Studies of Body Posture and Sports Injuries

Effect of Auditory External Intervention on Support Leg Biomechanics

Amir Letafatkar [*1], Flora Farvardin[2]

1. Assistant Professor of Sport injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

2. PhD Candidate of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: This study aimed to investigate the effect of the auditory external intervention on support leg movement patterns and shooting skills of elite futsal players.

Materials and Methods: 21 elite male futsal players aged 21.8 ± 2.6 years based on inclusion criteria were selected. Selected lower limb kinematics and shooting skills were evaluated with and without auditory external intervention conditions. The lower limb kinematic, ball velocity, and the ball entered position to the goal, recorded by a three-dimensional motion analysis. To compare the participant's performance between baseline and auditory external intervention, we used the measure repeated method for data analysis.

Findings: The results showed that there was a significant difference between baseline position and auditory external intervention at the initial contact of hip and knee angles and Peak knee abduction moments ($p<.001$).

Conclusion: In general, it seems that providing a cognitive load during a shooting task, could significantly change the biomechanics of the support leg that may predispose participants to injury conditions.

Keywords: auditory external intervention, support leg movement pattern, shooting skill, futsal.

*Corresponding Author; E-mail: letafatkaramir@yahoo.com

DOI: 10.48308/jposture.1.1.9

Submit date : 2022/5/31 Accept date : 2022/8/15

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تأثیر مداخلهٔ شنیداری بر بیومکانیک پای تکیه‌گاه و مهارت ورزشکاران نخبهٔ فوتسال در حرکت شوت

امیر لطافت کار[۱]، فلورا فروردین[۲]

۱. دانشیار گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر مداخلهٔ شنیداری بر بیومکانیک پای تکیه‌گاه و مهارت فرد در شوت ورزشکاران نخبه فوتسال است. مواد و روش‌ها: ۲۱ فوتسالیست نخبهٔ مرد در سطح تیم ملی با میانگین ۲/۶ ± ۲۱/۸ سال بر اساس معیارهای ورود انتخاب شدند. کینماتیک منتخب اندام تحتانی و مهارت افراد در شوت‌زدن تحت شرایط با مداخلهٔ شنیداری و بدون آن ارزیابی شدند. در شرایط با مداخلهٔ شنیداری افراد باید در حین دویدن برای عمل شوت‌کردن، عدد اعلامی از طرف آزمونگر را به‌صورت سه در میان به عقب بشمارند. پارامترهای کینماتیکی اندام تختانی پای تکیه‌گاه افراد و سرعت توپ و محل ورود توپ به دروازه با یک دستگاه آنالیز سه‌بعدی حرکت ضبط شد. به‌منظور مقایسهٔ عملکرد افراد بین وضعیت پایه و با مداخلهٔ شنیداری از روش آماری اندازه‌گیری مکرر استفاده شده است. یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین وضعیت پایه و مداخلهٔ شنیداری بیرونی، در لحظهٔ برخورد پا با زمین در زاویه‌های ران و زانو و حداکثر ابداکشن زانو، اختلاف معناداری وجود داشت ($p<0,001$). نتیجه‌گیری: به‌طور کلی به نظر می‌رسد که افزایش بار شناختی همراه با ضربهٔ شوت، بیومکانیک پای تکیه‌گاه را دچار تغییراتی می‌کند که این عمل می‌تواند بستری برای ایجاد آسیب باشد.

واژگان کلیدی: مداخلهٔ شنیداری، الگوی حرکتی پای تکیه‌گاه، عملکرد شوت، فوتسال.

مقدمه

آسیب‌های رباط صلیبی قدامی (ACL) در ورزش‌های دارای مانورهایی مثل فرود مکرر بر روی یک پا، حرکات برشی و چرخشی و کاهش ناگهانی سرعت مانند فوتسال و فوتبال، معمول است (۱). بیشتر این آسیب‌ها در پای غالب رخ می‌دهد و می‌تواند در نتیجهٔ تکرار نیروهای ناشی از پرش و فرودها باشد، که گاه تا ده برابر وزن بدن هستند (۲). ازآنجاکه در گذشته در زمینهٔ عوامل تأثیرگذار بر آسیب‌های ACL عموماً تمرکز بر پارامترهای آناتومیکی، بیومکانیکی و هورمونی بوده است، لزوم درک هرچه بیشتر نقش بالقوهٔ پارامترهای شناختی در تحقیقات اخیر مورد توجه قرار گرفته است (۳).

در مطالعات قبلی برای تشخیص الگوی حرکتی خطرزا از روش‌های مختلفی استفاده شده است که بر اساس یافته‌های این مطالعات، به نظر می‌رسد که در نتیجهٔ فرود با فلکشن محدود ران و زانو، افزایش نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و والگوس بیش از حد زانو به‌وجود می‌آید که این عوامل می‌توانند به کشش بیش از حد در ACL منجر شوند و ورزشکاران را در معرض خطر آسیب قرار دهند (۴-۷). بر اساس مطالعات قبلی یکی از موقعیت‌های مهم در لحظهٔ وقوع آسیب، لحظهٔ شوت‌کردن است (۱). از سویی، با توجه به اینکه پای تکیه‌گاه در هنگام شوت‌کردن نقش حمایتی دارد، بررسی عواملی که در الگوی حرکتی فرد به‌عنوان پارامترهای اثرگذار بر آسیب ACL در حین شوت‌زدن وجود دارند، حائز اهمیت است. به‌کارگیری دانش یادگیری حرکتی می‌تواند به تغییرات نسبتاً پایدار در قابلیت‌های فرد برای اجرای مهارت حرکتی منجر شود (۲).

ازآنجاکه شوت‌کردن یکی از اساسی‌ترین فعالیت‌های فوتبال و فوتسال است، مکانیزم شوت بیشتر با تمرکز بر کینماتیک اندام ضربه‌زننده در رابطه با عملکرد فرد، بررسی شده است (۸، ۹). در همین راستا مطالعات اندکی در زمینهٔ احتمال بروز آسیب انجام شده است.

