در راستای شانه‌اش است و در مرحله پایانی حرکت برای جلوگیری از ضربه صورت با زمین کف دست خود را بر روی زمین قرار می‌دهد (سایرز، 2008). تمرینات به صورت کامل در طی یک جلسه توجیهی به مربی و بازیکنان توضیح داده شد، همچنین آزمونگر با همکاری مربی سرتاسر روزهای تمرینی برای نحوه اجرای صحیح حرکت نظارت داشت. این تمرینات به مدت 6 هفته و با تعداد جلسات و ستهای متفاوت در هفته انجام شد (جدول 1)؛ لازم به ذکر است که تمرینات حین گرم کردن انجام می‌گرفت.

هفته	جلسه در هفته	ست تکرار	مجموع تکرار در هفته	
1	1	2	5	10
2	2	2	6	24
3	3	3	6	54
4	3	3	8	72
5	3	3	12	90
6	3	3	12	90

جدول 1: برنامه اجرای تمرینات نوردیک همسترینگ در شش هفته

در مطالعه حاضر برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپرو-ویلک¹⁷ استفاده شد؛ برای بررسی اثر تمرین پیش آزمون-پس آزمون گروه‌ها از آزمون آنالیز کوواریانس استفاده شد. در این تحقیق سطح معناداری برابر 0/95 و میزان آلفا 0/05 تعیین شد.

نتایج:

ویژگی‌های آنتروپومتریکی مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌های تحقیق به تفکیک گروه مربوطه در جدول 2 گزارش شده است.

جدول 2. مشخصات آنتروپومتریکی آزمودنی‌های تحقیق (میانگین \pm انحراف معیار) (n=12 در هر گروه)

متغیر	مردان	زنان	P
سن (سال)	16/86 \pm 0/78	17/40 \pm 0/83	0/84
قد (Cm)	178/11 \pm 6/05	163/33 \pm 3/00	0/3
وزن (Kg)	65/44 \pm 7/43	56/55 \pm 6/59	0/45
BMI (Kg/m ²)	20/59 \pm 1/69	21/19 \pm 2/39	0/71

همان‌گونه که نتایج آزمون آنالیز کوواریانس در جدول شماره سه نشان می‌دهد میزان افزایش قدرت اسنتریک عضلات همسترینگ در سرعت 60 و ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه بازیکنان فوتبال مرد پس از شش هفته تمرینات نوردیک به‌طور معنی‌داری بیش از تغییرات قدرت در بازیکنان زن است (P=0/001). همچنین بین نسبت قدرت ایزوکینتیک عضله همسترینگ به چهار سر در سرعت

¹⁷ Shapiro-Wilk

60 درجه بر ثانیه بین دو گروه مرد و زن نیز اختلاف معناداری وجود دارد ($P=0/03$)، اما در نسبت قدرت ایزوکینتیک عضله همسترینگ به چهار سر در سرعت 180 و 300 درجه بر ثانیه بین دو گروه مرد و زن تحقیق اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P>0/05$).

جدول 3: تغییرات قدرت آیزوکنتیک عضلات همسترینگ و چهار سر در سرعت‌های مختلف در بازیکنان فوتبال مرد و زن (n=12 در هر گروه)

اندازه اثر	سطح معنی‌داری	مقدار آماره F	زن		مرد		متغیر
			پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	
0/04	0/30	0/98	112/16±47/25	114/29±03/35	186/38±37/57	179/36±30/25	قدرت ایزوکینتیک چهار سر 60 درجه (کانسنتریک)
0/04	0/39	0/78	84/00±16/00	85/82±14/55	112/46±23/95	111/26±49/55	قدرت ایزوکینتیک چهار سر 180 درجه (کانسنتریک)
0/05	0/25	1/1	79/44 ± 12/16	± 7/21 77/85	±19/19 110/92	±26/55 112/62	قدرت ایزوکینتیک چهار سر 300 درجه (کانسنتریک)
0/60	0/001*	22/90	88/67±21/49	71/01±19/96	142/30±82/91	122/35±90/28	قدرت ایزوکینتیک همسترینگ 60 درجه (اکسنتریک)
0/67	0/001*	30/57	91/14 ± 19/91	67/50 ± 15/98	± 28/09 153/35	126/01 ± 25/29	قدرت ایزوکینتیک همسترینگ 180 درجه (اکسنتریک)
0/72	0/001*	40/11	88/85± 21/48	75/55± 16/09	126/7±96/50	118/18±68/91	قدرت ایزوکینتیک همسترینگ 300 درجه (اکسنتریک)
0/27	0/03*	5/77	0/75 ± 0/7	0/70 ± 0/2	0/59 ± 0/8	0/83 ± 0/3	نسبت قدرت همسترینگ به چهار سر زاویه 60 درجه
0/06	0/33	0/97	0/84 ± 0/4	0/86 ± 0/3	0/83 ± 0/15	0/89 ± 0/15	نسبت قدرت همسترینگ به چهار سر زاویه 180 درجه

