

2024 (Summer), 2(2): 26-33

DOR:

Research article

Journal of Physiology of Training and Sports Injuries

(PTSIJournal@gmail.com)

(zanjan.ptsjournal@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 Gashniani¹, Mahdieh Gholamnia²

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/m², 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/m², 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 ($P \leq 0.01$). Also, the results related to the comparison between groups showed that fatigue led to the difference in the investigated variable between the two groups ($P \leq 0.01$). 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].

دوره ۲ - شماره ۲
تابستان ۱۴۰۳ - صص: ۲۶-۳۳

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

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. (نویسنده 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 فوتبالیست های نوجوان با نقص والگوس داینامیک زانو انجام شد. جهت انجام این مطالعه ۳۰ نوجوان فوتبالیست پسر انتخاب و در دو گروه کنترل (سن: $15/46 \pm 0/51$ سال، قد: $1/70 \pm 0/05$ متر، وزن: $4/84 \pm 63/20$ کیلوگرم، شاخص توده بدنی: $21/79 \pm 0/91$ کیلوگرم بر متر مربع، سابقه ورزشی: $1/41 \pm 6/00$ سال) و تجربی (سن: $15/26 \pm 0/45$ سال، قد: $1/71 \pm 0/04$ متر، وزن: $4/71 \pm 65/33$ کیلوگرم، شاخص توده بدنی: $1/63 \pm 22/22$ کیلوگرم بر متر مربع، سابقه ورزشی: $2/52 \pm 6/66$ سال) قرار گرفتند. پس از انتخاب آزمودنی های مبتلا به نقص والگوس داینامیک زانو با آزمون تاک جامپ ارزیابی شد. سپس از آزمون های لک لک و Y به ترتیب برای ارزیابی تعادل ایستا و تعادل پویا استفاده شد. پس از ارزیابی متغیرها، آزمودنی ها در دو گروه کنترل و تجربی قرار گرفتند و پروتکل خستگی ویژه فوتبال (SOFT90) روی گروه تجربی اعمال شد. پس از اعمال خستگی، مجدداً ارزیابی های لک لک و Y به ترتیب برای ارزیابی تعادل ایستا و تعادل پویا استفاده شد. نشان داد که خستگی منجر به ایجاد تفاوت در متغیر مورد بررسی بین دو گروه شد ($P \leq 0/01$). به صورت کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خستگی عامل مهمی در کاهش تعادل است. بر این اساس به نظر می رسد 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 فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی، تابستان ۱۴۰۳، ۲(۲).

۱. مقدمه

طولانی مدتی نیاز دارد. همچنین، ورزشکار آسیب دیده را به مدت چند ماه از میدین مسابقه و تمرین دور نگه می دارد که این امر خود می تواند 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 می کند [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 می توان خطر ایجاد آسیب اندام تحتانی را کاهش داد. در همین راستا و در زمینه شناسایی افراد در معرض آسیب رباط متقاطع قدامی، آزمون های تعادلی ستاره، آزمون لی لی تک پا، لی لی سه گانه تک پا و لی لی سه گانه متقاطع تک پا به عنوان آزمون های پیش بین افراد مستعد آسیب رباط متقاطع قدامی شناخته شده اند [۹، ۱۷]. پژوهشگران، به مطالعه اثر خستگی روی تعادل و برخی متغیرهای کینماتیکی ران، زانو و مچ پا در ورزشکاران حرفه ای با بازسازی رباط متقاطع قدامی پرداخت. آزمون های، 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 پلائیومتریک^۸ با کاهش زاویه برخورد در مفاصل زانو، دامنه حرکتی در مفاصل ران و افزایش زمان رسیدن به پایداری به خصوص در گروه کنترل، می تواند 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 آزمون های (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^۹ 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 می شود. بنابراین با کاهش تعادل احتمال بروز آسیب بیشتر خواهد شد [۱۱]. کوپرو^{۱۰} 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. شرکت کنندگان با

فوتبال، ورزشی پیچیده، وابسته به اجرا و پر برخورد است که منجر به آسیب های بی شمار به ویژه در اندام تحتانی می شود [۲، ۱۹]. یکی از این آسیب های فراگیر، آسیب رباط متقاطع قدامی^۱ است. حدود ۷۰ درصد از آسیب های 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 می دهد [۶، ۱۴].