آدرس نویسنده مسئول: امیر لطافت کار، دانشیار گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

ایمیل: letafatkaramir@yahoo.com

هرچند ازآنجاکه تجزیه و تحلیل‌های ویدئویی نشان می‌دهند آسیب‌دیدگی فوتبالیست‌ها اغلب در حین اجرای یک ضربهٔ شوت است، عدم بررسی این موضوع برای محقق نیز قابل توجه است (۱، ۱۰، ۱۱). با توجه به این مهم که اجرای یک مانور با نتیجهٔ عملکردی تأثیرگذار بر روند بازی، نیاز به تنظیم بدن و هماهنگی آن با تکنیک فرد دارد و این مسئله خود می‌تواند بازیکن و به‌خصوص اندام تحتانی فرد را در موقعیت‌های خطرناک قرار دهد (۱۲). مکانیزم اندام تکیه‌گاه در هنگام شوت‌کردن به دلیل نقش حمایتی و کاهش وزن بدن، با خطر آسیب‌دیدگی زانو در حین ضربه به توپ مرتبط است و احتمالاً این اندام را نسبت به اندام ضربه‌زننده بیشتر مستعد آسیب می‌کند (۱۳). متغیرهای کینماتیکی خطرزای فرد هنگام کاهش سرعت برای زدن یک ضربهٔ شوت همانند وضعیت فرود یک پا می‌توانند فرد را در معرض آسیب‌دیدگی قرار دهند (۱۴،۱۵). از سویی با توجه به تکرار شوت‌زدن در ورزشی مثل فوتسال، کینماتیک حرکتی فرد و کینتیک ناشی از آن می‌تواند باعث اعمال بارهای فشاری تکراری بر سطوح مفصلی فرد شود و فرد را مستعد آسیب‌دیدگی کند (۱۳).

از طرفی در فوتسال هدف اصلی، پیروزی با به ثمر رساندن گل‌های بیشتر است. ازاین‌رو شناسایی جنبه‌های مهم تأثیرگذار بر عملکرد فرد در مهارتی مثل شوت‌کردن با توجه به سرعت ارسال توپ و محل ورود آن به دروازه به‌عنوان عامل‌های عملکردی تأثیرگذار بر روند بازی حائز اهمیت است (۱۶).

ورزش‌هایی مانند فوتسال و فوتبال بار تمرکزی زیادی را به ورزشکاران تحمیل می‌کنند. به‌طور مثال، هنگامی که یک ورزشکار در حال آماده‌شدن برای زدن یک ضربه است، باید به موقعیت‌ها و حرکات دیگر بازیکنان در زمین توجه کند و قوانین و شرایط بازی را نیز بررسی کند که این موضوع، توانایی فرد را برای توجه کامل به حرکت خود محدود می‌کند. عموماً در تحقیقات گذشته‌ای که دربارهٔ بیومکانیک حرکت فرد حین شوت‌زدن صورت گرفته، این شرایط در نظر گرفته نشده است (۹، ۱۷). کانون توجه یکی از موضوعات مهم در بحث یادگیری حرکتی است و عبارت است از تمرکز ذهن بر یک چیز از بین چند چیز (۲). مطالعاتی که اثرات مداخلات ثانویهٔ مرتبط با ورزش را بررسی کرده‌اند، نشان دادند در شرایطی که فرد مجبور به تقسیم توجه خود است فلکشن ران و زانوی کمتری را انجام می‌دهد و در نتیجه نیروی عکس‌العمل زمین بیشتری را به زانو وارد می‌کند (۱۴، ۱۸). ازآنجاکه موقعیت قرارگیری پای تکیه‌گاه به اندازهٔ پای ضربه در شدت، دقت و موقعیت ورود توپ به دروازه دارای اهمیت است (۱۹)، در صورت تأثیر منفی مداخلات تقسیم توجه فرد می‌تواند علاوه بر اینکه فرد را در معرض آسیب قرار دهد، عملکرد فرد را نیز مختل کند و بر نتایج بازی تأثیرگذار باشد. نتایج مطالعات قبلی بررسی تأثیر بار شناختی بر عملکرد سایر فعالیت‌های مرتبط با ورزش (به‌طور مثال پرش/ فرود) نسبت به آزمایش‌های تحت شرایط کنترل‌شده‌تر آزمایشگاهی نشان می‌دهد که، افزایش بار شناختی بیومکانیک فرد را به‌گونه‌ای تغییر می‌دهد که احتمال خطر آسیب ACL افزایش می‌یابد (۲۰، ۲۱). در نتیجه، این مطالعات آزمایشگاهی ممکن است بیومکانیک ضربات انجام‌شده در حین بازی را منعکس نکنند. بر اساس فرضیهٔ عمل محدودشده، وقتی دستورالعمل، توجه فرد را به یک کانون توجه بیرونی جلب کند (اثر حرکت در محیط) فرایند کنترل خودکار تسهیل می‌شود و الگوی حرکتی فرد خودسازمان‌دهی بهتری نشان می‌دهد و به اجرای مؤثرتری منجر می‌شود (۲).بااین‌حال، اطلاعات کامل در مورد اثرات افزایش بار شناختی بر بیومکانیک شوت‌کردن در دسترس نیست. در همین راستا، در ضربات شوت مخصوصاً به‌صورت پنالتی، دستورات مربی به سبب بالابردن احتمال گل‌شدن توپ و تأثیر مداخلات شنیداری و بینایی محیطی که در حین بازی واقعی برای بازیکنان اتفاق می‌افتد با شرایط آزمایشگاهی متفاوت است و می‌تواند بر عملکرد مهارتی فرد و تکنیک وی تأثیرگذار باشد (۱۶، ۲۲). به‌طور کلی به نظر می‌رسد، الزام ورزشکاران به انجام یک کار ثانویه (شناختی یا مرتبط با ورزش) می‌تواند بر توانایی افراد برای کنترل حرکات تأثیر منفی گذارد (۱۳). این موضوع می‌تواند توضیح دهد چرا شیوع آسیب‌های زانو در ورزش‌هایی مانند فوتسال، که در آن ورزشکار نیاز به تقسیم توجه در حین انجام حرکات معمولی دارد، در مقایسه با فعالیت‌هایی مانند رقص که فرد تمام توجه خود را بر اجرای تکنیک می‌گذارد، بیشتر است. ازاین‌رو، لزوم بررسی تمرینات با مداخلاتی که کانون توجه فرد را به سمت محیط اطراف تغییر می‌دهد حائز اهمیت است.

