Archive of SID

Effect of Functional Fatigue Protocol on Postural Control and Balance in People with Different Foot Arches

Gholamali Ghasemi [1], Hamed Arghavani [2*], Parisa Hajirezayi[3]

1. Associate Professor, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education, Esfahan University, Isfahan, Iran
2. PhD Student of Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Physical Education, Esfahan University, Esfahan, Iran
3. MSc, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Khorasgan (Isfahan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Received: 2017.November.18 **Revised: 2017. December.02** **Accepted: 2017. December.09**

Abstract

Background and Aims: Minor biomechanical changes within the reliance surface of feet could affect postural control strategy, which can be more and exacerbated under fatigue. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of functional fatigue protocol on postural control in students with different foot arch.

Materials and Methods: Statistical population of the current semi-experimental and cross-sectional study was 720 male students aged 10 to 13 years in the 6th district of Isfahan. A total of 60 students were selected as sample and were divided into 4 homogeneous groups of 15: natural foot, flexible flat foot, rigid flat foot, and cavus foot. Functional fatigue and standing with two feet for 20 seconds on a foot pressure was used for inducing fatigue and evaluating postural control, respectively. Independent T-test, analysis of variance, and tukey post hoc test were used at the 0.05 significance level.

Results: Fatigue resulted in significant decrease in all factors measured in all four groups ($p\leq 0/05$), but this decrease was significantly different among the four groups ($p\leq 0/05$). Also, prior to and after fatigue, there was a significant difference among the four groups in the measured factors ($p\leq 0/05$).

Conclusion: Anatomical structure of the foot is effective in participants' postural control. During fatigue, the balance in participants with abnormality in foot, especially in rigid flat foot, is further impaired. Therefore, due to a significant reduction in balance in individuals with different foot arches, it is suggested that corrective exercises of the foot arches and balance exercises in specific directions, in addition to the usual exercises, be considered in clinical and practice specific situations.

Keywords: Balance; Flexible Flat Foot; Rigid Flat Foot; Cavus Foot; Fatigue

Cite this article as: Gholamali Ghasemi, Hamed Arghavani, Parisa Hajirezayi. Effect of Functional Fatigue Protocol on Postural Control and Balance in People with Different Foot Arches. J Rehab Med. 2018; 7(3): 113-124.

* **Corresponding Author**: Hamed Arghavani, PhD Student of Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Physical Education, Esfahan University, Esfahan, Iran.
Email: hamed_arghavani1365@yahoo.com

DOI: 10.22037/jrm.2017.111022.1711

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر پروتکل خستگی عملکردی بر کنترل قامت و تعادل افراد با قوس کف پای متفاوت

غلامعلی قاسمی[۱]، حامد ارغوانی*[۲]، پریسا حاجی‌رضایی[۳]

۱. دانشیار گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲. دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳. کارشناسی ارشد حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد خوراسگان، اصفهان، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۷/۲۶ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۰۹/۱۱ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۰۹/۱۸ *

چکیده

مقدمه و اهداف

تغییرات جزئی بیومکانیکی در محدوده سطح اتکا بر استراتژی‌های کنترل قامت و تعادل تأثیرگذار می‌باشد و این حالت می‌تواند در شرایط خستگی تغییر و تشدید یابد. بنابراین هدف از تحقیق مطالعه حاضر اثر خستگی عملکردی بر کنترل قامت دانش‌آموزان دارای قوس کف پای متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری مطالعه نیمه‌تجربی و مقطعی حاضر، ۷۲۰ نفر از دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۳ ساله شهر اصفهان بود. تعداد ۶۰ نفر از دانش‌آموزان به‌عنوان نمونه انتخاب و در ۴ گروه همگن ۱۵ نفری کف پای طبیعی، صاف منعطف، صاف ساختاری و گود قرار گرفتند. آزمون ایستادن دو پا به مدت ۲۰ ثانیه با چشمان باز روی فوت اسکن و پروتکل خستگی عملکردی اعمال و در انتها پیش‌آزمون تکرار شد. از آزمون‌های t زوجی، تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

اعمال خستگی باعث کاهش معنادار در تمامی فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده در هر ۴ گروه شده بود (P=۰/۰۵)، اما این کاهش بین ۴ گروه به‌طور معناداری متفاوت بود (P=۰/۰۵). همچنین قبل و بعد از خستگی تفاوت معناداری در فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده بین ۴ گروه مشاهده شد (P=۰/۰۵).

نتیجه‌گیری

ساختار آناتومیکی پا بر کنترل قامت دانش‌آموزان مؤثر است. هنگام خستگی، تعادل در افراد دارای ناهنجاری کف پا به‌خصوص در افراد کف پای صاف ساختاری بیشتر دچار اختلال می‌شود؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود اصلاح ناهنجاری‌های قوس‌های کف پا و تمرینات تعادلی در جهات خاص علاوه بر تمرینات معمول در موقعیت‌های خاص کلینیکی و تمرینی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی

تعادل؛ کف پای صاف منعطف؛ کف پای صاف ساختاری؛ کف پای گود؛ خستگی

نویسنده مسئول: حامد ارغوانی، دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

آدرس الکترونیکی: hamed_arghavani1365@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و اهداف

تعادل به عنوان توانایی حفظ یک وضعیت برای انجام فعالیت‌های ارادی و مقابله با اغتشاش‌ها و از لحاظ بیومکانیکی، نگهداری مرکز جرم بدن در محدودهٔ سطح اتکا تعریف می‌شود.[۱]

کف پای انسان با سطح اندک خود، نقش مهمی در حفظ تعادل بدن ایفا می‌کند.[۲] محققین در تحقیقات خود تأثیر کف پای متفاوت را بر تعادل ایستا و پویای افراد سنجیده و گزارش کردند که تعادل افراد مبتلا به ناهنجاری کف پای صاف و گود نسبت به کف پای طبیعی کمتر است.[۳، ۴] با توجه به اینکه پا انتهایی‌ترین قسمت زنجیره حرکتی بدن را تشکیل می‌دهد و محدوده به نسبت کوچکی از سطح اتکا را به منظور حفظ تعادل فراهم می‌کند، این موضوع منطقی به نظر می‌رسد که حتی تغییرات کوچک در محدوده کوچکی از سطح اتکا، تعادل و کنترل قامت را تحت تأثیر قرار دهد.[۲]

خستگی عضلانی[۱] به صورت عمومی به عنوان کاهش توانایی عضلات در تولید نیروی مطلوب تعریف می‌شود که در نتیجه قطع زنجیره رویدادها از سیستم عصبی–مرکزی تا فیبرهای عضلانی روی می‌دهد.[۵، ۶] مطالعات نشان می‌دهد که خستگی ناشی از تمرین سبب افزایش دامنه نوسانات قامت[۲]، کاهش توانایی حفظ تعادل و اختلال حس عمقی و در کل به هم خوردن تعادل عصبی–عضلانی می‌شود.[۷، ۸] در نتیجه به نظر می‌رسد با بروز خستگی در عضلات به ویژه اندام تحتانی و تغییرات ایجادشده در فعالیت عضلات، توانایی تولید و پاسخ عضلانی مناسب برای حفظ تعادل و کنترل قامت کاهش یابد که می‌تواند به بی‌ثباتی و کاهش تعادل با خستگی هنگام فعالیت‌های بدنی و افزایش احتمال آسیب منجر شود. در تحقیقات گذشته برای اعمال خستگی از پروتکل‌های گوناگونی چون پروتکل خستگی عضلانی موضعی[۳]، پروتکل خستگی ایزوکنتیک[۴] و پروتکل خستگی عملکردی[۵] استفاده شده است. پروتکل خستگی عملکردی برعکس دو پروتکل دیگر با اجرای حرکات در زنجیره حرکتی باز و بسته که شباهت بسیاری به حرکات ورزشی و احساس خستگی ورزشکار در طول مسابقه دارد، در مقایسه با سایر روش‌ها، اخیراً بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.[۷]

