طب ورزشی ـ پاییز و زمستان ۱۳۹۳
دورهٔ ۶، شمارهٔ ۲، ص : ۱۳۱- ۱۵۱
تاریخ دریافت : ۱۷ / ۱۰ / ۹۱
تاریخ پذیرش : ۰۳ / ۱۰ / ۹۲

تأثیر خستگی عملکردی بر تعادل پویای دانش آموزان دختر با قوس کف پای متفاوت

فروغ معینی*[۱] - آذر آقایاری[۲] - سیدحامد موسوی[۳]

۱. کارشناس ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه پیام نور تهران مرکز جنوب، ایران ؛ ۲. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه پیام نور تهران مرکز جنوب، ایران ؛ ۳. کارشناس ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه شهر کرد، ایران

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثر خستگی ناشی از تمرین بر تعادل پویای دانش‌آموزان دختر ۱۵ تا ۱۸ ساله با قوس کف پای متفاوت بود. برای اندازه‌گیری قوس کف پای آزمودنی‌ها از آزمون افت استخوان ناوی استفاده شد. سپس ۷۵ دانش‌آموز که به‌صورت تصادفی و هدفمند انتخاب شدند، در سه گروه ۲۵ تایی ۱. گروه با قوس کف پای نرمال؛ ۲. گروه با قوس کف پای صاف؛ و ۳. گروه با قوس کف پای گود قرار گرفتند. پیش‌آزمون تعادلی (SEBT)، پروتکل خستگی عملکردی (۲۰ دقیقه فعالیت در ۷ ایستگاه) و پس‌آزمون SEBT اجرا شد. برای تعیین میزان خستگی از مقیاس میزان درک تلاش (RPE) بورگ قبل از شروع ایستگاه اول، پایان ایستگاه سوم و دقیقاً بعد از اتمام ایستگاه هفتم استفاده شد. از آزمون t وابسته و آزمون تحلیل واریانس یکسویه و آزمون تعقیبی شفه در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج تفاوت معناداری بین نمره‌های تعادل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر سه گروه نشان داد (P=۰/۰۰۴). آزمون تعقیبی شفه نیز نشان داد که بین میانگین تفاضل نمره‌های تعادل در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کف پای نرمال با گروه کف پای صاف و با گروه کف پای گود اختلاف معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵). با توجه به کاهش معنادار تعادل در آزمودنی‌های دچار ناهنجاری قوس کف پا، ازاین‌رو اصلاح ناهنجاری‌های قوس کف پا و استفاده از دوره‌های تمرینی مناسب به‌منظور ارتقای آمادگی جسمانی این افراد توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی

پای صاف، پای گود، پای نرمال، تعادل ایستا، تعادل پویا، خستگی عملکردی.

---

* نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۹۳۶۶۴۵۷۷۷۹ Email:f.moieni@yahoo.com

مقدمه

قوس طولی داخلی کف پا (MLA) در بیومکانیک پا، مانند حمایت و جذب ضربهٔ پا طی راه رفتن عملکرد اساسی دارد. افزایش یا کاهش MLA (به‌ترتیب گودی کف پا یا صافی کف پا) می‌تواند این عملکردها را مختل کند و به بی‌تعادلی عضلانی، بدراستایی مفصلی، پرونیشن جبرانی پا و ناهنجاری‌های راه رفتن منجر شود (۷).

قوس طبیعی موجب توزیع مناسب وزن روی پاها و انتقال آن به زمین می‌شود. از مزایای دیگر قوس طبیعی پا، راه رفتن و دویدن طبیعی با برخورداری از خاصیت طبیعی آن است. علاوه‌بر آن حمایت و حفاظت از بافت‌های نرم کف پا در حضور این قوس‌ها صورت می‌پذیرد (۱۱).

خستگی عضلانی ناشی از عملکرد عبارت است از هر گونه کاهش در توانایی تولید نیرو در حین فعالیت‌های ورزشی (۲۷،۲۱) که به‌طور عادی در فعالیت‌های روزانه نیز تجربه می‌شود (۱۳). شروع فعالیت‌های ارادی عضلانی چندین فرایند دارد که با کنترل قشری در مغز شروع می‌شود و در پل‌های عرضی داخل تارهای عضلانی خاتمه می‌یابد. ازاین‌رو باید گفت که خستگی عضلانی ممکن است در نتیجهٔ هرگونه نارسایی در انقباض عضلانی حادث شود (۳۴).

بیشتر مطالعات نشان می‌دهند که خستگی ناشی از تمرین سبب افزایش دامنهٔ نوسانات پاسچر، کاهش توانایی حفظ تعادل و اختلال حس عمقی می‌شود. در نتیجه به‌نظر می‌رسد که افراد خسته در معرض خطر ضایعات مفصلی به‌علت کاهش تعادل قرار دارند (۱۷، ۹، ۶).

ایجاد خستگی به نوع تمرین (مداوم یا متناوب)، در اثر تمرینات متناوب به نسبت زمان انقباض به کل زمان تمرین، نوع انقباض (ایزومتریک، کانسنتریک و اسنتریک بودن)، شدت و مدت تمرین بستگی دارد (۱۱). تمرینات خسته‌کننده موجب تغییر در سوخت‌وساز انرژی سلول عضلانی و زوج تحریکی‌ـ انقباضی[1] می‌شود. به‌دنبال تمرین تغییراتی از جمله کاهش PH، تجمع اسید لاکتیک و یون هیدروژن، مصرف منابع گلوکز و انرژی، تجمع فسفات غیرارگانیک و ATP، کاهش در فسفات، کاهش غلظت یون کلسیم آزاد، کاهش حساسیت تروپونین به کلسیم و غیره ایجاد می‌شود (۵). به‌نظر می‌رسد خستگی کارایی اجزای انقباضی و اطلاعات حس عمقی را تغییر می‌دهد و بر کنترل پاسچر هم اثر دارد. در خستگی عضلانی، کاهش مقدار نیرو و تأخیر در شروع حرکت مشاهده می‌شود (۴۱، ۱۷، ۱۲، ۴). با