در همین راستا، مربیان با به‌کارگیری استراتژی‌های بازخوردی در تمرینات خود سعی در جهت بخشیدن به کانون توجه ورزشکاران دارند. آموزش یک مهارت با تمرکز بیرونی به تسهیل فرایندهای کنترل خودکار منجر می‌شود و عملکرد فرد توسط فرایندهای کنترل هوشیارانه محدود نمی‌شود و نیاز فرد به درگیری مراکز مهم‌تر عصبی کاهش می‌یابد و فرد می‌تواند به دیگر عوامل بازی توجه کند (به‌طور مثال ورزشکاران دیگر، شرایط زمین بازی، و یا وضعیت توپ) (۲۳). در نتیجه، بررسی اثرات بار توجه بر الگوی شوت‌کردن فرد، می‌تواند بینشی را در مورد میزان تأثیر عوامل شناختی بر احتمال آسیب ACL و مهارت فرد در شوت‌های منجر به گل در حین رقابت ایجاد کند و به‌طور بالقوه توسعهٔ پروتکل‌های بررسی آزمایشگاهی معتبر و غربالگری خطر آسیب را فراهم کند.

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مداخلهٔ شنیداری بر الگوی حرکتی پای تکیه‌گاه و مهارت ورزشکاران نخبه فرد در حرکت شوت فوتسال بود. به‌عنوان بخشی از این مطالعه، با الزام ورزشکاران به تقسیم توجه خود بین کار شوت‌کردن (وظیفهٔ اصلی) و یک وظیفهٔ شناختی ثانویه (الگوی وظیفهٔ دوگانه)، بار شناختی را افزایش دادیم. ما فرض کردیم که افزایش بار شناختی، الگوی حرکتی اندام و شدت و دقت ارسال توپ را در مقایسه با شرایط آزمایش معمولی که در آن ورزشکاران می‌توانند به‌طور کامل توجه خود را به شوت‌کردن توپ ثابت معطوف کند، تغییر می‌دهد.

روش شناسی

برای این تحقیق ۲۱ فوتسالیست نخبهٔ مرد در سطح تیم ملی، با میانگین سن، قد، وزن و سابقهٔ فعالیت بدنی، به‌ترتیب ۲۱/۸±۲/۶ سال، ۱/۷±۰/۰۴ متر، ۶۹/۰±۷/۵ کیلوگرم و ۳/۰۵±۰/۵ سال، در نظر گرفته شد. شرکت‌کنندگان در جلسهٔ توجیهی، فرم رضایت‌نامهٔ کتبی شرکت در تحقیق و پرسشنامهٔ فردی را تکمیل کردند. شرایط اصلی خروج از این تحقیق، وجود هرگونه سابقهٔ جراحی، بیماری‌های عصبی عضلانی، آسیب‌های مزمن اندام تحتانی یا آسیب حاد برای شرکت‌کنندگان، در طی شش ماه قبل از تحقیق بود.

قبل از شروع کار تحقیقی از ورزشکاران خواسته شد تا فرم رضایت‌نامهٔ آگاهانه را مطابق با آخرین بازبینی بیانیهٔ هلسینکی ۲۰۱۳ تکمیل کنند. در روند تحقیق به‌طور کامل برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد. آزمودنی‌ها در هر مرحله از تحقیق می‌توانستند به هر دلیلی از ادامهٔ تحقیق انصراف دهند. به‌منظور حفاظت از حریم خصوصی اصل رازداری در حفظ داده‌های جمع‌آوری‌شده، به‌خصوص در رابطه با متغیرهای شخصی رعایت شد. این تحقیق را کمیتهٔ اخلاق در پژوهش‌های لیست پزشکی در کمیتهٔ اخلاق پژوهشگاه علوم ورزشی با شناسهٔ کد اخلاق IR/SSRI.REC.2021.10757.1091 تأیید کرده است.

پس از توضیح کامل تست برای افراد، ویژگی‌های فردی آنان مانند سن، قد و وزن، اندازه‌گیری و ثبت شد و سپس افراد برای اجرای تست آماده شدند. روند آماده‌سازی شامل چسباندن مارکرها بر بخش‌های ستیغ خاصره، خار خاصره قدامی و خلفی، برجستگی بزرگ ران، اپی‌کندل داخلی و خارجی ران، قوزک داخلی و خارجی، سر متاتارس‌های اول و پنجم و پشت پاشنه از روی کفش، سه مارکر بر روی توپ و یک مارکر در مرکز دروازه بود. در ابتدا افراد یک کالیبراسیون استاتیک را انجام دادند. در روند تست‌گیری از کفش‌هایی بهره گرفته شد که حداقل در شش ماه گذشته شرکت‌کنندگان از آن‌ها استفاده کرده باشند.

داده‌های کینماتیکی را یک دستگاه تجزیه‌وتحلیل سه‌بعدی (Qualisys AB; Goteborg, Sweden)، دارای هشت دوربین برای ثبت زاویه‌های ران، زانو و مچ پا و لحظهٔ برخورد توپ با دروازه، با سرعت ۲۵۰ هرتز ضبط می‌کرد. برای ثبت داده‌های کینتیکی، از یک دستگاه صفحه نیرو (Kistler Group; Winterhur, Switzerland)، با سرعت ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. لحظهٔ برخورد پای تکیه‌گاه با زمین بر اساس نیروی وارد بر صفحهٔ نیرو (میزان نیرو معادل وزن فرد) که با دستگاه تجزیه‌وتحلیل سه‌بعدی هماهنگ شده بود، سنجیده می‌شد. همچنین نرم‌افزار ویژوال سه‌بعدی (Visual 3D, C-Mo-tion, Inc., Rockville, MD, USA) برای تحلیل داده‌های کینماتیکی استفاده شد. دروازهٔ استاندارد فوتسال (سه متر طول * دو متر ارتفاع) به شکل یک جدول سه‌درسه، تقسیم‌بندی و بر اساس مقالات گذشته امتیازگذاری شد (شکل ۱) (۱۶).