محققین تأثیر خستگی عمومی بر تعادل ایستا (تست لک‌لک) و تعادل پویای (تست ستاره) ورزشکاران با کف پای صاف را بررسی کرده و تفاوت معناداری در تعادل ایستا و پویای آنها قبل و بعد از خستگی عمومی نیافتند.[۸] معینی و همکاران (۱۳۹۳) هم تأثیر یک برنامه خستگی عمومی را بر تعادل پویای دانش‌آموزان با کف پای متفاوت مقایسه کردند. محققین مشخص نمودند که تعادل افراد با کف پای متفاوت قبل و بعد از خستگی متفاوت و به نفع کف پای طبیعی است.[۹]

تعادل یکی از فاکتورهای مهم آمادگی جسمانی محسوب می‌شود و در اجراهای ورزشی و پیشگیری از آسیب نقش عمده‌ای دارد. از آنجایی که تعادل تحت تأثیر وضعیت قوس‌های کف پا و خستگی قرار می‌گیرد و از آنجا که تحقیقات گذشته تأثیر خستگی عملکردی را بر کنترل قامت بین افراد با قوس کف پای متفاوت و کف پای صاف ساختاری با ابزارهای آزمایشگاهی پیشرفته (فوت اسکن) و جامع ارزیابی نکرده‌اند و در نتایج آنها در گزارش کاهش تعادل با تست‌های ستاره و لک‌لک قبل و بعد از خستگی تناقض وجود دارد[۸، ۹]؛ این سؤال به ذهن می‌رسد که آیا بین افراد با قوس کف پای متفاوت با توجه به شاخص‌های کنترل قامت تفاوتی قبل و بعد از خستگی وجود دارد یا خیر و آیا افت کنترل قامت بعد از خستگی در همه گروه‌ها در یک جهت خاص رخ می‌دهد یا در هر گروه افت تعادل متفاوت است یا خیر. بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تاثیر خستگی عملکردی بر کنترل قامت دانش‌آموزان دارای قوس کف پای متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر یک مطالعه نیمه‌تجربی و مقایسه‌ای بود. جامعه تحقیق حاضر شامل دانش‌آموزان پسر مقطع ابتدایی ۱۰ تا ۱۳ سال شهر اصفهان بودند. در ابتدا ضمن هماهنگی با اداره و دفتر تربیت بدنی منطقه شش آموزش و پرورش اصفهان و مدیران مدارس ابتدایی و مراجعه به مدارس مورد نظر، ارزیابی اولیه جهت مشخص کردن ساختار کف پای ۷۲۰ دانش‌آموز این مدارس و گزینش آزمودنی‌های تحقیق، با استفاده از دستگاه جعبه آینه و به صورت کیفی انجام شد. بر اساس معیارهای تحقیق ۱۴۰ نفر از دانش‌آموزان به شکل داوطلبانه به عنوان نمونه احتمالی انتخاب شدند. قبل از انجام تست‌ها، والدین آزمودنی‌های همه گروه‌ها موافقت کتبی خود را طی رضایت‌نامه‌ای اعلام نمودند. ارزیابی دوم جهت ثبت نقش پای آزمودنی‌ها، با استفاده از دستگاه اسکنر کف پا انجام شد و میزان قوس کف پا از طریق شاخص استاهلی به صوت کمی مشخص گردید. همچنین برای جدا کردن افراد با کف پای صاف ساختاری از کف پای صاف عملکردی از تست (تیپ تو) استفاده شد.[۱۰] در مرحله بعدی اطلاعات آنتروپومتریکی و جامعه‌شناختی استاندارد مربوط به قد، وزن و سن جمع‌آوری و ثبت شد. همسان‌سازی گروه‌ها از نظر قد، وزن و سن انجام‌شده و گروه‌بندی نهایی انجام گرفت؛ به این ترتیب آزمودنی‌ها بر اساس این

1 Muscular Fatigue
2 Postural Sway
5 Local Muscular Fatigue
6 Isokinetic Fatigue
7 Functional Fatigue

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌ها در چهار گروه کف پای صاف منعطف، صاف ساختاری، گود و طبیعی (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند.
تکالیفی که آزمودنی‌ها انجام دادند شامل آزمون ایستادن روی فوت اسکن با چشمان باز به مدت ۲۰ ثانیه و سپس اجرای پروتکل خستگی عملکردی و بلافاصله اجرای مجدد پیش‌آزمون بود. شرایط ورود دانش‌آموزان به تحقیق شامل نداشتن کوتاهی پا، داشتن دامنه سنی ۱۰ تا ۱۳ سال، شرکت داوطلبانه و ارائه رضایت‌نامه و عدم استفاده از کفی طبی بود. از طرفی معیارهای خروج از تحقیق شامل آسیب‌های اسپرینی و استرینی در اندام تحتانی، سابقه بیماری‌های عصبی-اسکلتی-عضلانی، مشکلات شنوایی و بینایی شدید با مراجعه به پرونده سلامت و عدم تکمیل آزمون‌های تحقیق بود.

روش تقسیم‌بندی افراد بر اساس قوس کف پا: جهت محاسبه میزان قوس کف پا از دستگاه اسکنر کف پا استفاده شد. به این منظور از آزمودنی خواسته شد با پای برهنه، به‌راحتی و در حالی که وزنش را به طور مساوی بین دو پا تقسیم کرده است، روی صفحه‌ی اسکنر بایستد. پس از ۱۰ ثانیه ایستادن و نقش بستن کف پا روی صفحه اسکنر، از کف پا تصویربرداری و نقش کف پا ثبت شد و تصاویر ذخیره گردید. از هر آزمودنی دو آزمون با ۱ دقیقه استراحت بین هر مرتبه به عمل آمده و از واضح‌ترین تصویر برای اندازه‌گیری قوس کف پا استفاده شد. سپس از ابزار خط‌کش در نرم‌افزار فتوشاپ جهت محاسبه میزان قوس کف پا از طریق شاخص استاهلی استفاده شد. شاخص استاهلی از تقسیم کم‌عرض تریم قسمت وسط پا به عریض‌ترین قسمت پاشنه پا حاصل می‌گردد (شکل ۱). بر اساس این شاخص مقادیر $SI<۰/۴۴$ به‌عنوان کف پای گود، $۰/۴۴\leq SI\leq ۰/۸۹$ به‌عنوان کف پای طبیعی و $SI>۰/۸۹$ به‌عنوان کف پای صاف بررسی و ارزیابی کمی شد.[۱۱] همچنین برای جدا کردن افراد با کف پای صاف ساختاری از کف پای صاف عملکردی از تست (تیپ تو) استفاده شد. در این تست از فرد خواسته شد روی پنجه پا بلند شود، اگر قوس کف‌پایی شکل گرفت فرد دچار کف پای صاف منعطف و در غیر این صورت کف پای ساختاری داشت.[۱۰]

تصویر ۱. نمونه‌ای از نقش کف پا و نحوه محاسبه قوس کف پا با استفاده از شاخص استاهلی (SI)

روش اندازه‌گیری کنترل قامت: به‌منظور بررسی وضعیت کنترل قامت از فوت اسکن (آر اس[۶]) ساخت کشور بلژیک استفاده شد و تغییرات مرکز فشار در کف پاها به مدت ۲۰ ثانیه ثبت گردید. ابتدا فرد با لباس راحت به مدت پنج دقیقه گرم کردن را شامل حرکات کششی و نرم دویدن را در محل آزمایشگاه انجام داد. سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد با پای برهنه، به راحتی و در حالی که وزنشان را به طور مساوی بین دو پا تقسیم کرده‌اند، روی دستگاه بایستند و به علامتی که در فاصله سه متری قرار دارد، نگاه کند. مدت زمان انجام آزمون سه تکرار ۲۰ ثانیه‌ای همراه با ۱۵ ثانیه استراحت در بین هر تلاش بود و میانگین داده‌های به‌دست‌آمده به‌عنوان رکورد فرد جهت محاسبات بعدی ثبت گردید.

