فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی

2024 (Summer), 2(2): 26-33
DOR:
Research article
Journal of Physiology of Training and Sports Injuries
(PTSIJournal@gmail.com)
(zanjan.ptsijournal@iau.ir)
https://sanad.iau.ir/journal/eps

Received: 2024/5/14
Accepted: 2024/6/30
(ISSN: 3060 - 6306)

The effect of Physical fatigue on balance in teenage soccer players with knee dynamic valgus defect

Abuzar Kojori Gashniani[1], Mahdieh Gholamnia[2]

1. M.Sc., Department of Sport injuries and Corrective Exercise, Payam Noor University, Tehran, Iran. (Corresponding Author). Email:abuzarkojori38@gmail.com
2. B.Sc., Department of Exercise Physiology, University of Mazandaran, Iran. Email: madiegholamnia23@gmail.com

Abstract:
The present study was conducted with the aim of investigating the effect of fatigue on balance, proprioception and jump-landing performance in teenage soccer players with dynamic knee valgus defect. In order to carry out this study, 30 male soccer players were selected and divided into two control groups (Age: 15.46 ± 0.51 years, Height: 1.70 ± 0.05 m, Weight: 63.20 ± 4.84 kg, Body Mass Index: 21.79 ± 0.91 kg/m^2, sports history: 6.00 ± 1.41 years) and experimental (Age: 15.26 ± 0.45 years, Height: 1.71 ± 0.04) m, Weight: 65.33 ± 4.71 kg, Body Mass Index: 22.22 ± 1.63 kg/m^2, sports history: 6.66 ± 2.52 years). In this study, after selecting the subjects with valgus defect, knee dynamics were evaluated with the tuck jump test. Then, Stork and Y tests were used to evaluate static balance and dynamic balance, respectively. After evaluating the variables, the subjects were divided into two control and experimental groups, and the special soccer fatigue protocol (SOFT90) was applied to the experimental group. After applying fatigue, the groups were re-evaluated. The results of this study showed that fatigue has a significant effect on reducing static balance (P=0.001), different directions of dynamic balance and its total score (P≤0.01). Also, the results related to the comparison between groups showed that fatigue led to the difference in the investigated variable between the two groups (P≤0.01). The results of this study showed that fatigue was an important factor in reducing balance. Therefore, it seems that reducing knee dynamic valgus defect, improving motor performance pattern and improving fit in muscle strength and balance can lead to reducing the risk of injury in fatigue conditions.

Keywords: Physical Fatigue, Soccer, Static Balance, Dynamic Balance, Dynamic Knee Valgus.

How to Cite: Kojori Gashniani, A., Gholamnia, M. (2024). The effect of Physical fatigue on balance in teenage soccer players with knee dynamic valgus defect. Journal of Physiology of Training and Sports Injuries, 2(2):26-33. [Persian].

فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی؛ تابستان ۱۴۰۳ ، ۲(۲).

فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی
JPTSI

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۱۰
مقاله پژوهشی

دورهٔ ۲ – شماره ۲
تابستان ۱۴۰۳ - صص: ۲۶-۳۳

اثرات خستگی بدنی بر تعادل در نوجوان دارای والگوس داینامیک زانو

ابوذر کجوری گشنیانی[۱]، مهدیه غلام نیا[۲]

۱.کارشناس ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. (نویسندهٔ مسئول).
پست الکترونیک: abuzarkojori38@gmail.com
۲. کارشناس فیزیولوژی ورزش، دانشگاه مازندران، ایران. پست الکترونیک: madiegholamnia23@gmail.com

چکیده:
پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر خستگی بدنی بر تعادل، حس عمقی و عملکرد پرش – فرود در فوتبالیست‌های نوجوان با نقص والگوس داینامیک زانو انجام شد. جهت انجام این مطالعه ۳۰ نوجوان فوتبالیست پسر انتخاب و در دو گروه کنترل (سن: ۰/۵۱ ± ۱۵/۴۶ سال، قد: ۰/۰۵ ± ۱/۷۰ متر، وزن: ۴/۸۴ ± ۶۳/۲۰ کیلوگرم، شاخص توده بدنی: ۰/۹۱ ± ۲۱/۷۹ کیلوگرم بر متر مربع، سابقه ورزشی: ۱/۴۱ ± ۶/۰۰ سال) و تجربی (سن: ۰/۴۵ ± ۱۵/۲۶ سال، قد: ۰/۰۴ ± ۱/۷۱ متر، وزن: ۴/۷۱ ± ۶۵/۳۳ کیلوگرم، شاخص توده بدنی: ۱/۶۳ ± ۲۲/۲۲ کیلوگرم بر متر مربع، سابقه ورزشی: ۲/۵۲ ± ۶/۶۶ سال) قرار گرفتند. پس از انتخاب آزمودنی‌های مبتلا به نقص والگوس داینامیک زانو با آزمون تاک جامپ ارزیابی شد. سپس از آزمون‌های لک لک و Y به ترتیب برای ارزیابی تعادل ایستا و تعادل پویا استفاده شد. پس از ارزیابی متغیرها، آزمودنی‌ها در دو گروه کنترل و تجربی قرار گرفتند و پروتکل خستگی ویژه فوتبال (SOFT90) روی گروه تجربی اعمال شد. پس از اعمال خستگی، مجددا ارزیابی‌ها روی گروه‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که خستگی، اثر معنی‌داری در کاهش تعادل ایستا ($P=۰/۰۰۱$)، جهت‌های مختلف تعادل پویا و نمره کل آن ($P\leq۰/۰۱$) دارد. همچنین نتایج مربوط به مقایسه بین گروهی نشان داد که خستگی منجر به ایجاد تفاوت در متغیر مورد بررسی بین دو گروه شد ($P\leq۰/۰۱$). به صورت کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خستگی عامل مهمی در کاهش تعادل است. بر این اساس به نظر می‌رسد کاهش نقص والگوس داینامیک زانو، بهبود الگوی عملکرد حرکتی و بهبود تناسب در قدرت و تعادل عضلانی بتواند منجر به کاهش ریسک آسیب در شرایط خستگی شود.