مطالعات طب ورزشی



0/008

0/73

0/11

$70 \pm 0/6$

$0/69 \pm 0/4$

$0/82 \pm 0/5$

$0/69 \pm 0/3$

نسبت قدرت
همسترینگ به چهار
سر زاویه 300 درجه

بحث:

نتایج این تحقیق نشان داد میزان افزایش قدرت اسنتریک عضلات همسترینگ در سرعت مختلف بازیکنان فوتبال مرد پس از شش هفته تمرینات نوردیک به طور معنی‌داری بیش از تغییرات قدرت در بازیکنان زن بوده است. وجود تفاوت در قدرت ایزوکینتیک همسترینگ بین دختران و پسران پس از انجام تمرینات همسترینگ نوردیک را می‌توان به تفاوت در ویژگی‌های عصبی-عضلانی بین دختران و پسران نسبت داد. پسران به دلیل بهره‌مندی از هماهنگی عصبی عضلانی بیشتر، احتمالاً توانایی بالاتری در اجرای تمرینات نوردیک داشته و به دنبال آن عملکرد بهتری را در اجرای آزمون‌های ایزوکینتیک در زوایای مختلف دارند. گزارش‌ها حاکی از قابلیت بالاتر سیستم عصبی-عضلانی پسران نسبت به دختران دارد (لوپز والنسیانو و همکاران، 2019). از همین روی تمریناتی همچون تمرینات همسترینگ نوردیک که در قالب تمرینات عصبی-عضلانی قرار دارند، اثرگذاری بالاتری بر عملکرد عضلانی پسران در پس‌آزمون داشته است. از طرفی تفاوت در متغیرهای تمرینی دو گروه پیش از مشارکت در تحقیق، از جمله سابقه تمرینات، سطح تمرینات، تعداد جلسات تمرینی در هفته و همچنین متغیرهای روان‌شناختی از جمله رقابت‌جویی و انگیزه می‌تواند در به دست آمدن چنین نتایجی مؤثر باشد. هرچه سابقه تمرینی فرد بیشتر باشد، تمرین‌پذیری وی نیز بالاتر خواهد بود و ممکن است پسران به دلیل تجربه‌های تمرینی بیشتر، تمرین‌پذیری بالاتری داشته باشند و در به نمایش گذاشتن متغیرهای فیزیولوژیکی همچون قدرت، عملکرد بهتری داشته باشند (سیوهامل و همکاران، 2018).

از طرفی دیگر بیان‌شده است که در فعالیت‌های دینامیک، عضله همسترینگ زنان به‌طور میانگین سریع‌تر از مردان فراخوانی می‌شود (دیمونت و لفارت، 2004) و همچنین زنان انعطاف‌پذیری بیشتری در عضلات همسترینگ خود دارند. این یافته‌ها می‌تواند از جمله دیگر دلایل تفاوت در نسبت قدرت همسترینگ به چهار سر در بین دختران و پسران باشد. همان‌طور که گفته شد نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نسبت همسترینگ به چهار سر در دختران کمتر از پسران است که این یافته‌ها در راستای نتایج تحقیق الحمود و همکاران است. الحمود و همکاران بیان کردند گشتاور عضلات همسترینگ و نسبت قدرت همسترینگ به چهار سر زنان اسکی‌باز، کمتر از مردان است (الحمود و همکاران، 2019). همچنین تحلیل اندازه اثرهای گزارش شده در جدول 3 نشان می‌دهد میزان تغییرات در دو جنسیت در سرعت‌های بالا بیشتر از سرعت‌های پایین است. اخیراً گومز و همکاران (2021) نشان دادند خستگی‌پذیری زنان در انقباضات آیزوکنتیک بیشتر

از مردان است به بیان بهتر مردان در سرعت های بالای انقباضات آیزوکنتیک کمتر از زنان در همان سرعت ها خسته می شوند و به همین دلیل و با توجه به 5 تکرار بودن پروتکل اندازه گیری این مطالعه، خستگی پذیری نیز می تواند در این تفاوت مشاهده شده نقش داشته باشد.