خستگی^۲، یکی دیگر از عوامل مهم و غیر برخوردی در ایجاد آسیب در بازی فوتبال است که با کاهش دامنه حرکتی 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^۳ تا فیبرهای عضلانی روی می دهد [۱۵]. خستگی به دو نوع موضعی^۴ (محیطی) و عمومی^۵ (مرکزی) دسته بندی می شود. خستگی موضعی در سطح عضلات رخ می دهد و گروه خاصی از عضلات درگیر در حرکت را شامل می شود که می تواند باعث بروز اختلال در محل اتصال عصبی- عضلانی، مکانیسم های تحریک- انقباض، انتشار تحریک توسط توبول های عرضی، رهایش کلسیم و تحریک اجزاء انقباضی شود. خستگی محیطی مربوط به بخش های فوقانی مغز و فراهوانی نورو ن های حرکتی آلفا بوده و کل بدن را درگیر می کند. به عبارت دیگر، در خستگی محیطی، دستورات حرکتی تغییر نمی کنند 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 می شود. نکته قابل توجه این است که در هر دو نوع خستگی، کارایی اجزای انقباضی و اطلاعات حس عمقی دستخوش تغییر می شود و بر کنترل پاسچر نیز اثر گذار است [۳].

آسیب رباط متقاطع قدامی، یکی از پر آسیب ترین رباط های 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 جوان تر و با مهارت پایین تر، بیش تر می باشد [۱۸]. در ایران، ۴۶ درصد از کل آسیب های زانو در ورزش به رباط متقاطع قدامی اختصاص دارد. از طرفی آسیب رباط صلیبی قدامی می تواند عوارض متعددی را بر جای بگذارد. از جمله عوارض کوتاه مدت آن می توان به درد، سفتی، تورم مفصلی و از جمله عوارض بلند مدت آن می توان به بی ثباتی مفصل، استئوآرتریت^۷، آسیب های مینیسک^۸ و اختلالات عملکردی اشاره نمود. به همین نسبت به درمان پیچیده و

7. Osteoarthritis

8. Meniscus

9. Plyometric

۱۰. Rating of Perceived Exertion (RPE)^۹

۱۱. Cooper

1. Anterior Cruciate Ligament (ACL)

2. Fatigue

3. Range of Motion (RM)

4. Central Nervous System (CNS)

5. Local

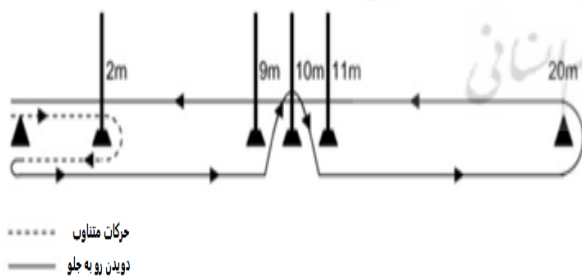
6. General

اعمال و سپس اندازه گیری های 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 لول 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 پاسخ های فیزیولوژیکی در مسابقه واقعی فوتبال است [۹].

این پروتکل در یک شاتل ۲۰ متری انجام شد که شامل فعالیت های مثل افزایش شتاب، کاهش شتاب، حرکات برشی، دویدن به بغل، حرکت رو به عقب و جلو است که با استفاده از سیگنال های 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. سرعت های گزارش شده برای فعالیت ها، 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 آزمودنی ها با معیارهای ضربان قلب ($1/5 \pm 82/9$ درصد حداکثر ضربان قلب) و حداکثر اکسیژن مصرفی ($11/1 \pm 69/1$ درصد VO_{2max}) کنترل شد. این پروتکل ۹۰ دقیقه ای به دو قسمت ۴۵ دقیقه ای تقسیم شد که هر ۴۵ دقیقه شامل سه مرحله ۱۵ دقیقه ای بود. ابتدا سه مرحله ۱۵ دقیقه ای اول پشت سر هم انجام شد. سپس ۱۵ دقیقه استراحت و بلافاصله سه مرحله ۱۵ دقیقه ای نیمه دوم اجرا شد [۹]. ملاک پایان آزمون، اعلام میزان خستگی خود ورزشکار بود (شکل ۱).