بعد از کالیبراسیون استاتیک، افراد حاضر یک تمرین گرم‌کردن پایه را انجام دادند، که شامل تمرینات پرشی-

جهشی بود (۱۸) و سپس ضربهٔ شوت فوتسال را در دو وضعیت پایه و با مداخلهٔ شنیداری خارجی انجام دادند (شکل ۲). برای هر دو وضعیت، توپ فوتسال جلوی صفحه نیرو و با فاصلهٔ شش‌متری از دروازه، در نقطهٔ پنالتی قرار گرفت. ورزشکاران باید به شکل یک نیم‌دایره حول آزمایشگاه می‌دویدند و سپس از فاصلهٔ ده متری به سمت توپ رفته، توپ را به سمت دروازه شوت می‌کردند. وضعیت پایه بدون بازخورد و در وضعیت مداخلهٔ شنیداری خارجی، یک عدد تصادفی بین ۸۰ تا ۱۵۰ توسط مربی اعلام می‌شد و فرد می‌بایست در حین دویدن به‌صورت سه‌درمیان به عقب شمارش می‌کرد (۲۲). شمارش سه‌درمیان معکوس، به‌عنوان پرتکرارترین مداخلهٔ شنیداری خارجی، برای بررسی تأثیر توجه بر الگوی حرکتی ورزشکاران شناخته می‌شود (۱۵، ۲۲).

در هر دو وضعیت، پای غالب (پایی که برای ضربهٔ شوت استفاده نمی‌شود) باید بر روی صفحه نیرو قرار می‌گرفت. شرکت‌کنندگان باید سه تلاش موفق را برای جمع‌آوری داده‌ها انجام می‌دادند. منظور از تلاش موفق، برخورد پای تکیه‌گاه با نیروسنج و انجام ضربهٔ شوت بود. اجرای وضعیت‌ها به‌صورت تصادفی بود.

متغیرهای وابسته در این تحقیق شامل موارد زیر بودند: زاویای لحظه برخورد پای تکیه‌گاه با زمین برای ران و زانو، حداکثر نیروی عکس‌العمل زمین، حداکثر ابداکشن زانوی پای تکیه‌گاه، در لحظهٔ برخورد اولیه پای تکیه‌گاه با زمین و همچنین موقعیت برخورد توپ با تور و سرعت توپ (۱۶، ۲۴).

نرم‌افزار SPSS (IBM Corp., Armonk, New York, United States)، نسخهٔ ۲۰، برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. نتایج آزمون شاپیرو ویلک، توزیع نرمال داده‌ها را نشان داد و به همین منظور از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. برای مقایسهٔ بین گروه‌ها از روش اندازه گیری مکرر برای دو وضعیت استفاده شده است. اختلاف معناداری در سطح آلفای کمتر از ۰/۰۵ تعیین شد.

جدول ۱. نتایج آزمون شاپیروویلک

	Shapiro-Wilk			Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	.Sig	Statistic	df	.Sig
زاویهٔ لحظهٔ برخورد هیپ	/۸۸۷	۴۲	/۹۸۶	/۲۰۰*	۴۲	/۰۶۵
زاویهٔ لحظهٔ برخورد زانو	/۴۹۸	۴۲	/۹۷۶	/۲۰۰*	۴۲	/۰۸۹
حداکثر نیروی عکس‌العمل زمین (BW)	/۱۱۹	۴۲	/۹۵۷	/۲۰۰*	۴۲	/۱۱۱
حداکثر زاویه ابداکشن زانو (Nm/kg)	/۲۸۸	۴۲	/۹۶۸	/۲۰۰*	۴۲	/۰۹۶
سرعت توپ (m/s)	/۲۴۳	۴۲	/۹۹۶	/۲۰۰*	۴۲	/۱۰۹
امتیاز	/۲۳۴	۴۲	/۹۶	/۲۰۰*	۴۲	/۱۰۹

یافته‌ها

با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که بین وضعیت پایه و مداخلهٔ شنیداری بیرونی، در لحظهٔ برخورد در زاویه‌های هیپ و زانو و حداکثر ابداکشن زانو، اختلاف معناداری وجود دارد (در سطح p < .۰۰۱). ورزشکاران در هنگام انجام تست با مداخلهٔ شنیداری، به‌صورت معناداری فلکشن هیپ کمتری را نسبت به گروه پایه نشان دادند (p < .۰۰۱; ES = ۰,۹۷). آن‌ها فلکشن کمتر زانو را نیز در گروه با مداخلهٔ شنیداری بروز دادند (p = .۰۰۵; ES = ۱,۰۲). ابداکشن لحظه‌ای زانو نیز در گروه مداخلهٔ شنیداری به‌صورت معناداری بیشتر از گروه پایه بود (p = .۰۱۵; ES = ۰,۶۵).همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های دو گروه والیبال سالنی و گروه والیبال ساحلی گزارش همگن بودند.