واژگان کلیدی: خستگی بدنی، فوتبال، تعادل ایستا، تعادل پویا، والگوس پویای زانو.

شیوه استناددهی: کجوری گشنیانی، ابوذر؛ غلام نیا، مهدیه. اثرات خستگی بدنی بر تعادل در نوجوان دارای والگوس داینامیک زانو. فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی، تابستان ۱۴۰۳، ۲(۲)؛ ۲۶-۳۳.

فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی
JPTSI

۱. مقدمه

فوتبال، ورزشی پیچیده، وابسته به اجرا و پر برخورد است که منجر به آسیب‌های بی‌شمار به ویژه در اندام تحتانی می‌شود [۲، ۱۹]. یکی از این آسیب‌های فراگیر، آسیب رباط متقاطع قدامی[۱]است. حدود ۷۰ درصد از آسیب‌های رباط متقاطع قدامی با مکانیسم غیر برخوردی مرتبط است که شامل مانور فرود- پرش، برش زدن و چرخش است [۱، ۶]. پرش، مانور فرود، برش زدن و چرخش، بدون کنترل عصبی عضلانی کافی، رباط متقاطع قدامی را در معرض پارگی قرار می‌دهد [۶، ۱۴].

خستگی[۲] یکی دیگر از عوامل مهم و غیر برخوردی در ایجاد آسیب در بازی فوتبال است که با کاهش دامنه حرکتی[۳] و قدرت عضله ران و عضلات اندام تحتانی همراه است [۱۹]. خستگی به عنوان کاهش توانایی عضلات در تولید نیروی مطلوب، در نتیجه قطع زنجیره رویدادها از سیستم عصب مرکزی[۴] تا فیبرهای عضلانی روی می‌دهد [۱۵]. خستگی به دو نوع موضعی[۵](محیطی) و عمومی[۶](مرکزی) دسته بندی می‌شود. خستگی موضعی در سطح عضلات رخ می‌دهد و گروه خاصی از عضلات درگیر در حرکت را شامل می‌شود که می‌تواند باعث بروز اختلال در محل اتصال عصبی- عضلانی، مکانیسم‌های تحریک - انقباض، انتشار تحریک توسط توبول‌های عرضی، رهایش کلسیم و تحریک اجزاء انقباضی شود. خستگی محیطی مربوط به بخش‌های فوقانی مغز و فراخوانی نورون های حرکتی آلفا بوده و کل بدن را درگیر می کند. به عبارت دیگر، در خستگی محیطی، دستورات حرکتی تغییر نمی‌کنند و حتی ممکن است افزایش یابند، اما در خستگی مرکزی، دستورات حرکتی ارسال شده به عضله کاهش یافته و در نتیجه، به کاهش تنش یا نیروی عضله منجر می‌شود. نکته قابل توجه این است که در هر دو نوع خستگی، کارایی اجزای انقباضی و اطلاعات حس عمقی دستخوش تغییر می‌شود و بر کنترل پاسچر نیز اثر گذار است [۳].

آسیب رباط متقاطع قدامی، یکی از پر آسیب‌ترین رباط‌های زانو، در ورزشکاران جوان ۱۵ تا ۲۵ ساله شیوع بالایی دارد [۱۰] و در حدود ۱۰ تا ۳۵ آسیب به ازای هر ۱۰۰۰ ساعت بازی در مردان ورزشکار است که اغلب این میزان در میان بازیکنان جوان‌تر و با مهارت پایین‌تر، بیش‌تر می‌باشد [۱۸]. در ایران، ۴۶ درصد از کل آسیب‌های زانو در ورزش به رباط متقاطع قدامی اختصاص دارد. از طرفی آسیب رباط صلیبی قدامی می‌تواند عوارض متعددی را بر جای بگذارد. از جمله عوارض کوتاه مدت آن می‌توان به درد، سفتی، تورم مفصلی و از جمله عوارض بلند مدت آن می‌توان به بی‌ثباتی مفصل، استئوآرتریت[۷]، آسیب‌های مینیسک[۸] و اختلالات عملکردی اشاره نمود. به همین نسبت به درمان پیچیده و طولانی مدتی نیاز دارد. همچنین، ورزشکار آسیب‌دیده را به مدت چند ماه از میادین مسابقه و تمرین دور نگه می‌دارد که این امر خود می‌تواند عوارض جسمی و روانی متفاوتی بر آنان داشته باشد. به علاوه، درمان این ضایعه خواه به صورت جراحی و خواه به صورت توانبخشی، هزینه سنگینی را بر دوش فرد و جامعه تحمیل می‌کند [۱۸].