شکل ۱. نمای شماتیک مراحل پروتکل خستگی ویژه فوتبال (SOFT90)

تعداد، جهش عمودی با حرکت و پرش عمودی استاتیک آشنا شدند. سه آزمایش تست دو پا و یک پا از آزمون تعادل ایستا و پویا قبل و بعد از خستگی اجرا شد. تفاوت معنی دار بین قبل و بعد از اندازه گیری برای آزمون های عملکردی وجود داشت. اما در تعادل قبل و بعد از خستگی تفاوتی مشاهده نشد. پروتکل بوسکو^۳ به طور بالقوه به دلیل کاهش کنترل عضلات، هماهنگی و ظرفیت تولید نیرو پس از خستگی، باعث کاهش عملکرد می شود. تمرین کنندگان باید اثرات خستگی را روی افرادی که حرکات پرشی انجام می دهند در نظر بگیرند اما به نظر می رسد خستگی تاثیری در تعادل ندارد [۴].

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

۲. روش پژوهش

با توجه به اعمال مداخله، وجود گروه کنترل و گروه بندی تصادفی نمونه ها، 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 باشگاه های لوتوس طلایی، پولادپردازان کارن و پرشان بودند که به صورت حرفه ای 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 مرحله اول، با مراجعه به سه باشگاه و آکادمی فوتبال (لوتوس طلایی، پولاد پردازان کارن و پرشان)، نمونه ها انتخاب و در گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. جهت رعایت اخلاق در تحقیق، والدین آزمودنی ها، فرم رضایت نامه 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 آزمودنی ها درخواست شد که در فاصله زمانی ۴۸ ساعت قبل از روز آزمون، هیچ گونه فعالیت خسته کننده و ورزشی شدیدی نداشته باشند). سپس، اندازه گیری های مربوط به متغیرهای وابسته شامل قد، وزن، طول پا و هم چنین آزمون های تاک جامپ، ارزیابی تعادل ایستا و پویا پیش از اعمال مداخله انجام شد. در مرحله دوم، مداخله ی پروتکل خستگی ویژه فوتبال (SOFT 90) روی نمونه های گروه تجربی

3. BOSCO

1. Countermovement Vertical Jump (CMVJ)

2. Static vertical jump (SVJ)

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

اندازه گیری شد. پای برتر با استفاده از آزمون شوت توپ تعیین شد. برای اندازه گیری طول پا، ابتدا از آزمودنی خواسته شد که روی تخت در حالت درازکش به پشت قرار گیرد. سپس، فاصله بین خار خاره قدامی- فوقانی تا بخش انتهایی قوزک داخلی پا اندازه گیری شد. میانگین محاسبه شده از دو بار اندازه گیری برای هر آزمودنی و در هر پا، به عنوان اندازه طول پا ثبت شد. در این پژوهش از آزمون تعادلی Y استفاده شد. آزمودنی در مرکز جهت می ایستد و سپس روی یک پا (پای برتر) قرار می گیرد و با پای دیگر عمل دستیابی را انجام داده و به حالت طبیعی روی دو پا باز می گردد. پیش از انجام کوشش بعدی به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه در این حالت می ماند (شکل ۳). تمام کوشش ها در یک جهت قبل از رفتن به جهت دیگر باید تکمیل شود و در یک ترتیب متوالی ساعت گرد یا پادساعت گرد انجام گیرد. آزمودنی با پنجه پا دورترین نقطه ممکن را در هر یک از جهات تعیین شده لمس کرده، فاصله محل تماس تا مرکز، فاصله دستیابی بوده که به سانتی متر اندازه گیری می شود. جهت به دست آوردن اختلاف بین میانگین نمرات تعادل (آزمون Y) در هر جهت به صورت 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 داده های مربوط به هر متغیر با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. به دلیل نرمال بودن توزیع داده ها از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد. سطح معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد پذیرفته و داده ها با استفاده از نرم افزار spss نسخه ۲۶ تجزیه و تحلیل شد.



شکل ۳. روش ارزیابی تعادل پویا

۳. یافته ها

اطلاعات توصیفی هر یک از گروه ها همچون سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی و سابقه ورزشی پیش از انجام آزمون اندازه گیری 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

۲.۲. روش شناسایی افراد مبتلا به والگوس پویای زانو (آزمون تاک جامپ)

آزمون پرش تاک دارای روایی بالایی (اختصاصی بودن ۶۷ درصد و حساسیت ۸۴ درصد) است که به سهولت قابل اجرا است و محققان می توانند جهت شناسایی نقص های موجود در تکنیک و بیومکانیک فرود ورزشکاران از آن استفاده کنند [۱۷]. ابتدا، آزمودنی ها 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 زانوها را تا جایی که امکان دارد بالا می آورد. در بالاترین نقطه ی پرش، ران ها 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، ران هایش موازی زمین قرار نگیرد و پرش هایش در طول ۱۰ ثانیه با وقفه انجام شوند و در حرکت دچار والگوس زانو باشند، به عنوان فرد مبتلا به نقص والگوس پویای زانو در نظر گرفته می شود [۱۲].