جدول۲. متغیرهای وابستهٔ وضعیت پایه و وضعیت همراه با مداخلهٔ شنیداری خارجی.

	p-value	مداخله شنیداری	پایه
کینماتیک			
زاویهٔ لحظهٔ برخورد هیپ	۵۵/۲۶ ± ۸/۰۹	۴۷/۳۸ ± ۸/۲۲*	p<۰۰۱
زاویهٔ لحظهٔ برخورد زانو	۳۵/۵۰ ± ۶/۸۸	۲۹/۷۳ ± ۴/۴۴*	p=۰۰۵
کینتیک			
حداکثر نیروی عکس‌العمل زمین (BW)	۲/۳۲ ± ۰/۳۵	۲/۳۸ ± ۰/۴۱	p=/۳۱۷
حداکثر زاویهٔ ابداکشن زانو (Nm/kg)	۰/۹۳ ± ۰/۲۸	۱/۱۱ ± ۰/۲۷*	p=/۰۳۳
سرعت توپ (m/s)	۲۲/۹۹ ± ۵/۶۱	۲۳/۵۵ ± ۲/۹۸	p=۰/۵۹
امتیاز	۳/۳۸ ± ۱/۴۳	۲/۳۳ ± ۱/۸۳	p=۰/۵۳

*به معناداربودن اختلاف اشاره دارد (p<۰۵)

بحث

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر مداخلهٔ شنیداری بر الگوی حرکتی پای تکیه‌گاه و مهارت فرد در شوت ورزشکاران نخبهٔ فوتسال بود. به‌عنوان بخشی از این مطالعه، با الزام ورزشکاران به تقسیم توجه خود بین عمل شوت‌کردن (وظیفهٔ اصلی) و یک وظیفهٔ شناختی ثانویه (مداخلهٔ شنیداری خارجی)، بار شناختی مطالعه را افزایش دادیم. ورزشکاران فلکشن کمتر ران و زانو را در لحظهٔ برخورد اولیهٔ پای تکیه‌گاه با زمین نشان دادند که با افزایش والگوس زانو در وضعیت مداخلهٔ شنیداری، همراه بود. به طور کلی به نظر می‌رسد که افزایش بار شناختی همراه با ضربهٔ شوت، بیومکانیک پای تکیه‌گاه را دچار تغییراتی می‌کند که این عمل می‌تواند بستری برای آسیب اندام تحتانی باشد. یافته‌های حاصل از این تحقیق می‌تواند از این منظر به رشد ادبیات تحقیق کمک کند، زیرا نشان می‌دهد که مطالبات شناختی مرتبط با ورزش‌هایی مانند فوتسال، می‌تواند به دلیل تغییر الگوی حرکتی فرد، ارتباط بالایی با آسیب‌های زانو ورزشکاران در این نوع ورزش‌ها داشته باشد. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که پروتکل‌های تست‌گیری آزمایشگاهی، ممکن است به اندازهٔ کافی مطالبات شناختی ورزش‌هایی مانند فوتسال را مورد سنجش قرار ندهند.

ازآنجاکه ظرفیت توجه افراد محدود است (۲۵، ۲۶)، در نتیجه زمانی که فرد بخواهد دو عمل را به‌صورت هم‌زمان انجام دهد، اگر نیازهای تمرکز بر هر دو کار، از ظرفیت توجه فرد خارج شود، هنگامی که افراد باید تمرکز خود را برای انجام کار ثانویه اختصاص دهند، عملکرد اصلی کار پایه‌ای‌تر با کاهش روبه‌رو می‌شود. از سوی دیگر توجه هوشیارانه بر حرکات بدن، کنترل حرکتی را که از ویژگی‌های عملکرد ماهرانه است از بین می‌برد و به اجرای ضعیف‌تر در مهارت‌های حرکتی منجر می‌شود (۲۷). هرچند نتایج ما تفاوت معناداری را در سرعت توپ نشان نداد، اما با توجه به امتیازی که افراد کسب کردند، مشخص شد که تعداد ضربات با امتیاز بالاتر که در حالت پایه و با تمام توجه فرد انجام می‌شود، به‌طور قابل توجهی نسبت به وضعیت همراه با مداخلهٔ شنیداری، بیشتر است. تحقیقات قبلی حاکی از آن است که فوتسالیست‌ها سرعت توپ را در اولویت قرار می‌دهند، علاوه بر آن برای انجام یک ضربه قوی باید دقت خود را در هنگام نزدیک‌شدن به توپ بالا ببرند (۲۸). ترکیب این پارامترها نیاز به برنامه‌ریزی قبلی دارد و چنانچه کنترل حرکتی فرد به‌صورت هوشیارانه باشد، با وجود مداخلات موجود در حین بازی، عملکرد فرد کاهش یافته، احتمال آسیب‌دیدگی فرد نیز افزایش می‌یابد (۲۷). با توجه به تحقیقات قبلی، توپ‌هایی که به بخش پنجِ جدول دروازه در این تحقیق برخورد می‌کنند، دروازبان‌ها به‌سختی آن‌ها را می‌گیرند و توپ‌هایی که به مرکز جدول برخورد می‌کنند، احتمال دریافت بیشتری دارند(۱۲) . ازاین‌رو افراد در وضعیت پایه، شوت‌های با ریسک بیشتر، اما با امتیاز بالاتری انجام دادند (نسبت به زمانی که توجه آن‌ها با یک مداخلهٔ بیرونی درگیر نشده بود). در همین راستا، استفنسون و همکاران مشاهده کردند افزایش بار شناختی با اعمال

محدودیت زمانی برای انجام یک مهارت پایه می‌تواند تأثیر منفی در توانایی کنترل حرکت بدن برای فرد داشته باشد (۲۹). اعتقاد بر این است که عدم حضور مداخلات محیطی به فرد اجازه می‌دهد برنامه‌ریزی قبلی برای انجام مانور مهارتی خود داشته باشد، درصورتی‌که در حین بازی واقعی این امکان برای فرد وجود ندارد و فرد باید با توجه به شرایط محیطی و مداخلات بینایی و شنیداری مهارت عملکردی خود را به بهترین نحو ارائه دهد. ازاین‌رو بررسی‌های گذشته که در محیط‌های ازمایشگاهی انجام شده است نمی‌تواند معیار معتبری برای ارزیابی الگوی حرکتی فرد و حتی عملکرد وی باشد.