از طرف دیگر، تعادل و به عبارت دیگر تقارن در عملکرد دو پا نیز در عملکرد کلی ورزشکاران و همچنین شناسایی ورزشکاران در معرض آسیب مهم بوده و با اصلاح آن می‌توان خطر ایجاد آسیب اندام تحتانی را کاهش داد. در همین راستا و در زمینه شناسایی افراد در معرض آسیب رباط متقاطع قدامی، آزمون‌های تعادلی ستاره، آزمون لی لی تک پا، لی لی سه گانه تک پا و لی لی سه گانه متقاطع تک پا به عنوان آزمون‌های پیش‌بین افراد مستعد آسیب رباط متقاطع قدامی شناخته شده‌اند [۹، ۱۷]. پژوهشگران، به مطالعه اثر خستگی روی تعادل و برخی متغیرهای کینماتیکی ران، زانو و مچ پا در ورزشکاران حرفه‌ای با بازسازی رباط متقاطع قدامی پرداخت. آزمودنی‌ها، مهارت های حرکتی شامل پرش و فرود ساده، پرش و ضربه سر به توپ و فرود را انجام دادند. خستگی باعث ایجاد تغییرات معناداری در برخی متغیرهای کینماتیکی در حرکت پرش و فرود ساده از جمله زوایای ران چپ و راست در لحظه برخورد پاشنه شد. خستگی پلایومتریک[۹] با کاهش زاویه برخورد در مفاصل زانو، دامنه حرکتی در مفاصل ران و افزایش زمان رسیدن به پایداری به خصوص در گروه کنترل، می‌تواند باعث افزایش ریسک آسیب در مفصل زانو شود [۱۳، ۱۷]. محمدعاشور و دانشمندی (۲۰۱۸) به مطالعه اثر پروتکل خستگی عملکردی بر تعادل پویای ۱۵ نفر از ورزشکاران جوان رشته ورزشی ژیمناستیک پرداختند. تعادل پویا و عملکرد اندام تحتانی آزمودنی‌ها (در پیش آزمون و پس آزمون)، با تست تعادل پویا Y ارزیابی شد. خستگی، با استفاده از پروتکل خستگی عملکردی عمومی از طریق آزمون (ساسکو ویکنیز) در هفت مرحله ارزیابی شد. از مقیاس میزان ادراک سختی[۱۰] برای تعیین شدت فشار فیزیکی استفاده شد. در این مطالعه، مقیاس میزان ادراک سختی برابر ۱۵ به عنوان ملاک خستگی در نظر گرفته شد. اعمال پروتکل خستگی عملکردی عمومی باعث کاهش میزان تعادل پویا در اندام تحتانی می‌شود. بنابراین با کاهش تعادل احتمال بروز آسیب بیش‌تر خواهد شد [۱۱]. کوپرو[۱۱] همکاران (۲۰۲۰) به مطالعه تأثیر خستگی عضلانی اندام تحتانی بر عملکرد جهش عمودی و تعادل پرداختند. ۲۴ نفر آموزش دیده به صورت تفریحی در یک جلسه آشنایی و تست یک ساعته شرکت کردند. شرکت‌کنندگان با

1. Anterior Cruciate Ligament (ACL)
2. Fatigue
3. Range of Motion (RM)
4. Central Nervous System (CNS)
5. Local
6. General
7. Osteoarthritis
8. Meniscus
9. Plyometric
10. Rating of Perceived Exertion (RPE)
11. Cooper

فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی
JPTSI

تعادل، جهش عمودی با حرکت[1] و پرش عمودی استاتیک[2] آشنا شدند. سه آزمایش تست دو پا و یک پا از آزمون تعادل ایستا و پویا قبل و بعد از خستگی اجرا شد. تفاوت معنی‌دار بین قبل و بعد از اندازه‌گیری برای آزمون‌های عملکردی وجود داشت. اما در تعادل قبل و بعد از خستگی تفاوتی مشاهده نشد. پروتکل بوسکو[3] به طور بالقوه به دلیل کاهش کنترل عضلات، هماهنگی و ظرفیت تولید نیرو پس از خستگی، باعث کاهش عملکرد می‌شود. تمرین کنندگان باید اثرات خستگی را روی افرادی که حرکات پرشی انجام می‌دهند در نظر بگیرند اما به نظر می‌رسد خستگی تاثیری در تعادل ندارد [۴].

از طرف دیگر با توجه به اهمیت اثر خستگی بر نقص‌های عصبی عضلانی و اثرگذاری آن بر اختلال در متغیرهایی همچون تعادل به نظر می‌رسد انجام مطالعه ای در زمینه تعیین میزان تاثیر خستگی بر تعادل در ورزشکاران با سطوح مختلف نقص‌های عصبی عضلانی بر اساس شدت آن دارای اهمیت باشد. مطالعه حاضر با هدف تعیین اثر خستگی بر تعادل در فوتبالیست‌های نوجوان با نقص والگوس داینامیک زانو انجام شد.