1.Excitation- contraction coupling

توجه به نتایج تحقیقات گوناگون تعادل در اغلب رشته‌های ورزشی که به مهارت‌های حرکتی پیچیده نیاز دارند، از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به ماهیت حرکت، ورزشکاران برای اجرای بهینهٔ مهارت‌های حرکتی باید تعادل خود را روی سطح اتکا حفظ کنند. نوسانات بدن از طریق انقباضات عضلانی و اطلاعات حسی در دستگاه عصبی مرکزی همپوشانی شده و تعادل بدن حفظ می‌شود. تحقیقات نشان داده است که اگرچه ورزش‌های سطح بالا، توانایی‌های فیزیولوژیک و حسی- حرکتی درگیر در کنترل تعادل را بهبود می‌بخشند، عواملی مانند خستگی در آنان، خطر آسیب‌دیدگی را افزایش می‌دهند (۳۲). همچنین خستگی در زمان‌های پایانی مسابقات و تمرین بیشتر شده و موجب کاهش تعادل ورزشکاران می‌شود که این خود عاملی در جهت آسیب‌دیدگی ورزشکاران محسوب می‌شود.

از آنجا که خستگی یکی از عوامل برهم‌زنندهٔ کنترل عصبی عضلانی است، به‌نظر می‌رسد با بروز خستگی در عضلات به‌ویژه اندام تحتانی از جمله مفصل مچ پا و تغییرات ایجادشده در فعالیت عضلات، توانایی تولید پاسخ عضلانی مناسب برای حفظ تعادل و ثبات پاسچر کاهش می‌یابد، که می‌تواند به بی‌ثباتی و کاهش تعادل با خستگی هنگام فعالیت‌های بدنی منجر شود.

الیویر[1] در تحقیق خود که آثار تعامل بینایی و خستگی موضعی عضلات اندام تحتانی بر کنترل پاسچر را بررسی کرده بود، به این نتیجه رسید که ایجاد خستگی موضعی در عضلات اندام تحتانی در دو حالت چشم باز و بسته موجب کاهش توانایی کنترل پاسچر می‌شود، لیکن این اثر در حالت چشم باز بیشتر از حالت چشم بسته بود (۳۱). نیکلاس ویلروم[2] و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی خستگی عضلات بازکنندهٔ ستون فقرات بر کنترل پاسچر پرداختند نتایج تحقیقات آنها نیز نشان‌دهندهٔ افزایش نوسانات COP (مرکز فشار) پس از اعمال خستگی در دو صفحهٔ قدامی- خلفی و جانبی- داخلی بود (۴۲).

یاگی[3](۲۰۰۲)، جانستون[4](۱۹۹۸)و جویس[5](۲۰۰۱) در تحقیقات خود تأثیر خستگی عضلانی ایزوکنتیک را در اندام تحتانی بر کنترل پاسچر بررسی کردند. به‌طور کلی بررسی پژوهش‌های انجام‌گرفته در مورد تأثیر خستگی عضلانی بر کنترل پاسچر تاکنون، در بیشتر موارد، بیانگر تأثیر قطعی

1. Olivier
2.Vuillerme
3.Yaggie
4. Johnston
5. Joice

و معنادار خستگی عضلانی بر کنترل پاسچر است (۴۵،۲۱،۲۰). با این حال تمامی تحقیقات مذکور به بررسی تأثیر خستگی موضعی در عضلات ناحیهٔ مچ پا بر کنترل پاسچر پرداخته‌اند. دلیل این مسئله آن است که بیشتر محققان توافق نظر دارند که در شرایط طبیعی حس عمقی مچ پا برای ایجاد مرجع درونی ضروری است تا موجب ثبات بدن نسبت به مرجع خارجی جاذبه شود (۴۰،۳۵،۳۳). در شرایطی که قوس کف پا با ناهنجاری همراه است، کشیدگی یا کوتاهی عضلات مچ پا موجب اختلال در عملکرد صحیح عضلات این ناحیه شده و از سویی خستگی این عضلات هنگام تمرینات احتمالاً موجب کنترل پاسچر ضعیف‌تر افراد با ناهنجاری قوس کف پا نسبت به افراد با قوس طبیعی می‌شود. با این حال تاکنون مطالعه‌ای در زمینهٔ بررسی نقش و تأثیر خستگی ناشی از تمرین بر کنترل پاسچر افراد دارای قوس کف پای متفاوت یافت نشده است.

در بیشتر تحقیقات انجام‌گرفته در این زمینه، خستگی به‌دنبال تمرینات موضعی (مثلاً در عضلات چهار سرانی) ایجاد شده و مواردی که خستگی عمومی و عملکردی (ناشی از تمرین) را مدنظر داشته باشند، همچنین در تحقیقات انجام‌گرفته در مورد تأثیر خستگی بر تعادل اغلب از خستگی موضعی استفاده شده است (۴۳،۱۵،۱۲) و تحقیقاتی هم که خستگی عملکردی[1] را مدنظر داشتند، معیار خاصی برای سنجش خستگی تعیین نکرده بودند (۱۸،۳۶،۳۵،۱۹).

با توجه به اینکه ناهنجاری در پا موجب اختلال در حالت آناتومیک پا و عضلات اطراف مفصل مچ پا می‌شود، این سؤال مطرح می‌شود که آیا خستگی ناشی از تمرین (عملکردی) تأثیری متفاوت بر کنترل پاسچر افراد با کف پای متفاوت دارد یا نه. بنابراین محقق قصد دارد در این تحقیق تأثیر خستگی ناشی از تمرین را بر تعادل دانش‌آموزان دختر ۱۵ تا ۱۸ سال با قوس کف پای متفاوت بررسی کند.