در تحقیقات قبلی که بر پایهٔ بیومکانیک شوت‌زدن انجام گرفته است، عموماً به ورزشکاران اجازه می‌دادند تا تمام توجه خود را فقط به اجرای ضربهٔ شوت اختصاص دهند (۸، ۹، ۱۶، ۱۷)؛ درصورتی‌که در حین بازی فوتسال، ورزشکاران نمی‌توانند تمام توجه خود را بر عمل شوت‌کردن متمرکز کنند. به‌طور مثال باید به موقعیت بازیکنان تیم حریف، هم‌تیمی‌ها و موقعیت و شرایط بازی نیز توجه داشته باشند (۱۴، ۲۱). نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که، وادارکردن ورزشکاران به اختصاص توجه به سمت یک کار شناختی ثانویه، بر الگوی حرکتی فرد هنگام شوت‌زدن تأثیر می‌گذارد و ممکن است خطر آسیب را افزایش دهد. این یافته‌ها با مطالعات قبلی، که تأثیرات تقسیم توجه بر بیومکانیک دیگر مانورهای مربوط به ورزش، مانند حرکات برشی و فرود را بررسی کرده‌اند، مطابقت دارند (۱۴، ۳۱)؛ در نتیجهٔ این تحقیقات مشخص شد که الزام ورزشکاران به تقسیم توجه، باعث ایجاد الگوی حرکتی می‌شود، که احتمالاً خطر آسیب ACL را افزایش می‌دهد (۱۰، ۱۱، ۱۸، ۱۹). در نتیجه، استفاده از استراتژی‌های تمرکز بیرونی می‌تواند در اکتساب و انتقال مهارت‌های حرکتی مرتبط با فعالیت ورزشی مؤثر باشد. در همین راستا، مطالعات گذشته نشان می‌دهند تمرکز خارجی توجه می‌تواند یادگیری را با تسهیل در خودکار ساختن حرکات سرعت ببخشد و الگوی حرکتی مؤثر را افزایش دهد و تقویت کند (۲۳).

مطالعات قبلی اغلب تأثیرات مربوط به کارهای مرتبط با ورزش مربوطه را بررسی کرده‌اند، بااین‌حال دای و همکاران (۱۵)، میزان تأثیر شمارش معکوس بر بیومکانیک اندام تحتانی را در فرودهایی که با شمارش معکوس همراه بود، بررسی کردند. در این مطالعه مشاهده شد که ورزشکاران در لحظهٔ برخورد اولیه فلکشن کمتر زانو و نیروی عکس‌العمل خلفی و عمودی زمین بیشتری در مقایسه با فرودهایی داشتند که می‌توانستند به‌طور کامل به حرکت خود توجه کنند. به نظر می‌رسد که این یافته‌ها با نتایج تحقیق ما سازگارند. همچنین، آلمونرودر و همکاران (۱۴)، به این نتیجه دست یافتند که وقتی ورزشکاران مجبور باشند تا بلافاصله بعد از فرود، توپی را پاس بدهند، با فلکشن کمتر و والگوس بیشتر زانو فرود می‌آیند. این نتیجه در مقایسه با زمانی بود که آن‌ها باید تمام توجه خود را بر فرودآمدن متمرکز می‌کردند. زمانی که افراد به‌صورت هوشیارانه بر بدن خود توجه می‌کنند، به‌صورت آگاهانه بر فرایندهای تنظیم‌کنندهٔ حرکات بدن مداخله می‌کنند؛ این عمل در محیط‌های تمرینی یا آزمایشگاهی قابل اجراست، اما در حین مسابقات اصلی افراد نمی‌توانند تمام توجه و تمرکز خود را بر عوامل درونی و فردی معطوف کنند، لذا کنترل خودکار بدن نیاز به تمرین و ارتقا دارد تا افراد در موقعیت‌های مختلف بتوانند در حین فرایندهای ناآگاهانه کنترل حرکات خود را داشته باشند و در حین عملکرد مناسب احتمال آسیب‌دیدگی فرد نیز کاهش یابد (۲). مطالعاتی که اغلب در زمینهٔ توجه‌های مرتبط با ورزش کار کرده‌اند، نشان داده‌اند که وقتی ورزشکاران مجبور به تقسیم توجه خود بر چند کار هستند، بیشتر در معرض الگوی حرکتی خطرزا قرار می‌گیرند (۱۰، ۱۱، ۱۹). در نتیجه، چندان دور از ذهن نیست که در ورزشی مانند فوتسال، که ورزشکار نیاز دارد تا حرکات خود را بدون توجه کامل به هر مانور انجام دهد، احتمال بروز آسیب‌هایی مانند ACL بیشتر شود.

بر اساس یافته‌های ما، این تحقیق اولین مطالعه در زمینهٔ تأثیر بار شناختی بر الگوی حرکتی پای تکیه‌گاه و عملکرد فرد در حین انجام یک ضربهٔ شوت است. باوجوداین، این مطالعه می‌تواند به رشد ادبیات پیشین در این زمینه کمک کند. این پژوهش نشان می‌دهد که ورزشکاران باید در حین انجام تمرینات مرتبط با ورزش، برای اختصاص توجه خود به کارهایی غیر از تمرینات اصلی مرتبط با عملکرد (به‌طور مثال شمارش معکوس)، تمرین کنند.

اگرچه ما اعتقاد داریم که این مطالعه، کمک شایان توجهی به مجموعهٔ مهم ادبیات می‌کند، اما باید پذیرفت که محدودیت‌هایی نیز وجود داشته

است. اولین نمونهٔ این محدودیت‌ها این است که این پژوهش فقط ورزشکاران فوتسال با جنسیت مرد را شامل شده است و در نتیجه ما نمی‌توانیم یافته‌های خود را به ورزشکارانی با جنسیت زن نیز تعمیم دهیم. علاوه‌براین، درحالی‌که ما سعی در تکرار برخی از حرکات مرتبط با فوتسال در این مطالعه داشتیم، هنوز شرایط بهتری هم وجود دارد که می‌تواند برای تأثیرگذاری بیشتر بر الگوی حرکتی شوت‌زدن (مانند گنجاندن دروازه‌بان و یا تصمیم‌گیری در مورد هدف شوت‌کردن)، مورد توجه قرار بگیرد. همچنین وظیفهٔ شناختی ثانویه، که به‌عنوان بخشی از شرایط وظیفهٔ دوگانهٔ ما در نظر گرفته شده است (شمارش معکوس)، برای فوتسال مهم نبود. اگرچه هنگام بررسی تأثیر تقسیم توجه در مانورهای ورزشی، شمارش معکوس اغلب به‌عنوان یک کار شناختی ثانویه استفاده می‌شود، اما ممکن است در مطالعات آینده، انواع وظایف شناختی که ارتباط بیشتری با ورزش فوتسال دارند، در نظر گرفته شوند.