روش اجرای پروتکل خستگی عملکردی: این پروتکل شامل پرش‌های متوالی بر روی تشک تاتمی بود. سرعت پرش فرد بر اساس صدای مترونوم و معادل ۱۰۸ صدای بیپ در دقیقه تنظیم شد. آزمودنی با هر بار صدای بیپ، یک پای خود را روی تشک فرود آورد. در صورتی که بیش از پنج بار متوالی آزمودنی پای خود را در سرعتی به غیر از سرعت مترونوم بر زمین می‌گذاشت و یا در صورتی که خود فرد قادر به ادامه‌ی پرش نبود، ۳۰ ثانیه استراحت فعال به صورت راه رفتن انجام می‌داد. این مراحل پنج بار تکرار شد. برای ارزیابی میزان خستگی و تعیین شدت آن از مقیاس بورگ استفاده شد.[۱۲] در انتهای مرحله آخر آزمودنی احساس واقعی خود در برابر شدت فعالیتی که انجام داده با استفاده از جدول طرح‌شده توسط بورگ بیان کرد. آزمودنی باید حداقل مقیاس معادل کار سخت (عدد ۱۵) را انتخاب می‌کرد تا خستگی وی تائید می‌شد.[۸] در پژوهش حاضر از آمار توصیفی جهت مرتب کردن داده‌ها و آمار استنباطی جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. در بخش آمار استنباطی به منظور بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنف استفاده شد. همچنین برای

1 RSscan International Footscan7 Balance

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اثر قوس کف پا در چهار گروه در شاخص‌های کنترل قامت از تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس۷ نسخه ۲۰ و اکسل۸ ۲۰۱۳ استفاده گردید و سطح معناداری p<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

جدول یک ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های تحقیق حاضر را در چهار گروه نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی و شاخص قوس کف‌پایی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌های تحقیق

ویژگی ها	کف پای طبیعی M ± SD	کف پای گود M ± SD	کف پای صاف منعطف M ± SD	کف پای صاف ساختاری M ± SD	F	P
قد (سانتی متر)	۱۴۸/۳ ± ۶/۶۵	۱۴۷/۸۷ ± ۶/۰۱	۱۴۷/۹۵ ± ۶/۵۸	۱۴۶/۱۱ ± ۷/۳۶	۱/۰۱	۰/۸۸
سن (سال)	۱۱/۳۵ ± ۰/۵۶	۱۱/۱۷ ± ۰/۴۲	۱۱/۶۵ ± ۰/۳۵	۱۱/۴۸ ± ۰/۳۰	۰/۶	۰/۹۰
وزن (کیلو گرم)	۴۰/۶ ± ۷/۳۵	۳۹/۶۲ ± ۷/۱۰	۴۱/۲ ± ۷/۹۰	۴۲/۲۵ ± ۶/۷	۱/۳۷	۰/۳۲
شاخص توده بدن (kg/m2)	۱۸/۳۸ ± ۲/۶۷	۱۷/۸۵ ± ۲/۹۶	۱۹/۳۷ ± ۲/۵۷	۱۹/۴۸ ± ۲/۸۴	۱/۸۵	۰/۰۹
قوس کف پا(SI)	۰/۶۵ ± ۰/۰۷	۰/۲۲ ± ۰/۱	۱/۱۵ ± ۰/۰۶	۱/۲۵ ± ۰/۱	۱۳/۶	۰/۰۰*

با توجه به جدول یک، بین گروه‌ها از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی تفاوت معناداری وجود نداشته و فقط شاخص قوس کف پای آنها تفاوت معناداری دارد؛ در نتیجه می‌توان تفاوت‌های مشاهده‌شده را به وجود قوس‌های تغییریافته در افراد نسبت داد.

در جدول دو اطلاعات مربوط به مقدار میانگین، انحراف استاندارد و تحلیل واریانس به منظور ارزیابی تفاوت بین چهار گروه قبل از خستگی در شاخص‌های کنترل قامت ارائه گردیده است.

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس برای بررسی تفاوت بین چهار گروه قبل از خستگی برای شاخص‌های کنترل قامت

شاخص	نوع پا	تعداد	میانگین±انحراف استاندارد	F	P
شاخص کلی (میلی‌متر)	کف پای صاف	۱۵	۱٤/۹±۳/۳	۹/۵۴	۰/۰۰۱*
	کف پای صاف ساختاری	۱۵	۱۷/۸±٤/٤		
	کف پای گود	۱۵	۱۵/٤±۳/۱		
	کف پای طبیعی	۱۵	۱٤/۵±۲/۸		
داخلی-خارجی (میلی‌متر)	کف پای صاف	۱۵	۹/۹±۲/۹	۶/۷۰	۰/۰۰۱*
	کف پای صاف ساختاری	۱۵	۱۱/۸±۳/۹		
	کف پای گود	۱۵	۱۱/۰±۱/٤		
	کف پای طبیعی	۱۵	۹/٦±۳/۳		
قدامی-خلفی (میلی متر)	کف پای صاف	۱۵	۱۱/۱±۳/۸	۸/۳۳	۰/۰۰۱*
	کف پای صاف ساختاری	۱۵	۱۳/۳±٤/٤		
	کف پای گود	۱۵	۱۰/۸±۲/۲		
	کف پای طبیعی	۱۵	۱۰/۵±۳/۱		

با توجه به جدول دو مشخص می‌شود که در هر شاخص بین چهار گروه قبل از خستگی تفاوت معناداری وجود دارد (F=۹/۵۴)، (F=۶/۷۰) و (F=۸/۳۳) و (P≤۰/۰۰۱). برای تعیین معناداری تفاوت بین میانگین‌های مربوط به گروه‌های مورد مطالعه، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج آن در جدول سه آمده است.

7 SPSS 20
8 Excel

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای متغیر میزان جابه‌جایی مرکز فشار بین شاخص‌های گروه‌های چهارگانه قبل از خستگی

متغیر وابسته	گروه (A)	گروه (B)	میانگین جابجایی (A-B)	P
شاخص کلی (میلی متر)	پای صاف منعطف	پای صاف ساختاری	– ۲/۹	۰/۰۳*
	پای صاف منعطف	پای گود	– ۰/۵	۰/۲۵
	پای صاف منعطف	پای طبیعی	۰/۴	۰/۴۱
	صاف ساختاری	پای گود	۳/۴	۰/۰۲*
	صاف ساختاری	پای طبیعی	۳/۳	۰/۰۱*
	پای گود	پای طبیعی	۰/۹	۰/۱۳
داخلی – خارجی (میلی متر)	پای صاف منعطف	پای صاف ساختاری	– ۱/۹	۰/۰۱*
	پای صاف منعطف	پای گود	– ۱/۱	۰/۰۲*
	پای صاف منعطف	پای طبیعی	۰/۳	۰/۱۹
	صاف ساختاری	پای گود	۰/۸	۰/۳۰
	صاف ساختاری	پای طبیعی	۲/۲	۰/۰۱*
	پای گود	پای طبیعی	۱/۴	۰/۰۱*
قدامی – خلفی (میلی متر)	پای صاف منعطف	پای صاف ساختاری	– ۲/۲	۰/۰۲*
	پای صاف منعطف	پای گود	۰/۳	۰/۲۵
	پای صاف منعطف	پای طبیعی	۰/۶	۰/۲۲
	صاف ساختاری	پای گود	۲/۵	۰/۰۱*
	صاف ساختاری	پای طبیعی	۲/۸	۰/۰۱*
	پای گود	پای طبیعی	۰/۳	۰/۱۶