روش تحقیق

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی است. جامعهٔ آماری تحقیق تمامی دانش‌آموزان دختر شهرستان کازرون با دامنهٔ سنی ۱۸-۱۵ سال بودند. روش نمونه‌گیری خوشه‌ای و سپس تصادفی و هدفمند است. برای انتخاب نمونه بعد از انتخاب تعدادی از مدارس مقطع متوسطه، از دانش‌آموزان آزمون افتادگی استخوان ناوی با استفاده از روش توصیف‌شده توسط برودی برای تعیین قوس کف پا به‌عمل آمد. سپس ۷۵ نفر از دانش‌آموزان با توجه به قوس کف پا به‌صورت تصادفی و هدفمند (دانش‌آموزان از لحاظ سن،

1 . Functional fatigue

وزن، ورزشکار بودن یا نبودن در گروه‌ها متجانس شدند) در سه گروه ۲۵ نفره جای گرفتند. گروه ۱: ۲۵ نفر به‌عنوان گروه با قوس کف پای صاف؛ گروه ۲: ۲ نفر به‌عنوان گروه با قوس کف پای طبیعی؛ و گروه ۳: ۲۵ نفر به‌عنوان قوس کف پای گود انتخاب شدند. سپس هدف از اجرای تحقیق، پروتکل خستگی و آزمونی تعادلی گردش ستاره برای آزمودنی‌ها شرح داده شد و رضایت‌نامهٔ کتبی از آزمودنی‌ها به‌عمل آمد. مشخصات افراد قبل از اجرای تست، در برگهٔ مشخصات آنها ثبت شد. هر آزمودنی قبل از اجرای پروتکل هشت دقیقه بدن خود را گرم می‌کرد و بعد از زمان گرم کردن از هر آزمودنی قبل از اجرای پروتکل خستگی آزمون تعادلی گردش ستاره گرفته می‌شد و بعد از اجرای پروتکل خستگی در محل مشخص‌شده A نیز بار دیگر آزمون تعادلی گردش ستاره گرفته شد و نمرهٔ مربوط به هر آزمودنی یادداشت شد. برای تعیین میزان خستگی آزمودنی‌ها از مقیاس RPE بورگ استفاده شد. برای اندازه‌گیری RPE، از آزمودنی خواسته می‌شد که احساس واقعی خود را در مورد شدت فعالیتی که انجام داده است، بیان کند و با استفاده از جدول طرح‌شده توسط بورگ مقیاس آن استخراج می‌شد. حداقل مقیاس مورد نظر در انتهای ایستگاه هفتم ۱۵ بود (۹). اندازه‌گیری RPE درست قبل از شروع ایستگاه اول، بعد از ایستگاه سوم یعنی در نیمهٔ راه و دقیقاً بعد از انجام ایستگاه هفتم انجام گرفت. در صورت نرسیدن آزمودنی به حداقل مقدار خستگی، از تحقیق خارج شده و فرد دیگری با خصوصیات مشابه وارد تحقیق می‌شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد یک روز قبل از اندازه‌گیری‌ها داروی خاصی مصرف نکنند و فعالیت سنگین ورزشی نیز نداشته باشند. اندازه‌گیری‌ها و تست‌ها حدود دو ساعت بعد از صرف غذا انجام گرفتند. در صورت بروز درد، حالت تهوع، سرگیجه و حالت تهوع، تست قطع می‌شد.

نحوهٔ اجرای آزمون افتادگی استخوان ناوی

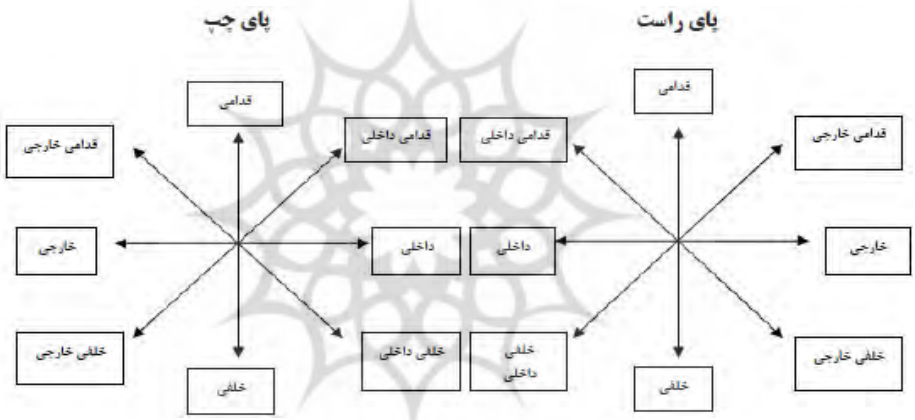
به‌منظور تعیین قوس کف پا، از اندازه‌گیری درجهٔ پرونشین مفصل تحت قاپی از طریق آزمون شاخص افتادگی استخوان ناوی استفاده شد (۳۸). با استفاده از روش توصیف‌شده توسط برودی، افتادگی استخوان ناوی، ارزیابی شد. از آزمودنی خواسته شد تا با پای برهنه روی صندلی بنشیند و پای خود را روی جعبه‌ای به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر قرار دهد، به‌طوری‌که زاویهٔ ران و زانو ۹۰ درجه باشد. مفصل ران در این حالت هیچ‌گونه آبداکشن و آداکشن نداشت و در حالت معمولی قرار داشت. آزمونگر سمت داخلی و خارجی کام (قله) مچ پا را درحالی‌که انگشتان شست و اشاره در بخش قدامی استخوان نازک‌نی و بخش تحتانی قوزک داخلی قرار داده می‌شد، لمس می‌کرد. آزمودنی اندکی به مچ پا حرکت اینورشن و اورشن می‌داد تا برآمدگی‌های استخوانی در زیر انگشتان در ارتفاع یکسان قرار گیرند و آزمونگر مطمئن