شکل ۲. 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 دست ها 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 می کند تا تعادل خود را بدون حرکت دادن پا یا جدا شدن دست ها 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)^۱

جهت شروع آزمون Y، طول واقعی پا یعنی از خار خاره قدامی - فوقانی تا قوزک داخلی پا جهت نرمال کردن داده ها و مقایسه آزمودنی ها

1. Y Balance Test (YBT)

2. Anterior Superior Iliac Spine (ASIS)

تعداد ایستای آزمودنی های گروه با اعمال خستگی داشت اما در گروه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴. تفاوت میانگین تعداد ایستا در آزمودنی ها قبل و بعد از اعمال پروتکل خستگی (ثانیه)

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

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 می دهد. نتایج نشان دهنده نرمال بودن توزیع داده ها بوده است.

فرضیه اول: خستگی بر تعداد ایستا در فوتبالیست های نوجوان با نقص والگوس داینامیک زانو تاثیر معنی داری ندارد. این فرضیه در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت. بخش اول شامل تفاوت های بین گروهی بوده که پس از بررسی همگنی واریانس ها با آزمون تحلیل کوواریانس مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). بخش بعدی شامل تعیین تفاوت های درون گروهی بوده که نتایج آن در جدول ۴ خلاصه شد.

جدول ۱. 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	۶۳/۳۰ ± ۴/۸۴	۰/۲۳
	خستگی	۶۵/۳۳ ± ۴/۷۱	
شاخص توده بدن	کنترل	۲۱/۷۹ ± ۰/۹۱	۰/۳۸
	خستگی	۲۲/۲۲ ± ۱/۶۳	

فرضیه دوم: خستگی بر تعداد پویا در فوتبالیست های نوجوان با نقص والگوس داینامیک زانو تاثیر معنی داری ندارد. پس از بررسی همگنی واریانس ها (جدول ۵)، این فرضیه، با آزمون تحلیل کوواریانس مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶). بخش بعدی شامل تعیین تفاوت های درون گروهی بوده که نتایج آن در جدول ۷ بررسی شد. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون (کوریت)، در میزان نتایج تعداد پویا پس از اعمال خستگی بین دو گروه اختلاف معنی داری وجود دارد ($P \leq 0/05$)، به این صورت که میزان این متغیر در گروه با اعمال خستگی کاهش معنی داری 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 ($P \leq 0/01$) تاثیر معنی داری بر نتایج تعداد پویای آزمودنی های گروه با اعمال خستگی داشت اما در گروه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

جدول ۲. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک

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

جدول ۵. نتایج بررسی همگنی واریانس گروه ها (آزمون لون)

متغیر	p	df ₁	df ₂	F
جهت قدامی	۰/۴۲	۲۸	۱	۰/۶۵
جهت خلفی داخلی	۰/۹۵	۲۸	۱	۰/۰۰۴
جهت خلفی خارجی	۰/۱۲	۲۸	۱	۲/۴۷
نمره کل تعداد پویا	۰/۱۵	۲۸	۱	۲/۱۶

جدول ۳. تحلیل کوواریانس مقایسه تفاوت بین گروهی متغیر تعداد ایستا

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

۴. بحث و نتیجه گیری

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

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون (کوریت)، در میزان نتایج تعداد ایستا پس از اعمال خستگی بین دو گروه اختلاف معنی داری وجود دارد ($P \leq 0/01$)، به این صورت که میزان این متغیر در گروه با اعمال خستگی کاهش معنی داری 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 می دهد که خستگی ($P = 0/001$) تاثیر معنی داری بر نتایج

کنترل وضعیت ایستا و پویا مستلزم یکپارچگی و هماهنگی زیر سیستم های 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 می اندازد و فعال سازی را کاهش می دهد. ترکیبی از این یافته ها نشان می دهد که کنترل وضعیت ایستا و پویا ممکن است بر کاهش کارایی ادغام زیر سیستم های حسی - حرکتی تأثیر منفی بگذارد.