همان‌گونه که در جدول سه مشاهده می‌شود، در شاخص کلی بین گروه‌های کف پای صاف منعطف و ساختاری ($P\leq ۰/۰۳$)، صاف ساختاری و گود ($P\leq ۰/۰۲$)، صاف ساختاری و طبیعی ($P\leq ۰/۰۱$) تفاوت معناداری مشاهده گردید، اما بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد. در شاخص داخلی–خارجی بین گروه‌های کف پای صاف منعطف و صاف ساختاری ($P\leq ۰/۰۱$)، صاف منعطف و گود ($P\leq ۰/۰۲$)، صاف ساختاری و طبیعی ($P\leq ۰/۰۱$) و گود و طبیعی ($P\leq ۰/۰۱$) تفاوت معناداری مشاهده گردید، اما بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد. در شاخص قدامی–خلفی بین گروه‌های کف پای صاف منعطف و صاف ساختاری ($P\leq ۰/۰۲$)، صاف ساختاری و گود ($P\leq ۰/۰۱$) و صاف ساختاری و طبیعی ($P\leq ۰/۰۱$) تفاوت معناداری مشاهده گردید، اما بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد.

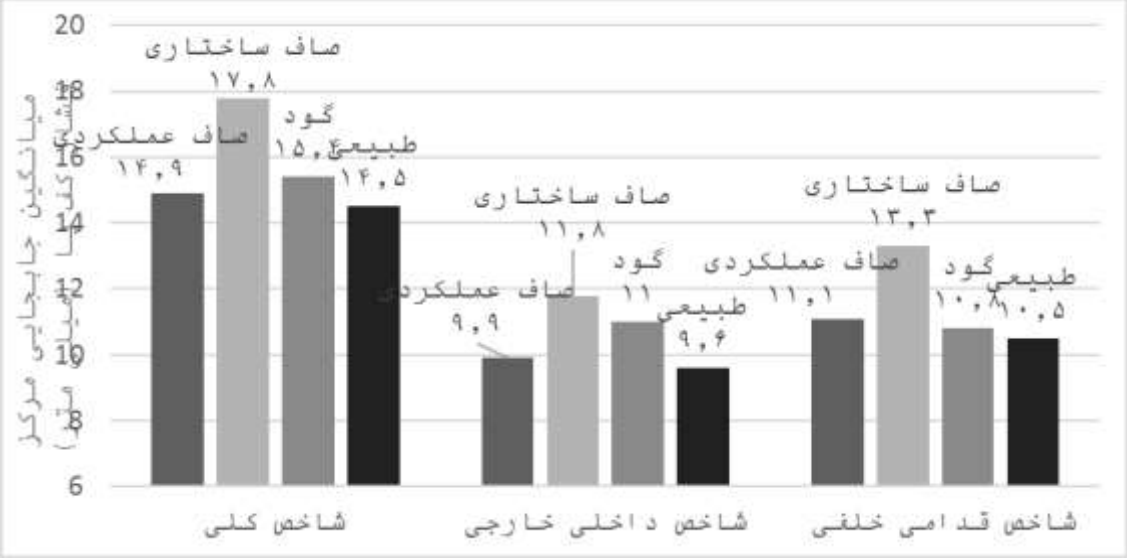
در جدول چهار اطلاعات مربوط به مقدار میانگین، انحراف استاندارد، t زوجی و تحلیل واریانس به منظور ارزیابی معناداری میزان افت کنترل قامت درون هر گروه به طور مجزا بین سه شاخص کنترل قامت ارائه گردیده است.

جدول ٤. آزمون t وابسته و آنالیز واریانس برای مقایسه کنترل قامت در شاخص‌های ۳گانه درون هر گروه قبل و بعد از خستگی

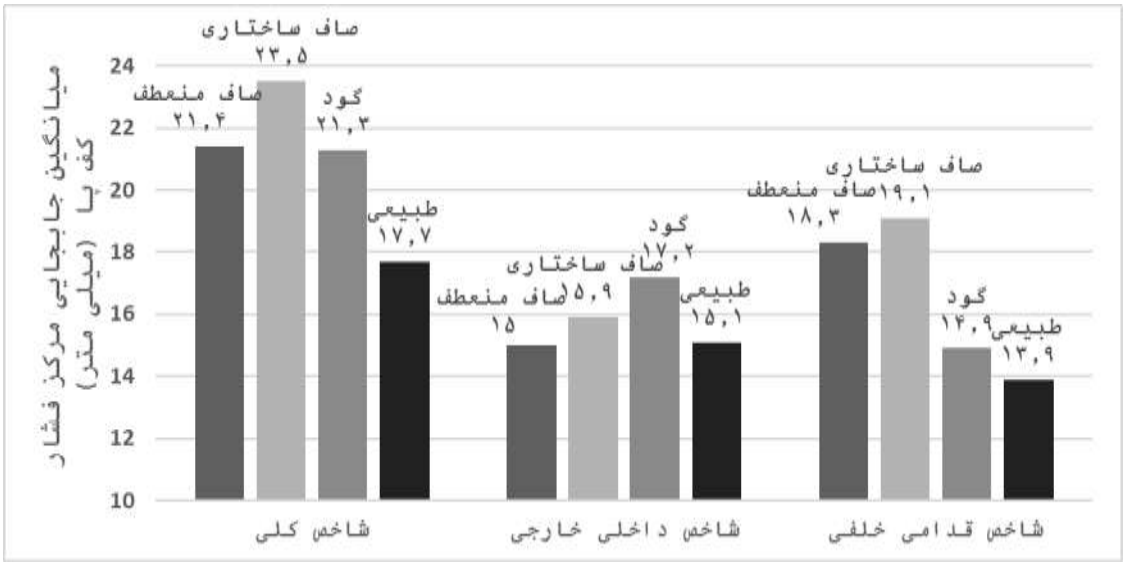
گروه	شاخص کنترل قامت (میلی متر)	پیش‌آزمون	پس آزمون	اختلاف میانگین ها	درون گروهی T	درون گروهی P	بین جهات F	بین جهات P
کف پای صاف منعطف	شاخص کل	۱۴/۹ ± ۳/۳	۲۱/۴ ± ۳/۷	۶/۵	۱۰/۱	۰/۰۱*	۱۴/۳	۰/۰۰۱*
	داخلی خارجی	۹/۹ ± ۲/۹	۱۵/۰ ± ۳/۲	۵/۱	۶/۵	۰/۰۱*		
	قدامی خلفی	۱۱/۱ ± ۳/۸	۱۸/۳ ± ۴/۱	۷/۲	۱۱/۴	۰/۰۱*		
کف پای صاف ساختاری	شاخص کل	۱۷/۸ ± ۴/۴	۲۳/۵ ± ۴/۷	۵/۷	۷/۳	۰/۰۱*	۸/۶	۰/۰۰۱*
	داخلی خارجی	۱۱/۸ ± ۳/۹	۱۵/۹ ± ۴/۱	۴/۱	۶/۸	۰/۰۱*		
	قدامی خلفی	۱۳/۳ ± ۴/۴	۱۹/۱ ± ۴/۶	۵/۸	۸/۱	۰/۰۱*		
کف پای گود	شاخص کل	۱۵/۴ ± ۳/۱	۲۱/۳ ± ۳/۳	۵/۹	۸/۲	۰/۰۱*	۱۲/۳	۰/۰۰۱*
	داخلی خارجی	۱۱/۰ ± ۱/۴	۱۷/۲ ± ۱/۷	۶/۲	۸/۹	۰/۰۱*		
	قدامی خلفی	۱۰/۸ ± ۲/۲	۱۴/۹ ± ۲/۵	۴/۱	۶/۷	۰/۰۱*		
کف پای طبیعی	شاخص کل	۱۴/۵ ± ۲/۸	۱۷/۷ ± ۲/۲	۳/۲	¾	۰/۰۱*	۱۱/۶	۰/۰۰۱*
	داخلی خارجی	۹/۶ ± ۳/۳	۱۵/۱ ± ۲/۹	۵/۵	۷/۱	۰/۰۱*		
	قدامی خلفی	۱۰/۵ ± ۳/۱	۱۳/۹ ± ۳/۱	۳/۴	۳/۸	۰/۰۱*		