می‌شد که مفصل تحت قاپی در حالت معمولی قرار دارد. در این حالت پای مورد ارزیابی به‌جز وزن خودش هیچ وزن دیگری را تحمل نمی‌کند. سپس برآمدگی استخوان ناوی که در زیر و جلو قوزک داخلی قرار داشت، مشخص و علامت‌گذاری می‌شد. با خط‌کش آنتروپومتری فاصلهٔ برجستگی استخوان ناوی تا سطح جعبه برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس از آزمودنی خواسته می‌شد که در حالت ایستاده به‌گونه‌ای‌که تمام وزن روی پای آزمایش باشد، قرار گیرد. برای اینکه آزمودنی بتواند در حالت ایستاده تعادل خود را حفظ کند، به او اجازه داده می‌شد تا نوک انگشت پای دیگر را روی زمین قرار دهد. در این حالت نیز فاصلهٔ برجستگی استخوان ناوی تا سطح جعبه اندازه‌گیری و ثبت شد. آزمونگر فاصلهٔ برجستگی استخوان تا سطح جعبه را در حالت تحمل وزن (ایستاده) از فاصلهٔ استخوان ناوی تا سطح جعبه در حالت بدون تحمل وزن (نشسته روی صندلی) کسر می‌کرد که عدد به‌دست‌آمده به‌عنوان اندازهٔ افتادگی استخوان ناوی ثبت می‌شد. اندازه‌گیری افتادگی ناوی در هر آزمودنی سه بار انجام گرفت و میانگین آنها به‌منظور طبقه‌بندی افراد در سه گروه پای طبیعی، پای صاف و پای گود به‌کار رفت. آزمودنی‌های دچار افتادگی ناوی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر، درگروه کف پای صاف بین ۴تا۹ میلی‌متر، در گروه کف پای طبیعی کمتر از ۴میلی‌متر، در گروه کف پای گود قرار گرفتند (۱۶۷)(شکل‌های ۳-۱). با عنایت به استاندارد بودن، این آزمون دارای اعتبار لازم برای سنجش مقدار پرونیشن پاست. ضریب پایانی آن را مولر و همکاران (۱۹۹۳) ۸۵٪ =r، شالتز و همکاران (۲۰۰۶) ۸۰ درصد = r، ایوانز و همکاران (۲۰۰۳) ۷۶٪ = r و جی هر تل و همکاران (۲۰۰۴) ۷۰٪ = r گزارش کرده‌اند (۳۸).

شکل ۱. روش اندازه‌گیری افت استخوان ناوی

نحوهٔ اجرای آزمون تعادلی گردش ستاره

برای ارزیابی تعادل آزمودنی‌ها از آزمون تعادلی ستاره (SEBT) استفاده شد. آزمون تعادل گردش ستاره[1] (SEBT) روش ساده‌ای برای آزمودن تعادل پویای افراد است. SEBT شبکه‌ای متشکل از ۸ خط در جهات مختلف با زاویهٔ ۴۵ درجه نسبت به هم است که با استفاده از نوار چسب، ۸ متر نواری و نقاله روی سطح غیرصیقلی مشخص شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد با یک پا در مرکز این شبکه بایستند و پای دیگر را در جهات ۸ خط تا حد امکان حرکت دهند. آزمودنی در هر جهت شش بار پای خود را حرکت داد که سه مقدار بیشتر در هر جهت ثبت شد. آزمودنی بعد از هر کوشش و تغییر جهت به وضعیت ایستادن روی یک پا به‌طور ایستا بازگشت. پیش از اجرای کوشش بعدی ۳ تا ۴ ثانیه و بعد از تغییر جهت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه در همین حالت ماند. آزمودنی‌های با پای غیرثابت راست



شکل ۲. جهات دسترسی در آزمون تعادلی ستاره

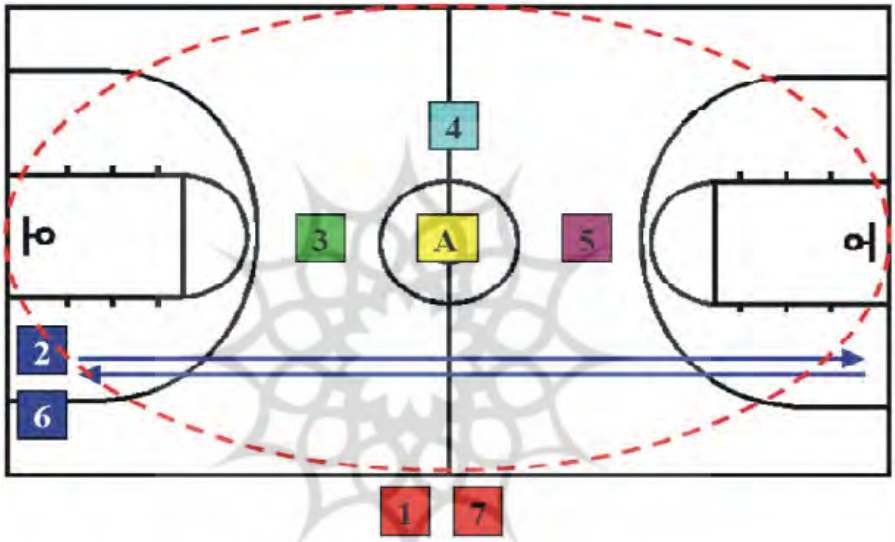
در جهت پادساعتگرد و آزمودنی‌های با پای غیرثابت چپ در جهت ساعتگرد آزمون را انجام دادند. برای نرمال کردن مقادیر اندازه‌گیری‌شده مقادیر میانگین هر هشت جهت با یکدیگر جمع و بر قد آزمودنی‌ها تقسیم شد. جهات ۸ خط براساس وضعیت نسبت به پای واقع روی زمین نامگذاری می‌شود که شامل جهات قدامی (A)، قدامی – داخلی (AM) ، داخلی(M)،خلفی- داخلی(PM)، خلفی(P) ،خلفی – خارجی (PL)،خارجی (L)و قدامی- خارجی (AL) است.

1.Star Excursion Balance Test

هرتل و همکاران، پایایی درون آزمونگر را بین ۰/۷۸ و ۰/۹۶ گزارش کرده‌اند (۱۴). همچنین کینزی مشخص کرد که SEBT دارای پایایی خوب برای ارزیابی تعادل پویاست و ICC۰/۸۶ تا ۰/۹۸ برای ارزیابی تعادل پویا دارد (۲۵).