یافته های مشاهده شده در مطالعه فعلی از تحقیقات قبلی پشتیبانی می کند که نشان می دهد ورزش شکاران در هنگام خستگی با آسیب زیاد رو به رو هستند [۵] و نشان می دهد که این امر تا حدی ممکن است ناشی از نقص کنترل پوسچر و حس عمقی باشد [۵، ۱۶]. ورزش هایی مانند فوتبال اغلب به انجام تمرینات با حداکثر شدت نیاز دارند، به طور بالقوه فرد را خسته کرده و متعاقب آن خطر آسیب دیدگی آن ها افزایش می یابد. علاوه بر این، در حال حاضر سطح خستگی مورد نیاز برای ایجاد تغییر در کنترل عصبی عضلانی مشخص نیست [۸].

بر اساس یافته های مطالعه حاضر به نظر می رسد پزشکان و محققان باید پروتکل تعادل ایستا Y را در شرایط خسته و بدون خستگی در نظر بگیرند، زیرا این امر می تواند نقص های کنترل عصبی عضلانی را که ممکن است در هنگام استفاده از پروتکل تعادل ایستا Y فقط در شرایط غیر خستگی 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 آن ها افزایش یابد، به این ترتیب، پزشکان ممکن است از این اطلاعات برای توسعه برنامه های پیشگیری از آسیب که شامل برنامه های آموزشی کنترل عصبی عضلانی در شرایط خستگی است، استفاده کنند. با این حال، تحقیقات بیشتری لازم است تا مشخص شود آیا چنین روش هایی می توانند 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 می رسد 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 می دارند که هیچ گونه تضاد منافی وجود ندارد.

منابع

[1] Agel, J., Arendt, E.A. Bershady, 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.

می شود که در محل اتصال عصبی - عضلانی رخ می دهد. خستگی مرکزی به فرایندهای متمرکزتر اشاره دارد و می تواند به عنوان یک شکست پیشرونده ناشی از فعال سازی داوطلبانه عضله تعریف شود [۸]. می توان تصور کرد که اثرات فیزیولوژیکی ترکیبی خستگی مرکزی و محیطی می تواند 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 نوروهای حرکتی تحتانی در سطح نخاعی بوده که افزایش خستگی محیطی ناشی از مکانیسم های خستگی مرکزی ممکن است تأثیر منفی بر تحریک حرکتی قشر مغز داشته و در نتیجه باعث مهار نوروهای حرکتی تحتانی سطح ستون فقرات شود [۸]. جنبه های خارجی که ممکن است فرمان های نزولی را مهار کنند، شامل تغییر در آزاد سازی کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی، افزایش غلظت فسفات معدنی و آدنوزین دی فسفات است. ترکیب مکانیسم های 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 ورودی های حسی - حرکتی اوران از دوک عضلانی شود که منجر به تغییراتی در کنترل عصبی - عضلانی و در نهایت کنترل وضعیتی ایستا و پویا می شود [۵].

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

متغیر	گروه	میانگین \bar{y}	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	تجربی				کنترل			
	P	t	post	pre	P	t	post	pre
قدامی	۰/۰۰۱	۴/۹۲	۸/۳۵	۹/۵۷	۰/۰۸	۱/۸۶	۸/۸۷	۸/۷۰
			± ۸/۴۰	± ۹/۵۵			± ۹/۲۷	± ۹/۰۴
خلفی داخلی	۰/۰۰۱	۷/۹۹	۴/۳۰	۳/۱۹	۰/۱۵	۱/۴۹	۷/۱۹	۶/۱۶
			± ۸/۵۱	± ۸/۸۲			± ۸/۸۳	± ۸/۸۵
خلفی خارجی	۰/۰۰۲	۳/۶۷	۷/۷۹	۶/۲۴	۰/۶۹	-۰/۳۹	۳/۹۰	۵/۳۰
			± ۷/۴۱	± ۷/۹۸			± ۷/۹۳	± ۷/۵۹
نمره کل	۰/۰۰۱	۱/۳۶	۴/۳۹	۴/۳۳	۰/۱۶	۱/۴۶	۴/۲۶	۴/۳۶
			± ۷/۱۱	± ۸/۷۸			± ۸/۸۲	± ۸/۸۲

- [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., Bambaiechi, 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.
- [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 Brasileira 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.