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱. میانگین جابه‌جایی مرکز فشار سه شاخص ثبات قامت برای چهار گروه قبل از خستگی



نمودار ۲. میانگین جابه‌جایی مرکز فشار سه شاخص ثبات قامت برای چهار گروه بعد از خستگی

با توجه به جدول چهار و نمودارهای یک و دو مشخص می‌شود که میزان جابه‌جایی در هر سه شاخص به طور مجزا به طور معناداری بعد از پروتکل خستگی نسبت به قبل از خستگی در گروه کف پای صاف منعطف ($P\leq۰/۰۱$)، صاف ساختاری ($P\leq۰/۰۱$)، گود ($P\leq۰/۰۱$) و طبیعی ($P\leq۰/۰۱$) افزایش‌یافته و کنترل قامت کاهش یافته است. از طرفی دیگر، برای تعیین معناداری تفاوت بین میزان کاهش در بین سه شاخص کنترل قامت درون هر گروه با توجه به جدول ۴ مشخص می‌شود که بین سه شاخص از نظر کاهش تعادل در هر گروه با توجه به آنالیز واریانس تفاوت معناداری وجود دارد ($P\leq۰/۰۰۱$). در نتیجه برای تعیین معناداری بین میانگین‌های میزان افت تعادل مربوط به شاخص‌های سه‌گانه در هر گروه، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج این آزمون در جدول پنج آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای متغیر کنترل قامت در شاخص‌های سه‌گانه درون هر گروه قبل و بعد از خستگی

نوع کف پا	شاخص	اختلاف میانگین کاهش ها	P
کف پای صاف منعطف	شاخص کل – داخلی خارجی	۱/۵	۰/۰۱*
	شاخص کل – قدامی خلفی	۰/۷	۰/۱۲
	داخلی خارجی – قدامی خلفی	۲/۱	۰/۰۱*
کف پای صاف ساختاری	شاخص کل – داخلی خارجی	۱/۶	۰/۰۱*
	شاخص کل – قدامی خلفی	۰/۱	۰/۴۵
	داخلی خارجی – قدامی خلفی	۱/۷	۰/۰۱*
کف پای گود	شاخص کل – داخلی خارجی	۰/۳	۰/۲۴
	شاخص کل – قدامی خلفی	۱/۸	۰/۰۱*
	داخلی خارجی – قدامی خلفی	۲/۱	۰/۰۱*
کف پای طبیعی	شاخص کل – داخلی خارجی	۲/۸	۰/۰۱*
	شاخص کل – قدامی خلفی	۰/۲	۰/۳۵
	داخلی خارجی – قدامی خلفی	۲/۱	۰/۰۲*

با توجه به جدول پنج مشخص می‌شود که در گروه کف پای صاف منعطف و ساختاری، تعادل در دو شاخص کلی و قدامی–خلفی به‌طور معناداری از شاخص داخلی خارجی بیشتر کاهش یافته است ($P\leq ۰/۰۱$). در گروه کف پای گود، تعادل در دو شاخص کلی و داخلی خارجی به طور معناداری از شاخص قدامی–خلفی بیشتر کاهش یافته است ($P\leq ۰/۰۱$). در گروه کف پای طبیعی نیز تعادل در شاخص داخلی–خارجی به‌طور معناداری از دو شاخص قدامی–خلفی و کل بیشتر کاهش یافته است ($P\leq ۰/۰۱$).

در جدول شش اطلاعات مربوط به مقدار میانگین، انحراف استاندارد و تحلیل واریانس به منظور ارزیابی تفاوت بین چهار گروه بعد از خستگی در شاخص‌های کنترل قامت ارائه گردیده است.

جدول ٦: نتایج آزمون تحلیل واریانس به منظور بررسی تفاوت بین ٤ گروه بعد از خستگی برای شاخص کنترل قامت

شاخص	نوع پا	تعداد	میانگین ± انحراف استاندارد	F	P
شاخص کلی (میلی متر)	کف پای صاف منعطف	۱۵	۲۱/۴ ± ۳/۷	۱۱/۲۰	۰/۰۰۱*
	کف پای صاف ساختاری	۱۵	۲۳/۵ ± ۴/۷		
	کف پای گود	۱۵	۲۱/۳ ± ۳/۳		
	کف پای طبیعی	۱۵	۱۷/۷ ± ۲/۲		
داخلی – خارجی (میلی متر)	کف پای صاف منعطف	۱۵	۱۵/۰ ± ۳/۲	۳/۹۵	۰/۰۰۱*
	کف پای صاف ساختاری	۱۵	۱۵/۹ ± ۴/۱		
	کف پای گود	۱۵	۱۷/۲ ± ۱/۷		
	کف پای طبیعی	۱۵	۱۵/۱ ± ۲/۹		
قدامی – خلفی (میلی متر)	کف پای صاف منعطف	۱۵	۱۸/۳ ± ۴/۱	۱۳/۳۱	۰/۰۰۱*
	کف پای صاف ساختاری	۱۵	۱۹/۱ ± ۴/۶		
	کف پای گود	۱۵	۱۴/۹ ± ۲/۵		
	کف پای طبیعی	۱۵	۱۳/۹ ± ۳/۱		

با توجه به جدول ۶ مشخص می‌شود که بعد از خستگی در هر سه شاخص بین چهار گروه تفاوت معناداری وجود دارد ($F=۱۱/۲۰$)، ($F=۳/۹۵$)، ($F=۱۳/۳۱$) و ($P\leq ۰/۰۰۱$). برای تعیین معناداری بین میانگین‌ها، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج این آزمون در جدول ۹ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷: نتایج آزمون تعقیبی توکی متغیر میزان جابه‌جایی مرکز فشار بین شاخص‌های مختلف گروه‌های ٤گانه بعد از خستگی

متغیر وابسته	گروه (A)	گروه (B)	میانگین جابجایی (A-B)	P
	پای صاف منعطف	پای صاف ساختاری	-۲/۱	۰/۰۴*
	پای صاف منعطف	پای گود	۰/۱	۰/۳۶
شاخص کلی (میلی متر)	پای صاف منعطف	پای طبیعی	۳/۷	۰/۰۱*
	صاف ساختاری	پای گود	۲/۲	۰/۰۲*
	صاف ساختاری	پای طبیعی	۵/۸	۰/۰۱*
	پای گود	پای طبیعی	۳/۶	۰/۰۱*
	پای صاف منعطف	پای صاف ساختاری	۰/۹	۰/۱۲
	پای صاف منعطف	پای گود	۲/۲	۰/۰۱*
داخلی – خارجی (میلی متر)	پای صاف منعطف	پای طبیعی	۰/۱	۰/۳۱
	صاف ساختاری	پای گود	۱/۳	۰/۲۹
	صاف ساختاری	پای طبیعی	۰/۸	۰/۰۸
	پای گود	پای طبیعی	½	۰/۰۱*
	پای صاف منعطف	پای صاف ساختاری	۰/۸	۰/۴۲
	پای صاف منعطف	پای گود	۳/۳	۰/۰۱*
قدامی – خلفی (میلی متر)	پای صاف منعطف	پای طبیعی	۴/۴	۰/۰۱*
	صاف ساختاری	پای گود	۴/۲	۰/۰۱*
	صاف ساختاری	پای طبیعی	۵/۲	۰/۰۱*
	پای گود	پای طبیعی	۱/۰	۰/۰۴*