۲. روش پژوهش

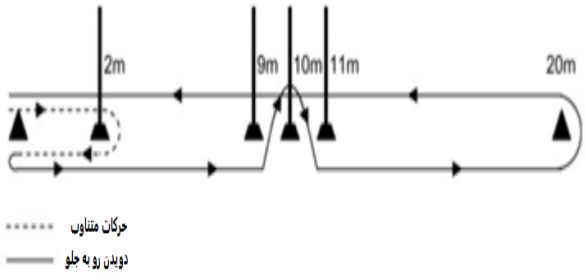
با توجه به اعمال مداخله، وجود گروه کنترل و گروه‌بندی تصادفی نمونه‌ها، تحقیق نیمه تجربی حاضر به صورت پیش آزمون – پس آزمون انجام شد. همچنین، به لحاظ استفاده و کاربرد نتایج، از نوع مطالعات کاربردی است. جامعه آماری پژوهش حاضر، ۲۰۰ نفر از ورزشکاران نوجوان پسر شهر تهران در رشته فوتبال، در باشگاه‌های لوتوس طلایی، پولادپردازان کارن و پرشان بودند که به صورت حرفه‌ای و دارای حداقل دو سال سابقه فعالیت و تمرین منظم بودند. تعداد ۳۰ نفر به صورت هدفمند (بر اساس معیارهای ورود به مطالعه) انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه تجربی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند.

تحقیق حاضر طی دو مرحله اجرا شد. در مرحله‌ی اول، با مراجعه به سه باشگاه و آکادمی فوتبال (لوتوس طلایی، پولاد پردازان کارن و پرشان)، نمونه‌ها انتخاب و در گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. جهت رعایت اخلاق در تحقیق، والدین آزمودنی‌ها، فرم رضایت‌نامه را امضا کردند. قبل از شروع تحقیق، یک جلسه توجیهی در رابطه با معرفی و نحوه اجرای پروتکل، برگزار و توضیحاتی ارائه شد (به جهت جلوگیری از تاثیر متغیرهای مزاحم در روند اجرای آزمون و همچنین الگوی خستگی مورد نظر، از آزمودنی‌ها درخواست شد که در فاصله زمانی ۴۸ ساعت قبل از روز آزمون، هیچ‌گونه فعالیت خسته‌کننده و ورزشی شدیدی نداشته باشند). سپس، اندازه‌گیری‌های مربوط به متغیرهای وابسته شامل قد، وزن، طول پا و هم چنین آزمون‌های تاک جامپ، ارزیابی تعادل ایستا و پویا پیش از اعمال مداخله انجام شد. در مرحله‌ی دوم، مداخله‌ی پروتکل خستگی ویژه فوتبال (SOFT 90) روی نمونه‌های گروه تجربی اعمال و سپس اندازه‌گیری‌های مربوط به پس آزمون اجرا شد. تمامی مراحل اجرای آزمون در دو جلسه، مقارن با ساعت ۵ عصر در زمین چمن طبیعی مجموعه ورزشی تهران جوان انجام شد.

۱،۲. پروتکل خستگی ویژه فوتبال (SOFT90)

به منظور ایجاد خستگی، از پروتکل خستگی ویژه فوتبال استفاده شد. این پروتکل توسط ریک لوول و همکاران (۲۰۰۸) طراحی شد و پاسخ متغیرهای فیزیولوژیکی بازیکنان از جمله ضربان قلب، فشار خون و حداکثر اکسیژن مصرفی برای این پروتکل بررسی شد که شبیه به پاسخ‌های فیزیولوژیکی در مسابقه واقعی فوتبال است [۹].

این پروتکل در یک شاتل ۲۰ متری انجام شد که شامل فعالیت‌های مثل افزایش شتاب، کاهش شتاب، حرکات برشی، دویدن به بغل، حرکت رو به عقب و جلو است که با استفاده از سیگنال‌های صوتی پخش شده از یک لوح فشرده کنترل شد. مجموعه حرکاتی این پروتکل شامل ایستادن، راه رفتن (۴ Km/h)، جاگینگ (۱۰/۳ Km/h)، دویدن نرم (۱۵ Km/h) و دوی سرعت (۲۰/۴ Km/h) است که به صورت تصادفی اجرا شد. سرعت‌های گزارش شده برای فعالیت‌ها، طبق میانگین سرعت مورد نیاز برای کامل کردن فعالیت در یک زمان مشخص است. در این پروتکل بازیکنان مسافت ۱۰/۷ کیلومتر را با ۱۲۹۶ تغییر در سرعت و ۱۳۵۰ تغییر در جهت حرکت در مدت ۹۰ دقیقه پیمودند. شدت و سرعت حرکت آزمودنی‌ها با معیارهای ضربان قلب (۱/۵ ± ۸۲/۹ درصد حداکثر ضربان قلب) و حداکثر اکسیژن مصرفی (۱۱/۱ ± ۶۹/۱ درصد VO_2max) کنترل شد. این پروتکل ۹۰ دقیقه‌ای به دو قسمت ۴۵ دقیقه ای تقسیم شد که هر ۴۵ دقیقه شامل سه مرحله ۱۵ دقیقه‌ای بود. ابتدا سه مرحله ۱۵ دقیقه‌ای اول پشت سر هم انجام شد. سپس ۱۵ دقیقه استراحت و بلافاصله سه مرحله ۱۵ دقیقه‌ای نیمه دوم اجرا شد [۹]. ملاک پایان آزمون، اعلام میزان خستگی خود ورزشکار بود (شکل ۱).