نحوهٔ اجرای پروتکل خستگی

در این تحقیق برای وارد کردن شاخص خستگی از پروتکل خستگی عملکردی هفت‌مرحله‌ای (شکل ۳) تعریف‌شده توسط ساسکو (۴۰) و ویکینیز (۴۴) استفاده شده است. A در شکل محل اجرای SEBT است.



شکل ۳. نمایی از پروتکل خستگی

ایستگاه اول، ۵ دقیقه نرم و آهسته دویدن در فضایی که آزمودنی انتخاب می‌کند؛ ایستگاه دوم، ۳ دقیقه دو سرعت در طول زمین بسکتبال؛ ایستگاه سوم، ۲ دقیقه شنای سوئدی؛ ایستگاه چهارم، ۲ دقیقه دراز و نشست؛ ایستگاه پنجم، ۳ دقیقه بالا و پایین رفتن از پله به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر؛ ایستگاه ششم، ۳ دقیقه دو سرعت رفت و برگشت در طول زمین بسکتبال؛ و ایستگاه هفتم، ۲ دقیقه دویدن با روند یکنواخت طوری‌که آزمودنی بتواند تا اتمام کار با همین سرعت بدود.

از آزمودنی‌ها پس از گرم کردن مختصر (۱۰-۵ دقیقه نرم و آهسته دویدن و کشش اندام تحتانی)، پیش‌آزمون تست SEBT به‌عمل آمد. قبل از اولین ایستگاه پروتکل خستگی، نخستین اندازه‌گیری

RPE انجام گرفت. دومین اندازه‌گیری RPE بعد از ایستگاه سوم یعنی در نیمهٔ راه و سومین اندازه‌گیری RPE دقیقاً بعد از ایستگاه هفتم انجام گرفت، سپس از آزمودنی‌ها پس‌آزمون تست SEBT به‌عمل آمد.

برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. از روش آماری تی زوجی و تی مستقل و آزمون آنالیز واریانس یکطرفه برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در برنامهٔ SPSS نسخهٔ ۱۷ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار excel استفاده شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

مشخصات مربوط به قوس کف پا، سن، وزن و قد آزمودنی‌های سه گروه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات قوس کف پا، سن، وزن و قد آزمودنی‌های

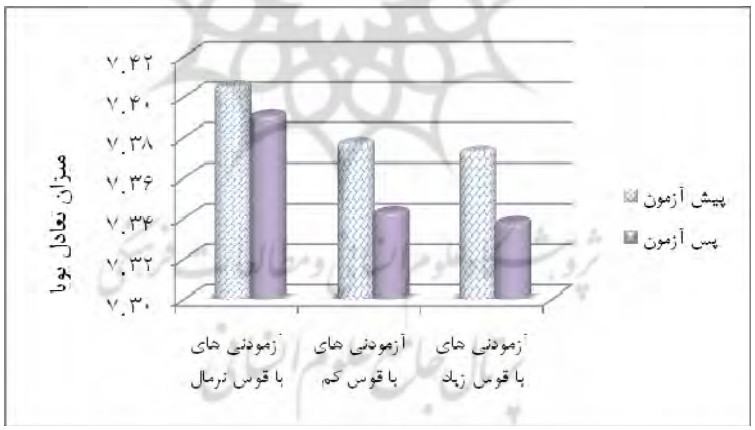
		قد (متر)	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	مقدار افت ناوی (میلی‌متر)
آزمودنی‌های با قوس کف پای طبیعی	میانگین	۱/۶۳	۱۶/۴۶	۴۹/۶۳	۶/۶۸
	انحراف معیار	۰/۰۵۴	۱/۱۸	۳/۸۴	۱/۳۱
آزمودنی‌های با قوس کف پای صاف	میانگین	۱/۶۳	۱۶/۶۲	۵۰/۱۱	۱۲/۵
	انحراف معیار	۰/۰۵۲	۱/۲۱	۳/۸۰	۱/۲۱
آزمودنی‌های با قوس کف پای گود	میانگین	۱/۶۳	۱۶/۵۷	۵۰/۲۴	۲/۶۲
	انحراف معیار	۰/۰۵	۱/۱۹	۳/۹۱	۰/۸

با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها در گروه‌ها بررسی شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها ($P>0/05$) به‌منظور آزمون فرضیه‌ها از آزمون t وابسته استفاده شد. همچنین با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه تفاوت میانگین نمره‌های RPE مرحلهٔ پایانی دانش‌آموزان در گروه‌ها بررسی شد که اختلاف معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد ($P>0/05$).

جدول ۲. نتایج آزمون t وابسته بین نمره‌های تعادل پویای پیش‌آزمون و پس‌آزمون آزمودنی‌های سه گروه

گروه	تعداد	میانگین پیش‌آزمون	میانگین پس‌آزمون	t	درجهٔ آزادی	ارزش P
آزمودنی‌های با کف پای طبیعی	۱۵	۷/۴۰۵	۷/۳۹۱	۲/۲۴۶	۱۴	۰/۰۴۱
آزمودنی‌های با کف پای صاف	۱۵	۷/۳۷۷	۷/۳۴۳	۷/۲۹۶	۱۴	۰/۰۰۰
آزمودنی‌های با کف پای گود	۱۵	۷/۳۷۳	۷/۳۳۸	۱۴/۹۴۸	۱۴	۰/۰۰۰

با توجه به جدول ۲، از آزمون t وابسته چنین استنباط می‌شود که بین تعادل پویای دانش‌آموزان دختر با کف پای طبیعی قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود دارد (P=۰/۰۴۱ ؛ t=۲/۲۴۶)؛ اختلاف معناداری بین تعادل پویای دانش‌آموزان دختر با کف پای صاف قبل و بعد از خستگی عملکردی وجود دارد (P=۰/۰۰۰ ؛ t=۷/۲۹۶)؛ همچنین اختلاف معناداری بین تعادل پویای دانش‌آموزان دختر با کف پای گود قبل و بعد از خستگی عملکردی وجود دارد (P=۰/۰۰۰ ؛ t=۱۴/۹۴۸).