همان‌گونه که در جدول هفت مشاهده می‌شود، در متغیر جابه‌جایی در شاخص کلی بین گروه‌های کف پای صاف منعطف و ساختاری ($P\leq۰/۰۴$)، صاف منعطف و طبیعی ($P\leq۰/۰۱$)، صاف ساختاری و گود ($P\leq۰/۰۲$)، صاف ساختاری و طبیعی ($P\leq۰/۰۱$) و طبیعی و گود ($P\leq۰/۰۱$) تفاوت معناداری مشاهده گردید، ولی بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد. در متغیر جابه‌جایی در شاخص داخلی-خارجی بین گروه‌های کف پای صاف منعطف و گود ($P\leq۰/۰۱$) و طبیعی و گود ($P\leq۰/۰۱$) تفاوت معناداری مشاهده گردید، ولی بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد. در متغیر جابه‌جایی در شاخص قدامی-خلفی بین گروه‌های کف پای صاف منعطف و گود ($P\leq۰/۰۱$)، صاف منعطف و طبیعی ($P\leq۰/۰۱$)، صاف ساختاری و گود ($P\leq۰/۰۱$)، صاف ساختاری و طبیعی ($P\leq۰/۰۱$) و گود و طبیعی ($P\leq۰/۰۱$) تفاوت معناداری مشاهده گردید، ولی بین صاف منعطف و ساختاری ($P=۰/۴۲$) تفاوت معناداری مشاهده نشد.

بحث

تحقیق حاضر به بررسی تأثیر خستگی بر کنترل قامت دانش‌آموزان با قوس کف پای متفاوت پرداخت و نتایج نشان داد که در تست کنترل قامت در هر یک از ۳ شاخص کنترل قامت به طور جداگانه قبل و بعد از خستگی، بین ۴ گروه تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین مشخص شد که خستگی باعث کاهش معنادار کنترل قامت در تمامی فاکتورهای اندازه‌گیری شده است ($P<۰/۰۵$) و این نشان می‌دهد که خستگی باعث کاهش تعادل در تمامی ۴ گروه می‌شود، اما میزان افت شاخص‌های کنترل قامت بین ۴ گروه متفاوت بود؛ به طور کلی در کف پای صاف منعطف و ساختاری بیشترین افت تعادل در شاخص کلی و قدامی-خلفی و در کف پای گود بیشترین افت تعادل در شاخص کلی و داخلی-خارجی و در کف پای طبیعی بیشترین افت تعادل در شاخص داخلی-خارجی اتفاق می‌افتد و به طور کلی بین فاکتورهای کنترل قامت در افراد با قوس کف پای متفاوت قبل و بعد از خستگی تفاوت معناداری به نفع افراد با قوس طبیعی وجود دارد ($P<۰/۰۵$).

این قسمت با توجه به ادبیات پیشینه و اهداف تحقیق در دو قسمت به شرح زیر آورده شده و در هر قسمت به تحقیقات همسو و ناهم‌سو با نتایج تحقیق حاضر اشاره شده است.

بررسی کنترل قامت و تعادل در افراد با قوس کف پای متفاوت

تعادل یکی از مفاهیم بحث‌برانگیز سیستم حسی-حرکتی بوده و کف پای انسان با سطح اندک خود، نقش مهمی در حفظ آن ایفا می‌کند؛ از این رو تغییرات بیومکانیکی کوچک در محدوده سطح اتکا ممکن است کنترل قامت را تحت تأثیر قرار دهد.[۱۳] در مرور ادبیات تحقیق همسو با نتایج این تحقیق، عبدلی و همکاران (۲۰۱۱) رابطه قوس طولی داخلی کف پا با برخی شاخص‌های حرکتی منتخب کودکان ۱۱ تا ۱۴ ساله را بررسی کردند و نتایج آنها نشان داد که متغیر تعادل با میزان قوس طولی کف پا رابطه مثبت و معناداری دارد.[۱۴] قادریان و قاسمی (۱۳۹۵) در تحقیق خود بر روی دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۳ ساله‌ی دارای کف پای طبیعی، صاف و گود گزارش کردند که در

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص کلی کنترل قامت بین همه‌ی گروه‌ها تفاوت معنادار وجود دارد.[۱۵] ابراهیم و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود ۱۰ مرد با کف پای صاف منعطف و ۱۰ مرد با کف پای طبیعی انتخاب کرده و تعادل پویای آزمودنی‌ها را با سیستم بایودکس و شاخص‌های قدامی–خلفی و داخلی–خارجی و شاخص کلی تعادل را هنگامی که با یک پا روی صفحه ایستاده بودند، اندازه‌گیری کردند. آنها در تمام شاخص‌های ذکرشده تفاوت معناداری بین ۲ گروه گزارش کرده و پیشنهاد کردند تمرینات تعادلی پویا به برنامه‌های تمرینات قبلی مربوط با افراد با کف پای صاف اضافه شود.[۱۶]

در رابطه با تحقیقات ناهم‌سو، هدایتی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیق خود دریافتند که افراد با صافی کف پا از میزان برابری از نیازمندی به توجه در کنترل تعادل نسبت به افراد با کف پای طبیعی برخوردارند.[۱۷] کات و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیق خود تعادل ایستا و پویای افراد با کف پای سوپینیت و پرونیت را بررسی کردند، در این تحقیق تفاوتی بین تعادل ایستای افراد با کف پای گود و صاف با کف پای طبیعی دیده نشد.[۱۸] همچنین موسوی و همکاران (۱۳۸۸)، در تحقیق خود گزارش کردند که قوس‌های کف پا تأثیری بر تعادل ایستا ندارد.[۵] این نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر همسو نیستند و دلیل آن احتمالاً می‌تواند تفاوت در ابزار اندازه‌گیری‌کننده تعادل و تفاوت گروه سنی آزمودنی‌ها باشد.

در پای گود، کف پا با قوس زیاد به اندازه کافی با سطوح زیرینش سازگار نمی‌شود و افزایش جابه‌جایی مرکز فشار در افراد با پای گود ممکن است به دلیل ناحیه تماس کمتر بین سطح کف پا و فوت اسکن در مقایسه با افراد با ساختار پای طبیعی باشد. داشتن ناحیه سطح تماس کمتر ممکن است به دو روش در کنترل قامت ایجاد اختلال کند؛ اول اینکه ساختار پای گود، مرکز فشار را در طی پرونیشن به سمت مدیال انتقال می‌دهد.[۱۹] از طرفی دیگر، بازخورد اطلاعات حس عمقی طی حرکات مفصل نه تنها به اطلاعات حسی گیرنده‌های مفصلی، بلکه به اطلاعات مختلف دریافتی از گیرنده‌های پوستی و گیرنده‌های مکانیکی عضلات نیز بستگی دارد؛ بنابراین احتمال دوم این است که گودی کف پا موجب کاهش اطلاعات حسی پوستی دریافتی از ساختار کف پا نسبت به افراد با کف پای طبیعی می‌شود، زیرا ناحیه‌ی سراسری کمتری در سطح کف پای گود در ارتباط با صفحه فوت اسکن وجود دارد[۲۰]؛ این امر موجب سازوکار ضعیف‌تر کنترل قامت در افراد با ساختار پای گود می‌شود. همین طور ممکن است استفاده روزمره از مساحت بیشتر سطح کف پا در افراد با کف پای صاف به ضعف و عدم کارایی سیستم عضلانی و راهبرد مچ پا برای حفظ تعادل منجر شده باشد. پای گود و صاف ممکن است نیروی عکس‌العمل زمین را در صفحه‌ی فرونتال و موقعیت مرکز فشار تغییر دهد که احتمالاً به تغییر در به‌کارگیری راهبردهای کنترل تعادل در این افراد می‌انجامد.[۲۱]