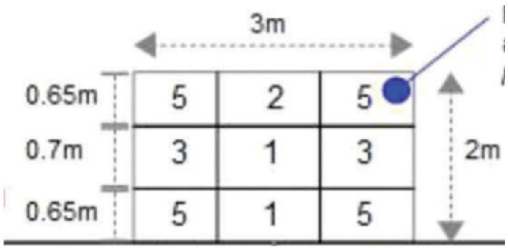
نتیجه‌گیری

در نتیجه، باز هم نیاز به مطالعات آزمایشگاهی، برای شناسایی و درک بهتر عواملی که در آسیب‌دیدگی ورزشکاران نقش دارند، حائز اهمیت است. بااین‌حال، ما اعتقاد داریم که مطالعاتی مانند تحقیق ما، نیاز به بررسی خواسته‌های شناختی ورزش، برای مطالعه بر الگوی‌های حرکتی در یک محیط آزمایشگاهی را برجسته می‌کنند، زیرا عدم دستیابی به تأثیر خواسته‌های شناختی در ورزش، ممکن است توانایی ما را برای درک یک مسئلهٔ مهم محدود کند؛ اینکه ورزشکار چگونه بدن خود را در حین بازی واقعی کنترل می‌کند. همچنین به نظر می‌رسد که یافته‌های ما به پزشکان و مربیان کمک می‌کند تا مداخلاتی را که ورزشکاران در طول مسابقه با آن‌ها روبه‌رو می‌شوند بهتر درک کنند، زیرا حتی تغییرات ظریف الگوی حرکتی فرد، با وجود افزایش بار شناختی مرتبط با یک الگوی حرکتی (مانند شمارش معکوس)، کافی است تا بیومکانیک اندام تحتانی فرد را تحت تأثیر قرار دهد. این تغییرات ممکن است در پیشگیری از بروز آسیب یا بازآموزی حرکت به فرد، با توجه به الگوی حرکتی فرد حائز اهمیت باشند.

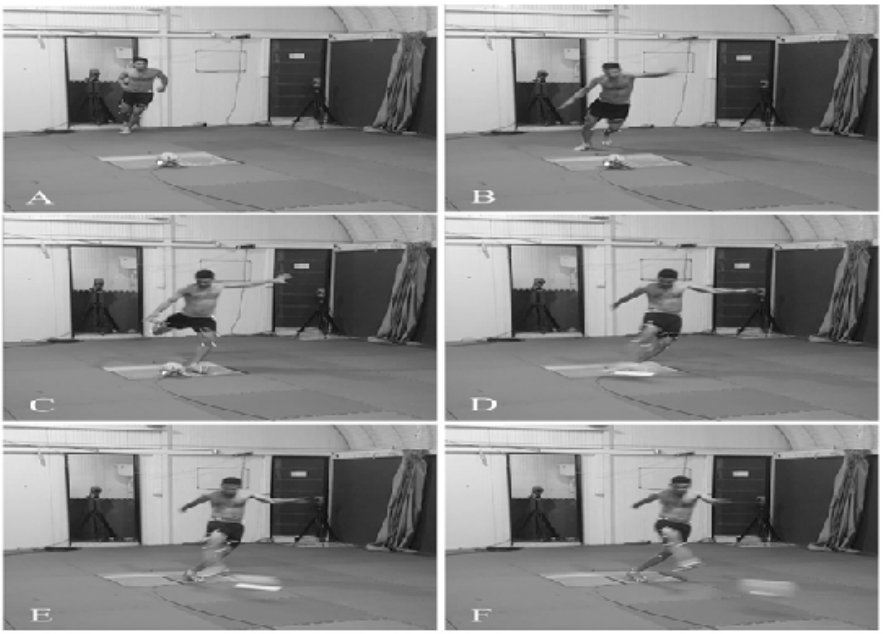
منابع

1. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. ACL injuries in men's professional football: A 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. Br J Sports Med. 2016 Jun 1; 50(12): 744–50.
2. Dalvandpour N, Zarei M, Abdoli B, Abbasi H, Mohamadian MA. The Effect of External Focus Attention Exercise On the Kinetic Risk Factors Associated With ACL Injury. Sci J Rehabil Med. 2021; 10(3): 470–85.
3. Shultz SJ, Schmitz RJ, Cameron KL, Ford KR, Grooms DR, Lepley LK, et al. Anterior cruciate ligament research retreat VIII summary statement: An update on injury risk identification and prevention across the anterior cruciate ligament injury continuum, march 14-16, 2019, Greensboro, NC. J Athl Train. 2019; 54(9): 970–84.
4. Cochrane JL, Lloyd DG, Buttfield A, Seward H, McGivern J. Characteristics of anterior cruciate ligament injuries in Australian football. J Sci Med Sport. 2007; 10(2): 96–104.
5. Laughlin WA, Weinhandl JT, Kernozek TW, Cobb SC, Keenan KG, O'connor KM. The effects of single-leg landing technique on ACL loading. J Biomech [Internet]. 2011; 44(10): 1845–51. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.04.010
6. Markolf KL, O'Neill G, Jackson SR, McAllister DR. Effects of applied quadriceps and hamstrings muscle loads on forces in the anterior and posterior cruciate ligaments. Am J Sports Med. 2004; 32(5): 1144–9.
7. Kiapour AM, Demetropoulos CK, Kiapour A, Quatman CE, Wordeman SC, Goel VK, et al. Strain Response of the Anterior Cruciate Ligament to Uniplanar and Multiplanar Loads during Simulated Landings. Am J Sports Med. 2016; 44(8): 2087–96.
8. Clagg SE, Warnock A, Thomas JS. Kinetic analyses of maximal effort soccer kicks in female collegiate athletes. Sport Biomech. 2009; 8(2): 141–53.
9. Inoue K, Nunome H, Sterzing T, Shinkai H, Ikegami Y. Dynamics of the support leg in soccer instep kicking. J Sports Sci [Internet]. 2014; 32(11): 1023–32. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2014.886126
10. Grassi A, Smiley SP, Roberti di Sarsina T, Signorelli C, Marcheggiani Muccioli GM, Bondi A, et al. Mechanisms and situations of anterior cruciate ligament injuries in professional male soccer players: a YouTube-based video analysis. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2017; 27(7): 967–81.
11. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, et al. Infographic. Systematic video analysis of ACL injuries in