نمودار ۱. میانگین نمره‌های تعادل پویای پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سه گروه

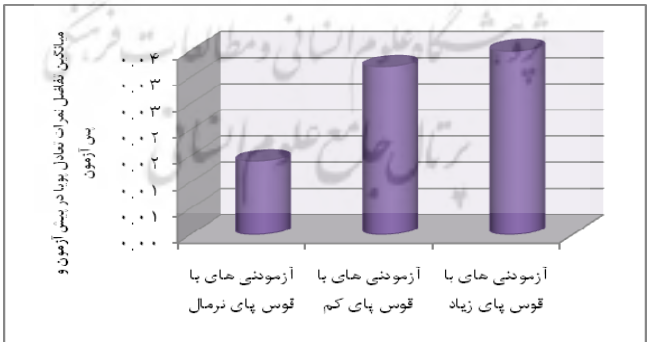
با توجه به جدول ۳، از آزمون ANOVA چنین استنباط می‌شود که اختلاف معناداری بین نمره‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون تعادل پویای آزمودنی‌ها در سه گروه وجود دارد (P=۰/۰۰۴؛ F=۶/۴۷۶).

بنابراین بین تعادل پویای دانش‌آموزان دختر با کف پای متفاوت قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود دارد.

جدول ۳. نتایج آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) بین میانگین تفاضل نمره‌های تعادل پویای پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌ها

متغیر	گروه‌ها	میانگین تفاضل نمره‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون	انحراف استاندارد	مقدار F	سطح معناداری P
تعادل پویا	افراد با قوس کف پای طبیعی	۰/۰۱۴	۰/۰۲۴	۶/۴۷۶	۰/۰۰۴
	افراد با قوس کف پای صاف	۰/۰۳۲	۰/۰۱۸		
	افراد با قوس کف پای گود	۰/۰۳۵	۰/۰۰۹		

برای مشخص شدن اختلاف معنادار بین میانگین تفاضل نمره‌های تعادل پویا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون سه گروه T از آزمون تعقیبی شفه استفاده شد. آزمون تعقیبی شفه نشان داد که بین میانگین تفاضل نمره‌های تعادل پویا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کف پای طبیعی و کف پای صاف اختلاف معناداری وجود دارد (P=۰/۰۱۶). همچنین بین میانگین تفاضل نمره‌های تعادل پویا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کف پای طبیعی و کف پای گود اختلاف معناداری وجود دارد (P= ۰/۰۱۰). ولی اختلاف معناداری بین میانگین تفاضل نمره‌های تعادل پویا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کف پای صاف و کف پای گود مشاهده نشد (P=۰/۹۸۰).



نمودار ۲. میانگین تفاضل نمره‌های تعادل پویا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون آزمودنی‌ها در سه گروه

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تفاوت معناداری بین نمره‌های تعادل پویای پیش‌آزمون و پس‌آزمون دختران در سه گروه با کف پای طبیعی، صاف و گود وجود دارد. همچنین نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معناداری بین میانگین تفاضل نمره‌های تعادل پویای پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین سه گروه وجود دارد که نتایج آزمون تعقیبی شفه حاکی از آن بود که این اختلاف معنادار تنها بین گروه کف پای طبیعی و کف پای صاف و همچنین بین گروه کف پای طبیعی و کف پای گود وجود دارد.

مبحثی از کنترل پاسچر که تاکنون بررسی نشده، خستگی و اثر ساختاری پا روی کنترل پاسچر است. کف پای صاف ممکن است با پرونیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی مرتبط باشد. پرونیشن جبرانی غیرطبیعی ممکن است موجب عدم ثبات و بیش‌حرکتی مفاصل پا شود. از طرف دیگر، کف پای گود که با سوپنیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی همراه است، به‌دلیل سطح اتکای کمی که پا در حالت تحمل وزن نسبت به پای طبیعی دارد، ممکن است بر کنترل پاسچر تأثیر منفی داشته باشد (۶). بنابراین کف پای صاف و گود ممکن است حین تحمل وزن و بعد از خستگی ناشی از فعالیت بدنی ناپایدار باشند و کنترل پاسچر را مختل کنند.

نیکولاس و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کرده‌اند که خستگی عضلانی موجب تغییرات بیشتری در متغیر ثبات پویا نسبت به متغیر ثبات ایستا می‌شود (۳۰). نتایج تحقیقات آنها مبین آن است که سیستم عصبی - عضلانی در کنترل پاسچر پویا روی پاها نقش بیشتری دارد. نیکولاس و همکاران یکی از علل تغییر در کنترل پاسچر بعد از خستگی عضلانی را کاهش تمرکز آزمودنی‌ها در توجه به نوسانات بدن خودشان (۳۰) و علت دیگر آن را تغییر در عملکرد عصبی - عضلانی اندام تحتانی به‌ویژه پا می‌دانند. در واقع آزمودنی‌ها به‌ویژه اگر از گروه غیرورزشکاران باشند، نمی‌توانند خود را با شرایط بعد از خستگی تطبیق دهند. این عدم تطابق با شرایط به کاهش تعادل پویا می‌انجامد که نتایج این تحقیق نشان داد که در تعادل پویای آزمودنی‌ها بعد از خستگی عضلانی ناشی از تمرین کاهش معناداری حاصل شده است.

یکی دیگر از علل تغییر تعادل پویا در این تحقیق، احتمالاً عملکرد سیستم حسی پیکری است. کنترل مناسب تعادل انسان، محصول عملکردی رضایت‌بخش سیستم حسی- پیکری است. حس پیکری نقش بسیار مهمی در تأمین ثبات عملکردی مفصل دارد و مهم‌ترین جزء آوران به‌شمار می‌رود. 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 می‌شوند. اهمیت حس عمقی در فعال کردن[1] مناسب پاسخ‌های تعادلی در نواحی مچ پا یا نواحی بالاتر مانند عضلات ران (استراتژی ران) مورد تأیید محققین مختلف است (۲۷-۲۶). اعتقاد بر این است که فراهم بودن حس عمقی از نواحی کف پا، نقش مهمی در کنترل پاسچر دارد که ایجاد ناهنجاری در پا می‌تواند موجب نقص در کارکرد گیرنده‌های حسی عمقی شود (۳۲).