بررسی تأثیر خستگی بر تعادل افراد با قوس کف پای متفاوت

به طور خلاصه خستگی به وسیله ناتوانی برای تولید نیروی کافی برای اجرای حرکت مورد نظر یا کاهش در تولید نیرو در حین اجرای یک وظیفه حرکتی معین بیان می‌شود. زمانی که اطلاعات رسیده از گیرنده‌های محیطی و اعصاب آوران به هر دلیلی به طور صحیح و کامل به سیستم عصبی مرکزی مخابره نشود، سیستم عصبی مرکزی نیز پاسخی ناقص به اطلاعات رسیده داده و در نتیجه وضعیت بدنی دچار اختلال شده و ثبات بدن به هم می‌خورد.[۲۲]

در رابطه با پیشینه تحقیق، محققین تقریباً با اتفاق نظر بر این باورند که خستگی باعث کاهش کنترل قامت و تعادل می‌شود.[۷، ۸] کاربیل و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که خستگی باعث کاهش بیشتر میزان تعادل فرد در حالت استاتیک نسبت به حالت دینامیک می‌شود. آنها علت آن را این گونه توجیه کرده‌اند که سازوکاری که باعث جبران اغتشاشات ایجادشده در اثر خستگی می‌شود، بیشتر در حالت دینامیک به کنترل قامت کمک می‌کند و تأثیر کمی در کنترل قامت استاتیک دارد.[۲۳] استفان و همکاران یکی از علل تغییر در کنترل قامت بعد از خستگی عضلانی را به کاهش تمرکز آزمودنی‌ها در توجه به نوسانات بدن خودشان مربوط می‌دانند و علت دیگر را تغییر در عملکرد عصبی–عضلانی اندام تحتانی به ویژه پا عنوان کرده‌اند[۲۴] که نتایج تحقیقات اشاره‌شده با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد؛ البته نتایج تحقیق ویلرمه و همکاران (۲۰۰۶) با نتایج تحقیق حاضر مغایر بود. آنها در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که کنترل قامت طی برنامه خستگی‌آور دچار تغییر نمی‌شود و همچنین بیان کرده‌اند که خستگی عضلانی عمومی، تعادل پویا را کمتر از خستگی عضلانی لوکال دچار تغییر می‌کند و علت آن را به این مورد مربوط دانسته‌اند که در خستگی عمومی بدن، عضلات قامت زودتر از عضلات لوکال وارد حالت جبرانی کنترل قامت می‌شوند و در نهایت تعادل را حفظ می‌کنند.[۲۵]

در ارتباط با اثر خستگی بر تعادل در افراد با قوس کف پای متفاوت گریگ و همکاران (۲۰۰۷) در نتایج تحقیق خود بیان کردند که بر اثر خستگی عضلات کف پا، تعادل ایستا و پویا دچار کاهش می‌شود. آنها بیان کردند که شکل آناتومیکال استخوان‌ها و ساختار بافت نرم عضلات پا احتمالاً بر حفظ تعادل تأثیر می‌گذارند.[۲۶] معینی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی تأثیر خستگی عملکردی بر تعادل پویای دانش‌آموزان دختر با کف پای صاف، گود و طبیعی را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد تعادل پویای گروه کف پای طبیعی به طور معناداری نسبت به ۲ گروه دیگر کمتر کاهش یافته بود و تفاوت معناداری در مقایسه کاهش تعادل ۲ گروه کف پای صاف و گود بعد از

www.SID.ir

Archive of SID

خستگی وجود نداشت.[۹] هدلی و همکاران (۲۰۰۸) میزان افت ناوی را با روش برادی قبل و بعد از خستگی عضلات کف پا در بین ۲۷ نوجوان سالم اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد میزان افت ناوی بعد از خستگی به طور معناداری افزایش یافته است.[۲۷] شین و همکاران (۲۰۱۳) اثر نوع کف پا و خستگی عضلات مچ پا بر تغییرات مرکز فشار و مرکز جرم هنگام ایستادن روی یک پا را بررسی کردند. آنها نتیجه‌گیری کردند که افراد با کف پای طبیعی توانایی ایستادن روی یک پای بهتری نسبت به افراد با کف پای صاف دارند[۲۸] که نتایج تحقیقات اشاره‌شده با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی داشت. از طرفی دیگر، فرزانه و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیق خود با عنوان «اثر خستگی عملکردی بر میزان زاویه پشت پای افراد با ساختار پای طبیعی و چرخیده به خارج طی فاز اتکای دویدن» نشان دادند که بین میزان زاویه پشت پای افراد گروه با پای طبیعی در قبل از خستگی و حین خستگی، به جز در مرحله برخورد پاشنه با زمین در دیگر مراحل فاز اتکای دویدن اختلاف معناداری وجود ندارد. محققین در حمایت از یافته‌های خود اشاره کردند که گرچه ممکن است افزایش میزان زاویه پشت پا به خاطر تغییر وضعیت ساختاری پا و افزایش پرونیشن پا امری بدیهی به نظر برسد، اما اصولاً بدن انسان در هنگام مواجه با اختلالات به وجود آمده در یک عضو یا ساختار، به طور ناخودآگاه و به مرور زمان به صورت جبرانی، درصدد رفع و افزایش سازگاری عارضه ایجادشده برمی‌آید.[۲۹] خوش‌اندام و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر خستگی را بر تعادل ایستا و پویای ورزشکاران با کف پای صاف بررسی کردند. آنها کاهش تعادل ایستا و پویا را بعد از خستگی گزارش کردند، ولی این کاهش از نظر آماری معنادار نبود. آنها گزارش کردند از آنجایی که ورزش و فعالیت بدنی باعث تقویت سیستم عصبی–عضلانی می‌شود، این امکان وجود دارد که بدن انسان به طور ناخودآگاه در جهت رفع اختلالات ساختاری از جمله ناهنجاری‌های کف پا باشد و سیستم عصبی–عضلانی نقش جبرانی در این مورد ایفا کند. ممکن است این یافته‌ها به دلیل نوع و شدت برنامه خستگی، ابزار و آزمون‌ها، تعداد کم آزمودنی‌ها، ناهمگن بودن رشته‌های ورزشی و شرایط محیطی باشد[۸] که نتایج تحقیقات اشاره‌شده با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی نداشت.

کنترل مناسب تعادل انسان، محصول عملکردی رضایت‌بخش سیستم حسی–پیکری است. حس پیکری شامل تمام اطلاعات گیرنده‌های مکانیکی، حرارتی و درد است که از نواحی محیطی بدن منشأ می‌گیرد. گیرنده‌های حس عمقی بخش مهمی از حس پیکری محسوب می‌شود. اهمیت حس عمقی در فعال کردن مناسب پاسخ‌های تعادلی در نواحی مچ پا یا نواحی بالاتر مانند عضلات ران (استراتژی ران) مورد تأیید محققین مختلف است. اعتقاد بر این است که فراهم بودن حس عمقی از نواحی کف پا، نقش مهمی در کنترل قامت دارد که ایجاد ناهنجاری در پا می‌تواند موجب نقص در کارکرد گیرنده‌های حسی عمقی شود. خستگی به عنوان عامل ایجاد نقص در اطلاعات آوران حسی پیکری، می‌تواند به تأخیر در پاسخ‌های قامت و اختلال در کنترل قامت منجر شود. در واقع هنگام خستگی، توانایی تولید پاسخ‌های عضلانی مناسب که برای حفظ ثبات مفصل لازم است، کاهش می‌یابد و موجب کاهش بیشتر تعادل در افراد دارای کف پای صاف و گود و به خصوص در افراد کف پای صاف ساختاری که تعادل عضلانی مطلوبی در اطراف مچ پا ندارند، می‌شود.

نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که بین افراد با قوس کف پای متفاوت قبل از خستگی در شاخص‌های کنترل قامت، تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین در فاکتورهای کنترل قامت اندازه‌گیری‌شده درون هر یک از ۴ گروه بعد از خستگی به طور معناداری نسبت به قبل از خستگی کاهش معنادار اتفاق افتاده و این میزان کاهش درون هر گروه با گروه‌های دیگر متفاوت است و در نهایت بین افراد با قوس کف پای متفاوت بعد از خستگی در شاخص‌های کنترل قامت تفاوت معناداری وجود دارد. در هنگام خستگی ارسال پیام‌های آوران از عضلات خسته دچار اختلال شده و باعث تغییرات عصبی–عضلانی می‌شود که به کاهش انتقال پیام‌های وابران و توانایی تولید حرکات جبرانی کافی منجر می‌شود. در واقع هنگام خستگی، توانایی تولید پاسخ‌های عضلانی مناسب که برای حفظ ثبات مفصل لازم است، کاهش می‌یابد که موجب کاهش بیشتر تعادل در افراد دارای کف پای صاف منعطف، گود و به خصوص در افراد کف پای صاف ساختاری که تعادل عضلانی مطلوبی در اطراف مچ پا ندارند، می‌شود. از طرفی دیگر، به نظر می‌رسد بر اساس شواهد موجود افراد با کف پای صاف منعطف، ساختاری و گود به دلیل وجود ناهنجاری، قادر به استفاده بهینه از راهبرد مچ پا برای کنترل قامت نیستند و این افراد نیروی عکس‌العمل زمین را در صفحه‌ی فرونتال، ساجیتال و موقعیت مرکز فشار را تغییر می‌دهند و با به‌کارگیری راهبردهای حفظ تعادل تغییریافته در مفاصل پروگزیمال، در کنترل قامت عملکرد ضعیف‌تری دارند.

تشکر و قدردانی

از تمامی افراد شرکت‌کننده در تحقیق حاضر، آموزش‌وپرورش ناحیه ۶ اصفهان و آزمایشگاه تربیت بدنی دانشگاه اصفهان که این گروه را در رسیدن به هدف خود یاری کرده و از هیچ کمکی فروگذار نکردند، صمیمانه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

1. Powell, D. B. (2014). Ankle work and dynamic joint stiffness in high- compared to low-arched athletes during a barefoot running task. Human Movement Science 34.147–156

www.SID.ir

Archive of SID

2. Fakoorrashid, H., & Daneshmandi, H. (2013). The effects of a 6 weeks corrective exercise program on improving flat foot and static balance in boys. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 1(2), 52-66. [In Persian].
3. Khodaveysi, H. (2009). The Effect of foot Abnormalities on Dynamic Balance in Adolescent Girls. Research in Sport Sciences, 99-112. [In Persian].
4. Babakhani, F. (2015). The effect of central body muscle fatigue on balance and endurance in women athletes. Journal of Medical Sciences, Kurdistan University, Volume. 20, 65-77. [In Persian].
5. Musavi, S. (2013). The effect of lower extremity muscle fatigue on balance in young elite athletes. Journal of Rehabilitation, Faculty of Rehabilitation, University of Medical Sciences. Tehran, Volume 7, Number 2, 1-7. [In Persian].
6. Shanbehzadeh, S. Nodehi Moghadam, A. Ehsani, F. Assessing the effect of functional fatigue and gender on dynamic control of posture. Journal of Rehabilitation, Faculty of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences. 2015;9(5):138-143. [In Persian].
7. Hovanloo, F. Sadeghi, H. Montazer, M. Noruzi, H.The Effect of Aerobic and Anaerobic Functional Fatigue on Dynamic Postural Stability in Elite Young Footballers. Journal of Movement and Exercise Science.2010;8(16):165-180. [In Persian].
8. Khoshandam, R. Norasteh, A. Rahmaninia, F. Investigating Effect of Fatigue on Balance of Athletes with Flat Foot. Journal of Physical Therapy.2014;2(2):21-28. [In Persian].
9. Moini, F. Aghayari, A. Musavi, H. The Effect of Functional Fatigue on the Dynamic Balance of Female Students with Different Fine Arches. Sports medicine.2014;6(2):131-151. . [In Persian].
10. Ghasemi, GH. Nadi, M. (2013). Physical Performance Evaluation test. Isfahan, Publishing, First Printing, 135-137. [In Persian].
11. Onodera, A. N. Sacco, I. C. N. Morioka, E. H. Souza, P. S. de Sá, M. R. & Amadio, A. C. (2008). What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? The Foot, 18(3), 142-149.
12. Sarshin, A. (2011). The effect of functional fatigue on dynamic postural control. Jurnal of Biology of exercise. Vol. 7.2, 25-35.
13. Ackland, T. R. Elliott, B. & Bloomfield, J. (2009). Applied anatomy and biomechanics in sport: Human Kinetics.
14. Abdoli, B. Teymuri, M. Zamani, S. Zeraatkar, M. Hovanloo, F. (2011). Relationship between longitudinal arch of the foot and some selected motor factors in students aged 11 to 14 years. Journal of Rehabilitation Sciences. Volume 7 No. 3 65-73. [Persian].
15. GHaderian, M. GHasemi, GH. (2016). Effect of rope exercises postural comtrol, static and dynamic balance of male students with cavus foot. Journal of Medical Sciences in Qom University, 10, 58-68. [In Persian].
16. Ebrahim, M. M. (2011). Dynamic postural balance in subject with and without flat foot. Bull. Fac. Ph. Th. Cairo Univ. Vol. ۱۶, No. (1), 12–7.
17. Hedayati, R. (2016). The need for attention in balance control of young people with flat feet. Koomesh, Vol. 18 No. 1, 25-34. [In Persian].
18. Cote K, Brunet M, Bruce M. (2005). Effects of pronated and supinated foot posture on ststic and dynamic posture stability. Journal of Athletic Training. 40(1): 41-46.
19. Yalfani A, Amini Semiromi E, Raeisi Z. (2015). The Effect of Musculoskeletal Abnormalities of Pes Planus, Pes Cavus and Hallux Valgus on Postural Sways during Quiet Stance, Journal of Sport Medicine, 7(1): 143-162. [In Persian].
20. Martin, R. L. & McPoil, T. G. (2005). Reliability of ankle goniometric measurements: a literature review. Journal of the American Podiatric Medical Association, 95(6), 564-572.
21. Sahrmann, S. (2002). "Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes". Elsevier Health Sciences Publication, chapter1, P: 1-3.
22. Hwang W, Jang J, Huh M (2016). The effect of hip abductor fatigue on static balance and gait parameters. Phys Ther Rehabil Sci;5:34-9.
23. Corbeil, P. Blouin, J. Begin, F. Nougier, V. Teasdale, N. (2003). Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. Gait & Posture. 18: 92–100.
24. Stephen, J.M. Jeffrey, A. (2011). Lower extremity fatigue increases complexity of postural control during a singlelegged stance. J of NeuroEngineering and Rehabilitation. 8: 43.
25. Vuillerme, N. Burdet, C. Isableu, B. Demetz, S. (2006). The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual target distance. Gait & Posture. 24: 166–72.
26. Greig, M. Walker, J.C (2007). The influence of soccer-specific fatigue on functional stability. Journal Physical Therapy in Sport. 8: 185–90.
27. Headlee, D. L. (2008). Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. Journal of Electromyography and Kinesiology 18, 420–425.
28. Shin Y, Youm C, Son M. (2013). Effects of Foot Type and Ankle Joint Fatigue Levels on the Trajectories of COP and COM during a Single-Leg Stance. Korean Journal of Sport Biomechanics. Vol. 23, No. 4, 335-345.
29. Hossein, F. Ilbeigi, S. Anbarian, M. The Effects of Fatigue on Rear Foot Angle in Normal and Pronate Individuals. 2016. Journal of Paramedicine and Rehabilitation Sciences of Mashhad.2016;8(3):83-92. [In Persian].

www.SID.ir