شکل۱. نمای شماتیک مراحل پروتکل خستگی ویژه فوتبال (SOFT90)

[1]. Countermovement Vertical Jump (CMVJ)
[2]. Static vertical jump (SVJ)
[3]. BOSCO

فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی

۲،۲. روش شناسایی افراد مبتلا به والگوس پویای زانو (آزمون تاک‌جامپ)

آزمون پرش تاک دارای روایی بالایی (اختصاصی بودن ۶۷ درصد و حساسیت ۸۴ درصد) است که به سهولت قابل اجرا است و محققان می‌توانند جهت شناسایی نقص‌های موجود در تکنیک و بیومکانیک فرود ورزشکاران از آن استفاده کنند [۷]. ابتدا، آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون پرش تاک ارزیابی شدند و در نهایت، افراد مبتلا به نقص والگوس پویای زانو شناسایی شدند. برای اجرای پرش تاک، ورزشکار با پاهای باز به اندازه عرض شانه ایستاده و به صورت عمودی شروع به پرش کرده و زانوهای خود را تا جایی که امکان دارد بالا می‌آورد. در بالاترین نقطه‌ی پرش، ران‌ها موازی با زمین قرار خواهند داشت. هنگام فرود، ورزشکار باید پرش تاک بعدی را شروع کند. این آزمون برای ۱۰ ثانیه اجرا شد (شکل ۲). فردی که قادر نباشد در محل شروع پرش، فرود بیاید یا در نقطه اوج پرش، ران‌هایش موازی زمین قرار نگیرد و پرش‌هایش در طول ۱۰ ثانیه با وقفه انجام شوند و در حرکت دچار والگوس زانو باشد، به عنوان فرد مبتلا به نقص والگوس پویای زانو در نظر گرفته می‌شود [۱۲].

شکل۲. روش ارزیابی پرش تاک جامپ

۳،۲. ارزیابی تعادل ایستا (آزمون لک لک)

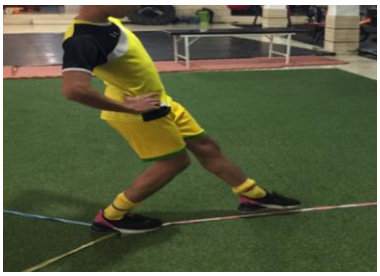
برای ارزیابی تعادل ایستا از آزمون لک لک استفاده شد. آزمودنی روی پای برتر ایستاده و در حالی که دست‌ها روی کمر است انگشتان پای دیگر را روی زانوی پای برتر قرار می دهد. سپس، با فرمان «حاضر» و سپس «رو» پاشنه پای برتر را بلند کرده و در حالی که در روی انگشتان یک پای خود ایستاده، تلاش می‌کند تا تعادل خود را بدون حرکت دادن پا یا جدا شدن دست‌ها از کمر حفظ کند. بهترین زمان در اجرای ۳ بار آزمون به عنوان امتیاز ثبت شد [۱۲].

۴،۲. ارزیابی تعادل پویا (آزمون تعادل Y)[1]

جهت شروع آزمون Y، طول واقعی پا یعنی از خار خاصره قدامی - فوقانی[2] تا قوزک داخلی پا جهت نرمال کردن داده‌ها و مقایسه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. پای برتر با استفاده از آزمون شوت توپ تعیین شد. برای اندازه‌گیری طول پا، ابتدا از آزمودنی خواسته شد که روی تخت در حالت درازکش به پشت قرارگیرد. سپس، فاصله بین خار خاصره قدامی-فوقانی تا بخش انتهایی قوزک داخلی پا اندازه‌گیری شد. میانگین محاسبه‌شده از دو بار اندازه گیری برای هر آزمودنی و در هر پا، به‌عنوان اندازه طول پا ثبت شد. در این پژوهش از آزمون تعادلی Y استفاده شد. آزمودنی در مرکز جهات می‌ایستد و سپس روی یک پا (پای برتر) قرار می‌گیرد و با پای دیگر عمل دستیابی را انجام داده و به حالت طبیعی روی دو پا باز می‌گردد. پیش از انجام کوشش بعدی به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه در این حالت می‌ماند (شکل ۳). تمام کوشش‌ها در یک جهت قبل از رفتن به جهت دیگر باید تکمیل شود و در یک ترتیب متوالی ساعت‌گرد یا پادساعت‌گرد انجام گیرد. آزمودنی با پنجه پا دورترین نقطه ممکن را در هر یک از جهات تعیین‌شده لمس کرده، فاصله محل تماس تا مرکز، فاصله دستیابی بوده که به سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. جهت به‌دست آوردن اختلاف بین میانگین نمرات تعادل (آزمون Y) در هر جهت به‌صورت جداگانه از فرمول مربوطه استفاده شد [۱۲].

۵،۲. روش آماری

از آزمون t دو گروه مستقل برای مقایسه خصوصیات دموگرافیک دو گروه استفاده شد. در رابطه با سایر متغیرهای وابسته، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌های مربوط به هر متغیر با استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک بررسی شد. به دلیل نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد. سطح معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد پذیرفته و داده‌ها با استفاده از نرم افزار spss نسخه ۲۶ تجزیه و تحلیل شد.



شکل۳. روش ارزیابی تعادل پویا

۳. یافته ها

اطلاعات توصیفی هر یک از گروه‌ها همچون سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی و سابقه ورزشی پیش از انجام آزمون اندازه‌گیری و نتایج آن در جدول ۱ ارائه گردیده است. نتایج آزمون t مستقل در مقایسه متغیرهای توصیفی دو گروه نشان داد که تفاوتی بین دو گروه وجود

[1]. Y Balance Test (YBT)
[2]. Anterior Superior Iliac Spine (ASIS)

فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی
JPTSI

ندارد و دو گروه همگن هستند. جدول ۲ اطلاعات مربوط به نتایج آزمون نرمالیتی شاپیرو- ویلک را در دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده نرمال بودن توزیع داده‌ها بوده است.