نتایج مطالعه ای که توسط استفن و پوئیو¹⁸ در زنان و مردان سالم انجام شد، نشان داد که نسبت قدرت ایزوکینتیک همسترینگ به چهار سر با افزایش سرعت افزایش می یابد. نتایج مشابهی توسط کونگ و برنس، 2010 نیز گزارش شده است. در تحقیق حاضر نشان داده شد که تفاوتی بین دو گروه دختران و پسران در نسبت قدرت ایزوکینتیک همسترینگ به چهار سر در مرحله پس آزمون و به دنبال انجام تمرینات همسترینگ نوردیک وجود ندارد. تفاوت در دامنه سنی آزمودنی ها، ورزشکار و یا ورزشکار نبودن آزمودنی ها، شیوه ارزیابی قدرت عضلات و همچنین اجرای پروتکل تمرینی را می توان از جمله دلایل ناهم سویی نتایج تحقیقات برشمرد.

افزایش سرعت اکستنشن زانو سبب بالا رفتن فعالیت گیرنده های کششی در عضله همسترینگ شده و تولید تنش عضلانی را تسهیل می کند. افزایش نسبت قدرت ایزوکینتیک همسترینگ به چهار سر با افزایش سرعت را می توان به وسیله رابطه سرعت-نیرو توجیه کرد. افزایش سرعت سبب بالا رفتن نیروی اکسنتریک می شود، این افزایش در اثر مشارکت اجزای الاستیک عضله در طی انقباض اکسنتریک رخ می دهد که این اثر در طی انقباض کانسنتریک ایجاد نمی شود. البته با افزایش سرعت، نسبت قدرت ایزوکینتیک همسترینگ به چهار سر به میزان کمی افزایش می یابد، با افزایش سرعت نسبت کاهش نیروی کانسنتریک عضله چهار سر به کاهش نیروی کانسنتریک عضله همسترینگ بیشتر می باشد که این امر سبب افزایش کمی در نسبت قدرت ایزوکینتیک همسترینگ به چهار سر می گردد (لی و همکاران، 1996). بر طبق نظر بعضی محققان تمرینات عصبی-عضلانی در ایجاد ثبات مفصلی و کسب الگوهای عملکردی عضلانی مناسب و تصحیح عدم تعادل های عضلانی در دو سمت بدن نقش به سزایی دارند. پژوهش روزن¹⁹ و همکاران در بررسی و مقایسه ی نسبت کانسنتریکی همسترینگ به چهار سر در زنان ورزشکار در رشته های فوتبال، سافتبال، والیبال و بسکتبال، در دو سمت بدن و در سه سرعت زاویه ای 60، ۱۲۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه، نشان داد با افزایش سرعت زاویه ای این نسبت افزایش می یابد. همچنین اختلاف معنی داری در بررسی این نسبت بین رشته های ورزشی

¹⁸ . Stephen Puiw and

¹⁹ . Rosene

مختلف و دو سمت بدن مشاهده نشد (روزین و همکاران، 2001). پژوهش هیوت²⁰ نشان داد یک دوره تمرینات پلایومتریک باعث افزایش ۲۶ درصدی حداکثر گشتاور کانسنتریک همسترینگ به چهار سردرپای غیر غالب و افزایش ۱۳ درصدی درپای غالب می‌شود (درویشانی و همکاران، 2019).

از جمله محدودیت‌های تحقیق می‌توان به حجم اندک نمونه‌ها اشاره کرد. همچنین امکان کنترل تمرینات تخصصی آزمودنی‌ها و عوامل روانی موثر دیگر ممکن نبود و ممکن است اجرای تمرینات تخصصی مخصوصا تمرینات سرعتی در نتایج تحقیق اثرگذار باشد. بنابراین در استفاده از نتایج این تحقیق و تعمیم آن، در نظرگرفتن این محدودیت الزامی است.