رستم‌خانی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که خستگی عضلات مچ پا موجب کاهش تعادل پویا می‌شود. آنها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که خستگی به‌عنوان عامل ایجاد نقص در اطلاعات آوران حسی پیکری، می‌تواند به تأخیر در پاسخ‌های پاسچر و اختلال در کنترل پاسچر منجر شود. تغییرات عصبی عضلانی ناشی از خستگی مربوط به ارسال پیام‌های آوران از عضلات خسته است که به کاهش انتقال پیام‌های وابران و توانایی تولید حرکات جبرانی کافی منجر می‌شود (۱). 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 و گود که تعادل عضلانی مطلوبی در اطراف مچ پا ندارند، می‌شود.

به نظر رابرت و همکاران (۲۰۰۹) نیز خستگی عضلانی، تعادل پویا را کاهش می‌دهد (۳۵). با وجود این تفاوت‌هایی بین این تحقیق و تحقیق رابرت و همکاران وجود دارد که از جملهٔ آنها می‌توان به نوع تمرین خستگی‌آور و روش اندازه‌گیری تعادل اشاره کرد. اما مهم‌ترین عامل مشترک این تحقیق و تحقیق آنها، استفاده از پروتکل عملکردی برای ایجاد خستگی است.

موسوی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در تحقیقی ارتباط تعادل پویا در دانش‌آموزان با قوس کف پای متفاوت را بررسی کردند. آنها نیز به این نتیجه رسیدند که افراد با قوس کف پای گود تعادل پویای کمتری نسبت به افراد با قوس کف پای طبیعی دارند. آنها اذعان کردند که کاهش تعادل در افراد با قوس کف پای گود احتمالاً موجب تضعیف عملکرد ورزشی آنها خواهد شد. آنها علاوه‌بر ساختار آناتومیکی مفصل مچ پا، متغیر مساحت کف پایی را نیز در کاهش تعادل این دانش‌آموزان دخیل دانستند (۳). گریگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان کردند که در اثر خستگی عضلات کف پا تعادل پویا دچار کاهش می‌شود و علتی که برای توجیه یافته‌های خود آورده‌اند این است که شکل آناتومیکال

1. Triggering

استخوان‌ها و ساختار بافت نرم عضلات پا عواملی است که احتمالاً بر حفظ تعادل تأثیر می‌گذارند (۱۶). همچنین یکی دیگر از دلایل کاهش تعادل پویا بعد از پروتکل خستگی را به ضعیف بودن عضلات دورسی فلکسور و اینورشن ساق پا نسبت دادند و عنوان کردند که تقویت این عضلات در افراد، اجازهٔ مانور بیشتری را به آنها می‌دهد (۱۶).

حسینی و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که خستگی عملکردی تأثیر معناداری بر تمامی جهات تعادل پویا داشته است. آنها در تحقیق خود از آزمون SEBT برای اندازه‌گیری تعادل استفاده کردند (۱۹).

گاردین و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که خستگی عضلات اینورتور مچ پا موجب کاهش معنادار افت استخوان ناوی در انواع مختلف قوس کف پا می‌شود. ایشان کاهش معنادار افت استخوان ناوی را به‌سبب توزیع نامتقارن وزن دلیلی برای آسیب‌های احتمالی مچ پا در هر سه نوع قوس کف پا (طبیعی، صاف و گود) دانستند (۱۶).

استرانگ و همکاران (۲۰۰۷) به این نتیجه رسیدند که خستگی تأثیری بر اندازه‌های ثبات قدامی-خلفی و ثبات طرفی ندارد و علت این مورد را نیز تطابق‌پذیری عملکردی احتمالی CNS در حضور خستگی عنوان کردند (۵). این بخش از تحقیقات آنها با نتایج تحقیقات آلیسون و هنری (۲۰۰۲)، ارل و همکاران(۲۰۰۲) همخوانی دارد (۱۵،۵).

یکی دیگر از دلایلی که برای توجیه عدم تغییرپذیری تعادل پویا بعد از پروتکل خستگی ذکر شده، فعالیت افزایش‌یافته در رفلکس لیگامنتی- عضلانی است که در اثر خستگی بنا به آمادگی بدنی فرد، سازوکارهای کنترلی را در متغیرهای ثباتی و تعادل به‌کار می‌گیرد (۳۶،۲۸). شاید بتوان عدم تفاوت مشاهده‌شده در تحقیقات را به روش تحقیق و متغیرهای دیگر نیز نسبت داد، اما به‌نظر می‌رسد که ساختار آناتومیکی پا تنها معیار مؤثر در کنترل پاسچر نباشد و امکان دارد عوامل دیگری نقش ساختار آناتومیکی پا را در کنترل پاسچر کمرنگ‌تر جلوه دهند. براساس نظریهٔ سیستم‌ها، توانایی کنترل وضعیت بدن در فضا، ناشی از اثر متقابل، همزمان و پیچیدهٔ سیستم عصبی و عضلانی ـ اسکلتی است، که در مجموع سیستم کنترل پاسچر نامیده می‌شود (۲۹). بنابراین با استناد به نظریهٔ سیستم‌ها نباید ساختار و راستای آناتومیکی مفصل مچ پا را تنها عامل مؤثر در کنترل پاسچر بعد از خستگی ناشی از فعالیت بدنی قلمداد کرد و باید نقش دیگر سیستم‌ها را در این مورد در نظر گرفت. به همین علت به نظر محقق دلایل احتمالی عدم تفاوت مشاهده‌شده در برخی تحقیقات را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد.