فرضیه اول: خستگی بر تعادل ایستا در فوتبالیست‌های نوجوان با نقص والگوس دینامیک زانو تاثیر معنی‌داری ندارد. این فرضیه در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت. بخش اول شامل تفاوت‌های بین گروهی بوده که پس از بررسی همگنی واریانس‌ها با آزمون تحلیل کوواریانس مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). بخش بعدی شامل تعیین تفاوت‌های درون گروهی بوده که نتایج آن در جدول ۴ خلاصه شد.

جدول۱. آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

شاخص	گروه	انحراف استاندارد± میانگین	p
سن (سال)	کنترل	۱۵/۴۶ ± ۰/۵۱	۰/۲۷
	خستگی	۱۵/۲۶ ± ۰/۴۵	
قد (متر)	کنترل	۱/۷۰ ± ۰/۰۵	۰/۴۶
	خستگی	۱/۷۱ ± ۰/۰۴	
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۶۳/۲۰ ± ۴/۸۴	۰/۲۳
	خستگی	۶۵/۳۳ ± ۴/۷۱	
شاخص توده بدن	کنترل	۲۱/۷۹ ± ۰/۹۱	۰/۳۸
	خستگی	۲۲/۲۲ ± ۱/۶۳	

جدول۲. نتایج آزمون شاپیرو- ویلک

آزمون	گروه	معنی داری	
		پیش آزمون	پس آزمون
تعادل ایستا	کنترل	۰/۰۹	۰/۲۷
	خستگی	۰/۴۸	۰/۲۳

جدول ۳. تحلیل کواریانس مقایسه تفاوت بین گروهی متغیر تعادل ایستا

متغیر	مرحله آزمون	گروه	میانگین ¥	F	df	P	Eta squared
تعادل ایستا	پس آزمون	کنترل	۸/۵۸	۱۵/۰۴	۱	۰/۰۰۱	۰/۳۵

نتایج آزمون آنالیز کواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون (کوریت)، در میزان نتایج تعادل ایستا پس از اعمال خستگی بین دو گروه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P≤۰/۰۱)، به این صورت که میزان این متغیر در گروه با اعمال خستگی کاهش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل داشت. برای بررسی تفاوت در قبل و پس از خستگی در دو گروه به صورت مجزا از آزمون t همبسته استفاده شد. نتایج آزمون t همبسته نشان می‌دهد که خستگی (P=۰/۰۰۱) تاثیر معنی‌داری بر نتایج تعادل ایستای آزمودنی‌های گروه با اعمال خستگی داشت اما در گروه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴. تفاوت میانگین تعادل ایستا در آزمودنی‌ها قبل و بعد از اعمال پروتکل خستگی (ثانیه)

گروه	کنترل				تجربی			
	پیش آزمون	پس آزمون	t	P	پیش آزمون	پس آزمون	t	P
تعادل ایستا	۲/۲۱ ± ۸/۹۰	۲/۵۰ ± ۸/۵۱	۱/۵۵	۰/۱۴	۲/۴۸ ± ۹/۰۶	۱/۹۲ ± ۷/۲۵	۲/۴۱	۰/۰۰۱

فرضیه دوم: خستگی بر تعادل پویا در فوتبالیست‌های نوجوان با نقص والگوس دینامیک زانو تاثیر معنی‌داری ندارد. پس از بررسی همگنی واریانس‌ها (جدول ۵)، این فرضیه، با آزمون تحلیل کوواریانس مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶). بخش بعدی شامل تعیین تفاوت‌های درون گروهی بوده که نتایج آن در جدول ۷ بررسی شد. نتایج آزمون آنالیز کواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون (کوریت)، در میزان نتایج تعادل پویا پس از اعمال خستگی بین دو گروه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P≤۰/۰۵)، به این صورت که میزان این متغیر در گروه با اعمال خستگی کاهش معنی‌داری نسبت به گروه بدون اعمال خستگی داشت. برای بررسی تفاوت در قبل و پس از خستگی در دو گروه به صورت مجزا از آزمون t همبسته استفاده شد. نتایج آزمون t همبسته نشان داد که خستگی (P≤۰/۰۱) تاثیر معنی‌داری بر نتایج تعادل پویای آزمودنی‌های گروه با اعمال خستگی داشت اما در گروه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۵. نتایج بررسی همگنی واریانس گروه‌ها (آزمون لون)

متغیر	p	df_1	df_2	F
جهت قدامی	۰/۴۲	۲۸	۱	۰/۶۵
جهف خلفی داخلی	۰/۹۵	۲۸	۱	۰/۰۰۴
جهت خلفی خارجی	۰/۱۲	۲۸	۱	۲/۴۷
نمره کل تعادل پویا	۰/۱۵	۲۸	۱	۲/۱۶

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خستگی با کاهش تعادل ایستا و پویا در فوتبالیست‌های نوجوان با نقص والگوس دینامیک زانو همراه است. خستگی عضلانی را می‌توان به عنوان کاهش نیروی ناشی از فعالیت در حداکثر نیروی ارادی تولید شده توسط یک عضله یا گروهی از عضلات تعریف کرد. مکانیسم‌های خستگی ناشی از تمرینات شامل مکانیسم‌های خستگی مرکزی و محیطی است. خستگی محیطی به فرایندهای ناشی از ورزش اشاره دارد که منجر به کاهش تولید نیرو

فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی
JPTSI

می‌شود که در محل اتصال عصبی - عضلانی رخ می‌دهد. خستگی مرکزی به فرایندهای متمرکزتر اشاره دارد و می‌تواند به عنوان یک شکست پیشرونده ناشی از فعال‌سازی داوطلبانه عضله تعریف شود [۸].