نتیجه‌گیری تحقیق:

نتایج این تحقیق نشان داد تمرینات قدرتی عضلات همسترینگ و به‌ویژه تمریناتی همچون تمرینات نوردیک که به‌صورت اکسنتریک موجب تقویت عضلات همسترینگ می‌شوند همچنین میزان افزایش قدرت اسنتریک عضلات همسترینگ در سرعت‌های مختلف بازیکنان فوتبال مرد پس از شش هفته تمرینات نوردیک به‌طور معنی‌داری بیش از تغییرات قدرت در بازیکنان زن بود. لذا به متخصصان طراحی تمرین و توسعه قدرت و متخصصان پیشگیری از آسیب‌های ورزشی توصیه می‌شود این تفاوت‌های جنسیتی را در تمرین‌پذیری عضلات همسترینگ در نظر بگیرند.

²⁰. Hewett

فهرست منابع :

- ALHAMMOUD, M., MOREL, B., HANSEN, C., WILSON, M., MECCA, R., NAEL, E. & HAUTIER, C. 2019. Discipline and sex differences in angle-specific isokinetic analysis in elite skiers. *International Journal of Sports Medicine*, 40, 317-330.
- ANASTASI, S. M. & HAMZEH, M. A. 2011. Does the eccentric Nordic Hamstring exercise have an effect on isokinetic muscle strength imbalance and dynamic jumping performance in female rugby union players? *Isokinetics and Exercise Science*, 19, 251-260.
- BLACKBURN, J. T., BELL, D. R., NORCROSS, M. F., HUDSON, J. D. & KIMSEY, M. H. 2009. Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clinical Biomechanics*, 24, 65-70.
- BRITO, J., FIGUEIREDO, P., FERNANDES, L., SEABRA, A., SOARES, J. M., KRUSTRUP, P. & REBELO, A. 2010. Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science*, 18, 211-215.
- DANESHJOO, A., MOKHTAR, A., RAHNAMA, N. & YUSOF, A. 2013. The effects of injury prevention warm-up programmes on knee strength in male soccer players. *Biology of sport*, 30, 281-288.
- DARVISHANI, M. A., BARGHAMADI, M. & JAFARNEZHADGERO, A. A. 2019. Effect of quadriceps muscular fatigue on knee joint kinetics at different flexion/extension velocities in male soccer players. *J. Rehabil. Med*, 8, 86-96.
- DEMONT, R. & LEPHART, S. 2004. Effect of sex on preactivation of the gastrocnemius and hamstring muscles. *British journal of sports medicine*, 38, 120-124.
- EBBEN, W. P., FAUTH, M. L., PETUSHEK, E. J., GARCEAU, L. R., HSU, B. E., LUTSCH, B. N. & FELDMANN, C. R. 2010. Gender-based analysis of hamstring and quadriceps muscle activation during jump landings and cutting. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24, 408-415.
- EKSTRAND, J., HÄGGLUND, M. & WALDÉN, M. 2011. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American journal of sports medicine*, 39, 1226-1232.
- ENGBRETSEN, A. H., MYKLEBUST, G., HOLME, I., ENGBRETSEN, L. & BAHR, R. 2010. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *The American journal of sports medicine*, 38, 1147-1153.
- FOULADI, R., RAJABI, R., MINOONEJAD, H. & ESLAMI, M. 2017. Hamstring injury as a preview of athletic biomechanical knee injuries: A review article. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 6, 274-285.
- Gomes, M., Santos, P., Correia, P. et al. Sex differences in muscle fatigue following isokinetic muscle contractions. *Sci Rep* 11, 8141 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87443-0>
- HEIDERSCHEIT, B. C., SHERRY, M. A., SILDER, A., CHUMANOV, E. S. & THELEN, D. G. 2010. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40, 67-81.