22. Widenhoefer TL, Miller TM, Weigand MS, Watkins EA, Almonroeder TG. Training rugby athletes with an external attentional focus promotes more automatic adaptions in landing forces. Sport Biomech [Internet]. 2019; 18(2): 163–73. Available from: https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1584237
23. Abbaszadeh Ghanati H, Letafatkar A, Abbasi A. Effect of feedback training on some kinetic, kinematic, and functional factors of active men. Sci J Ilam Univ Med Sci. 2018; 26(6).
24. Puddle DL, Maulder PS. Ground reaction forces and loading rates associated with parkour and traditional drop landing techniques. J Sport Sci Med. 2013; 12(1): 122–9.
25. Egeth H, Kahneman D. Attention and Effort. Am J Psychol. 1975;88(2):339.
26. Wickens CD. Multiple resources and performance prediction. Theor Issues Ergon Sci. 2002; 3(2): 159–77.
27. Masters RSW. Theoretical aspects of implicit learning in sport. Int J Sport Psychol. 2000; 31(4): 530–41.
28. Kellis E, Katis A. Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick [Internet]. Vol. 6, ©Journal of Sports Science and Medicine. 2007. Available from: http://www.jssm.org
29. Stephenson ML, Hinshaw TJ, Wadley HA, Zhu Q, Wilson MA, Byra M, et al. Effects of timing of signal indicating jump directions on knee biomechanics in jump-landing-jump tasks. Sport Biomech [Internet]. 2018; 17(1): 67–82. Available from:http://doi.org/10.1080/14763141.2017.1346141
30. Barfield WR, Kirkendall DT, Yu B. Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players. J Sport Sci Med. 2002; 1(3): 72–9.
31. Farvardin F, Almonroeder TG, Letafatkar A, Thomas AC, Ataabadi PA. The Effects of Increasing Cognitive Load on Support Limb Kicking Mechanics in Male Futsal Players. Vol. 54, Journal of Motor Behavior. 2022. p. 438–46.
32. Mok KM, Bahr R, Krosshaug T. The effect of overhead target on the lower limb biomechanics during a vertical drop jump test in elite female athletes. Scand J Med Sci Sport. 2017; 27(2): 161–6.
professional male football (soccer): Injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. Br J Sports Med. 2021; 55(7): 405–6.
12. Brophy RH, Stepan JG, Silvers HJ, Mandelbaum BR. Defending Puts the Anterior Cruciate Ligament at Risk During Soccer: A Gender-Based Analysis. Sports Health. 2015; 7(3): 244–9.
13. Farvardin F, Almonroeder TG, Letafatkar A, Thomas AC, Ataabadi PA. The Effects of Increasing Cognitive Load on Support Limb Kicking Mechanics in Male Futsal Players. J Mot Behav [Internet]. 2021; 0(0): 1–9. Available from: https://doi.org/10.1080/00222895.2021.2010639
14. Almonroeder TG, Kernozek T, Cobb S, Slavens B, Wang J, Huddleston W. Divided attention during cutting influences lower extremity mechanics in female athletes. Sport Biomech. 2017; 3141 (November): 1–13.
15. Dai B, Cook RF, Meyer EA, Sciascia Y, Hinshaw TJ, Wang C, et al. The effect of a secondary cognitive task on landing mechanics and jump performance. Sport Biomech [Internet]. 2018; 17(2): 192–205. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/14763141.2016.1265579
16. Naser N, Ali A. A descriptive-comparative study of performance characteristics in futsal players of different levels. J Sports Sci. 2016; 34(18): 1707–15.
17. Clagg SE, Warnock A, Thomas JS. Kinetic analyses of maximal effort soccer kicks in female collegiate athletes. Sport Biomech. 2009; 8(2): 141–53.
18. Fedie R, Carlstedt K, Willson JD, Kernozek TW. Effect of attending to a ball during a sidecut maneuver on lower extremity biomechanics in male and female athletes. Sport Biomech. 2010; 9(3): 165–77.
19. Li Y, Leiter JRS, Am P, Foundation C. Prediction of Kick Direction from Kinematics during the Soccer Penalty Kick. Int J Kinesiol Sport Sci. 2015; 3(4): 1–8.
20. Almonroeder TG, Kernozek T, Cobb S, Slavens B, Wang J, Huddleston W. Cognitive demands influence lower extremity mechanics during a drop vertical jump task in female athletes. J Orthop Sports Phys Ther. 2018; 48(5): 381–7.
21. McLean SG, Lipfert SW, Van Den Bogert AJ. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. Med Sci Sports Exerc. 2004; 36(6): 1008–16.



شکل ۱. تقسیم‌بندی دروازهٔ فوتسال، با توجه به سختی دریافت توپ توسط دروازه‌بان.



شکل ۲. مثالی برای لحظهٔ شوت‌کردن توپ از روی نقطهٔ پنالتی. شکل‌های A و B رسیدن به توپ، شکل‌های C و D اجرای ضربهٔ شوت و شکل‌های E وF وضعیت قرارگیری اندام تکیه‌گاه در هنگام پرتاب توپ هستند. تحلیل داده‌ها به‌طور تقریبی از زمان شکلC انجام گرفته است.