می‌توان تصور کرد که اثرات فیزیولوژیکی ترکیبی خستگی مرکزی و محیطی می‌تواند منجر به تغییراتی در ادغام حسی و حرکتی اطلاعات تعادل شود و در نتیجه توانایی فرد برای حفظ کنترل پویا تغییر کند. عوارض خستگی شامل کاهش کنترل حرکت و در نتیجه مهار مرکزی نورون‌های حرکتی تحتانی در سطح نخاعی بوده که افزایش خستگی محیطی ناشی از مکانیسم‌های خستگی مرکزی ممکن است تأثیر منفی بر تحریک حرکتی قشر مغز داشته و در نتیجه باعث مهار نورون‌های حرکتی تحتانی سطح ستون فقرات شود [۸]. جنبه‌های خارجی که ممکن است فرمان‌های نزولی را مهار کنند، شامل تغییر در آزاد سازی کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی، افزایش غلظت فسفات معدنی و آدنوزین دی فسفات است. ترکیب مکانیسم‌های خستگی مرکزی و محیطی که در بالا ذکر شد ممکن است منجر به تغییر کارایی انقباض عضلات در فیبرهای عضلانی شود. در نتیجه، این امر ممکن است منجر به کاهش ورودی‌های حسی - حرکتی آوران از دوک عضلانی شود که منجر به تغییراتی در کنترل عصبی- عضلانی و در نهایت کنترل وضعیتی ایستا و پویا می‌شود [۵].

جدول ۶. نتایج تحلیل کواریانس جهت مقایسه تفاوت بین گروهی تعادل پویا

متغیر	گروه	میانگین ¥	F	df	P	Eta squared
قدامی	کنترل	۹۰/۰۶	۱۸/۷۷	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۱
	تجربی	۸۴/۶۱				
خلفی داخلی	کنترل	۸۵/۳۵	۲۵/۲۶	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۸
	تجربی	۸۰/۰۰				
خلفی خارجی	کنترل	۷۷/۶۸	۱۱/۵۲	۱	۰/۰۰۲	۰/۲۹
	تجربی	۷۲/۶۶				
نمره کل	کنترل	۸۴/۳۲	۷۵/۷۰	۱	۰/۰۰۱	۰/۷۳
	تجربی	۷۹/۱۳				

جدول ۷. تفاوت میانگین تعادل پویا قبل و بعد از اعمال پروتکل خستگی

جهت	کنترل				تجربی			
	pre	post	t	P	pre	post	t	P
قدامی	۸/۷۰ ± ۹/۰۴	۸/۸۷ ± ۹/۲۷	۱/۸۶	۰/۰۸	۹/۵۷ ± ۹/۵۵	۸/۳۵ ± ۸/۴۰	۴/۹۳	۰/۰۰۱
خلفی داخلی	۶/۱۶ ± ۸/۸۵	۷/۱۹ ± ۸/۸۳	۱/۴۹	۰/۱۵	۳/۱۹ ± ۸/۸۲	۴/۳۰ ± ۸/۵۱	۷/۹۹	۰/۰۰۱
خلفی خارجی	۵/۳۰ ± ۷/۵۹	۳/۹۰ ± ۷/۹۳	-۰/۳۹	۰/۶۹	۶/۲۴ ± ۷/۹۸	۷/۷۹ ± ۷/۴۱	۳/۶۷	۰/۰۰۲
نمره کل	۴/۳۶ ± ۸/۸۲	۴/۲۶ ± ۸/۸۲	۱/۴۶	۰/۱۶	۴/۳۳ ± ۸/۷۸	۴/۳۹ ± ۷/۱۱	۱/۳۶	۰/۰۰۱

کنترل وضعیت ایستا و پویا مستلزم یکپارچگی و هماهنگی زیر سیستم‌های حسی - حرکتی است تا از پردازش و واکنش مناسب در برابر محیط در حال تغییر اطمینان حاصل شود. علاوه بر این، قبلاً نشان داده شده است که خستگی شروع انقباض عضلات را به تأخیر می‌اندازد و فعال‌سازی را کاهش می‌دهد. ترکیبی از این یافته‌ها نشان می‌دهد که کنترل وضعیت ایستا و پویا ممکن است بر کاهش کارایی ادغام زیر سیستم‌های حسی - حرکتی تأثیر منفی بگذارد.

یافته‌های مشاهده شده در مطالعه فعلی از تحقیقات قبلی پشتیبانی می‌کند که نشان می‌دهد ورزشکاران در هنگام خستگی با آسیب زیاد روبه‌رو هستند [۵] و نشان می‌دهد که این امر تا حدی ممکن است ناشی از نقص کنترل پوسچر و حس عمقی باشد [۵، ۱۶]. ورزش‌هایی مانند فوتبال اغلب به انجام تمرینات با حداکثر شدت نیاز دارند، به طور بالقوه فرد را خسته کرده و متعاقب آن خطر آسیب‌دیدگی آن‌ها افزایش می‌یابد. علاوه بر این، در حال حاضر سطح خستگی مورد نیاز برای ایجاد تغییر در کنترل عصبی عضلانی مشخص نیست [۸].