- IRGER, M., WILLINGER, L., LACHETA, L., POGORZELSKI, J., IMHOFF, A. B. & FEUCHT, M. J. 2020. Proximal hamstring tendon avulsion injuries occur predominately in middle-aged patients with distinct gender differences: epidemiologic analysis of 263 surgically treated cases. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28, 1221-1229.
- KNAPIK, J. J., SHARP, M. A., CANHAM-CHERVAK, M., HAURET, K., PATTON, J. F. & JONES, B. H. 2001. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. *Medicine and science in sports and exercise*, 33, 946-954.
- KONG, P. W. & BURNS, S. F. 2010. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport*, 11, 12-17.
- LEE, D.-Y., HONG, J.-H., YU, J.-H. & KIM, J.-S. 2019. The Affects of Different Nordic Hamstring Exercise in Normal Adults. *Medico-Legal Update*, 19.
- LI, R., WU, Y., MAFFULLI, N., CHAN, K. M. & CHAN, J. 1996. Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: a reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. *British Journal of Sports Medicine*, 30, 156-160.
- LÓPEZ-VALENCIANO, A., AYALA, F., DE STE CROIX, M., BARBADO, D. & VERA-GARCIA, F. 2019. Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27, 962-970.
- MALLIAROPOULOS, N., ISINKAYE, T., TSITAS, K. & MAFFULLI, N. 2011. Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *The American journal of sports medicine*, 39, 304-310.
- NAMAZI, P., ZAREI, M., HOVANLOO, F. & ABBASI, H. 2019. The association between the isokinetic muscle strength and lower extremity injuries in young male football players. *Physical therapy in sport*, 39, 76-81.
- O'CONNOR, S., MCCAFFREY, N., WHYTE, E. & MORAN, K. 2017. Epidemiology of injury in male collegiate Gaelic footballers in one season. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27, 1136-1142.
- RIBEIRO-ALVARES, J. B., DORNELLES, M. P., FRITSCH, C. G., DE LIMA-E-SILVA, F. X., MEDEIROS, T. M., SEVERO-SILVEIRA, L., MARQUES, V. B. & BARONI, B. M. 2020. Prevalence of hamstring strain injury risk factors in professional and under-20 male football (soccer) players. *Journal of sport rehabilitation*, 29, 339-345.
- RISTOLAINEN, L., HEINONEN, A., WALLER, B., KUJALA, U. M. & KETTUNEN, J. A. 2009. Gender differences in sport injury risk and types of injuries: a retrospective twelve-month study on cross-country skiers, swimmers, long-distance runners and soccer players. *Journal of sports science & medicine*, 8, 443.
- ROBERTS, D., AGEBERG, E., ANDERSSON, G. & FRIDEN, T. 2003. Effects of short-term cycling on knee joint proprioception in healthy young persons. *The American journal of sports medicine*, 31, 990-994.
- ROSENE, J. M., FOGARTY, T. D. & MAHAFFEY, B. L. 2001. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of athletic training*, 36, 378.
- SAYERS, B.-E. 2008. The Nordic eccentric hamstring exercise for injury prevention in soccer players. *Strength & Conditioning Journal*, 30, 56-58.

- SCONCE, E., JONES, P., TURNER, E., COMFORT, P. & GRAHAM-SMITH, P. 2015. The validity of the nordic hamstring lower for a field-based assessment of eccentric hamstring strength. *Journal of sport rehabilitation*, 24, 13-20.
- SERMAXHAJ, S., POPOVIC, S., BJELICA, D., GARDASEVIC, J. & ARIFI, F. 2017. Effect of recuperation with static stretching in isokinetic force of young football players. *Journal of Physical Education and Sport*, 17, 1948-1.953
- SÖDERMAN, K., ALFREDSON, H., PIETILÄ, T. & WERNER, S. 2001. Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9.
- SOLIGARD, T., MYKLEBUST, G., STEFFEN, K., HOLME, I., SILVERS, H., BIZZINI, M., JUNGE, A., DVORAK, J., BAHR, R. & ANDERSEN, T. E. 2008. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *Bmj*, 337.
- STEFFEN, K., BAKKA, H., MYKLEBUST, G. & BAHR, R. 2008. Performance aspects of an injury prevention program: a ten-week intervention in adolescent female football players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18, 596-604.
- SUCHOMEL, T. J., NIMPHIUS, S., BELLON, C. R. & STONE, M. H. 2018. The importance of muscular strength: training considerations. *Sports medicine*, 48, 765-785.
- TAN, J., BALCI, N., SEPICI, V. & GENER, F. A. 1995. Isokinetic and isometric strength in osteoarthritis of the knee: a comparative study with healthy women. *LWW*.
- TANSEL, R. B., SALCI, Y., YILDIRIM, A., KOCAK, S. & KORKUSUZ, F. 2008. Effects of eccentric hamstring strength training on lower extremity strength of 10–12 year old male basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 1.85-81, 6
- TOSOVIC, D., MUIRHEAD, J., BROWN, J. & WOODLEY, S. 2016. Anatomy of the long head of biceps femoris: an ultrasound study. *Clinical Anatomy*, 29, 738-745.
- VAN DYK, N., BEHAN, F. P. & WHITELEY, R. 2019. Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. *British journal of sports medicine*, 53, 1362-1370.