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر به نظر می‌رسد پزشکان و محققان باید پروتکل تعادل ایستا Y را در شرایط خسته و بدون خستگی در نظر بگیرند، زیرا این امر می‌تواند نقص‌های کنترل عصبی-عضلانی را که ممکن است در هنگام استفاده از پروتکل تعادل ایستا Y فقط در شرایط غیرخستگی مشخص نشود، برجسته کند. چنین اطلاعاتی ممکن است اطلاعات مربوط به نحوه واکنش سیستم حسی-حرکتی فرد به خستگی را در اختیار پزشکان قرار دهد و اگر بعداً خطر صدمه بدون تماس اندام تحتانی آن‌ها افزایش یابد؛ به این ترتیب، پزشکان ممکن است از این اطلاعات برای توسعه برنامه‌های پیشگیری از آسیب که شامل برنامه‌های آموزشی کنترل عصبی عضلانی در شرایط خستگی است، استفاده کنند. با این حال، تحقیقات بیش‌تری لازم است تا مشخص شود آیا چنین روش‌هایی می‌توانند اطلاعات مربوط بالینی را ارائه دهند که ممکن است به پزشکان کمک کند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خستگی یک ریسک فاکتور مهم در کاهش تعادل است. به نظر می‌رسد کاهش نقص والگوس پویای زانو، بهبود الگوی عملکرد حرکتی و بهبود تناسب در قدرت و تعادل عضلانی بتواند منجر به کاهش ریسک آسیب در شرایط خستگی شود.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

منابع

[1] Agel, J., Arendt, E.A. Bershadsky, B. (2005). Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. Am J Sports Med 33(4): 524-530.

فصلنامه علمی
فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی
JPTSI

[2] Bradley, P.S. Portas, M.D. (2007). The relationship between preseason range of motion and muscle strain injury in elite soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research, 21, 115-1159.

[3] Bruno, M., Matheus, J.W., Generosi, A.R., Marco, A.V., Junior, C.P. (2011). Effect of muscle fatigue on posture control in soccer Players during the short-pass movement. Revista Brasiliera Cineantropometria and Desempenho Humano, 13(5): 348-353.

[4] Cooper, C. N., Dabbs, N. C., Davis, J., Sauls, N. M. (2020). Effects of lower-body muscular fatigue on vertical jump and balance performance. The Journal of Strength & Conditioning Research, 34(10), 2903-2910.

[5] Gribble, P. A., Hertel, J., Plisky, P. (2012). 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, 47(3), 339-357.

[6] Hanzlíková, I., Hébert-Losier, K. (2020). Is the Landing Error Scoring System reliable and valid? A systematic review. Sports Health, 12(2), 181-188.

[7] Hewett, T.E., Ford, K.R., Hoogenboom, B.J., Myer, G.D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. N Am J Sports Phys Ther. 2010 Dec;5(4):234-51. PMID: 21655382; PMCID: PMC3096145.

[8] Johnston, W., Dolan, K., Reid, N., Coughlan, G. F., Caulfield, B. (2018). Investigating the effects of maximal anaerobic fatigue on dynamic postural control using the Y-Balance Test. Journal of science and medicine in sport, 21(1), 103-108.

[9] Lovell, R., Knapper, B., Small, K. (2008). Physiological responses to SAFT90: a new soccer-specific match simulation. In Verona-Ghirada Team Sports Conference Proceedings.

[10] Mather, R.C. 3rd, Koenig, L., Kocher, M.S., Dall, T.M., Gallo, P., Scott, D.J., Bach, B.R. Jr, Spindler, K.P.; MOON Knee Group. (2013). Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears. J Bone Joint Surg Am. 2013 Oct 2;95(19):1751-9. doi: 10.2106/JBJS.L.01705. PMID: 24088967; PMCID: PMC3779900.

[11] Mohammad Ashour, Z., Daneshmandi, H. (2018). the effect of the functional fatigue protocol on the dynamic balance of young gymnasts. the third national congress of sports science and health achievements, Rasht, Iran. https://civilica.com/doc/979539.

[12] Mohammadi, H. (2019). The prevalence of neuromuscular deficiencies associated with non-contact anterior cruciate ligament injury in healthy collegiate student-athletes. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal, 9(4), 3-3.

[13] Niknam, H., Sarmadi, A., Salavati, M., Madadi, F. (2011). The effect of knee kinesiotaping on proprioception and weight bearing in ACL reconstructed patients. Daneshvar Medicine, 19(2), 33-42.

[14] Olsen, O.E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. Am J Sports Med. 2004 Jun; 32(4):1002-12. doi: 10.1177/0363546503261724. PMID: 15150050.

[15] Pau, M., Ibba, J., Attene, G. (2014). Fatigue-Induced Balance Impairment in Young Soccer Players. J Athl Train. 2014 Jul-Aug; 49(4): 454–461. doi: 10.4085/1062-6050-49.2.12.

[16] Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. Journal of orthopaedic & sports physical therapy, 36(12), 911-919.

[17] Powers, C. M. (2010). The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 40(2), 42-51.

[18] Rahnama, N., Bambaeichi, E., Daneshjoo, A. (2009). The epidemiology of knee injuries in Iranian male professional soccer Players. Sport Sci Health; (5):9–14.

[19] Rahnama, N., Reilly, T. Lees, A. (2003). Muscle fatigue during simulated soccer. Journal of Sports Sciences, 21, 4, 248-249.