۱. با پذیرفتن نقش پرونیشن جبرانی بیش از حد مفصل تحت قاپی در اختلال کنترل پاسچر، ممکن است که به مرور بدن انسان به‌طور ناخودآگاه در پی رفع این اختلال باشد و سیستم‌های دیگری مانند سیستم عصبی – عضلانی نقش جبرانی در این مورد ایفا کنند. برای مثال ممکن است که گیرنده‌های حسی واقع در عضلات مانند دوک‌های عضلانی به مرور زمان دچار حساسیت شوند، که این مسئله موجب آمادگی بهتر عضله برای کمک به حفظ تعادل می‌شود؛ ۲. پای صاف موجب افزایش کنترل پاسچر می‌شود. این مسئله ممکن است که نقش بیش‌جبرانی در مقابل پیش‌حرکتی مفصل تحت قاپی داشته باشد و اثر آن را خنثی کند؛ ۳. آمادگی بدنی در حفظ تعادل می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. عواملی همچون استقامت عضلانی، انعطاف‌پذیری و قدرت در کنترل پاسچر بدن تأثیر دارند. به‌منظور روشن شدن موضوع و بررسی دلایل مذکور، باید از طریق الکترومایوگرافی نقش عضلات اطراف مچ پا در کنترل پاسچر افراد دارای ساختار مختلف قوس کف پا بررسی شود. بنابراین با توجه به موارد گفته‌شده احتمالاً یکی دیگر از علت‌های کاهش ثبات پویا در آزمودنی‌های گروه کف پای صاف این تحقیق را بتوان به عدم تعادل نیروی عضلات و عوامل ثبات قوس کف پا نسبت داد (۱۴).

برون[1] (۲۰۰۲) به بررسی تأثیر خستگی ناشی از فعالیت ورزشی روی حس عمقی و میزان ثبات مچ پا پرداخت (۱۰). نتایج تحقیق وی مغایر نتایج تحقیق حاضر بود. نتایج تحقیق وی بهبود معناداری را در ثبات پاسچرال نشان داد. او نتیجه گرفت که با وجود خستگی عضلانی، مچ پا بعد از فعالیت ورزشی باثبات‌تر خواهد شد. به عقیدهٔ او ورزش موجب افزایش ایمپالس‌های عصبی آوران و وابران می‌شود و در نهایت فعالیت دوک‌های عضلانی اطراف مچ پا به بهبود حس وضعیت مفصل منجر می‌شود و تعادل فرد افزایش می‌یابد (۱۰). در واقع وی معتقد بود که ورزشکاران بعد از مدتی سازگاری با خستگی ناشی از فعالیت‌های ورزشی، تعادل خود را راحت‌تر و بهتر حفظ می‌کنند.

نتایج تحقیقات برونو و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که با افزایش خستگی، میزان زمان واکنش افراد افزایش می‌یابد که این مورد در اثر تغییراتی در راهبردهای سه‌گانه، سبب ایجاد مقاومت در ثبات پاسچرال افراد و در نهایت افزایش ثبات آن می‌شود (۱۱). همچنین آنان ذکر کردند که خستگی ناشی از تمرینات سرعتی (مانند پروتکل خستگی که در این پژوهش استفاده شده است) بیشتر از نوع خستگی عضلانی است و سهم خستگی دستگاه عصبی مرکزی در این نوع از تمرینات به‌طور چشمگیری کمتر

1. Brown

است. در عین حال ذکر شده است که آن نوع خستگی که موجب کاهش توانایی عصبی- عضلانی در تولید نیروی عضلانی می‌شود (خستگی دستگاه عصبی مرکزی)، پدیده‌ای است که در اثر تمرینات و ورزش‌های مقاومتی به‌وجود می‌آید و از آنجا که بیشتر کارهای معمول روزانهٔ افراد از نوع تمرینات مقاومتی‌اند، بنابراین باید گفت خستگی اتفاق‌افتاده در این نوع کارها، خستگی مرکزی است (۱۱).

لطافت‌کار (۲۰۱۲) در تحقیق در زمینهٔ تأثیر خستگی بر تعادل عنوان کرد که با وجود اجرای برنامهٔ تمرینی برای مقایسهٔ تأثیر خستگی بر سیستم تعادل آزمودنی‌ها، در تعادل آزمودنی‌ها در حالت چشم باز تفاوت معناداری میان گروه‌های کنترل و تجربی مشاهده نشد (۲). ازاین‌رو می‌توان گفت کنترل خستگی تنها از سوی گیرنده‌های عمقی عهده‌دار تعادل صورت نمی‌گیرد، بلکه نقش سایر عوامل همچون بینایی نیز در این میان مهم است که نیازمند تحقیقات بیشتری در این زمینه است.

یکی دیگر از عللی که احتمالاً برای توجیه کاهش معنادار ثبات پاسچرال بعد از ایجاد خستگی در آزمودنی‌های گروه دارای کف پای صاف و گود نسبت به گروه با کف پای طبیعی می‌توان ذکر کرد، این است که ناهنجاری در کف پا موجب عدم تعادل نیروی عضلانی در عضلات آگونیست و آنتاگونیست مچ پا می‌شود و خستگی می‌تواند سبب تشدید کاهش تعادل و در نهایت کاهش بیشتر تعادل شود. همچنین خستگی ناشی از تمرین موجب تغییر در پیام‌های آوران‌های حسی می‌شود که کاهش تنظیم پاسچرال و افزایش نوسان بدن را به‌طور چشمگیری در افراد با ناهنجاری قوس کف پا به‌دنبال دارد (۲۲). همچنین از علل احتمالی دیگر می‌توان به این نکته اشاره کرد که خستگی عضلانی ناشی از تمرین در افراد با ناهنجاری قوس کف پا، موجب افزایش زمان تأخیر و کاهش فعالیت عضلانی به‌ویژه عضلات ضعیف‌تر می‌شود و از این طریق بر کنترل پاسچر تأثیر می‌گذارد (۱۰۰). علت احتمالی دیگر را می‌توان به تغییر حس عمقی و کاهش کارایی اجزای انقباضی در افراد با ناهنجاری در قوس کف پای صاف و گود مربوط دانست (۳۹).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این تحقیق، خستگی عملکردی ناشی از تمرین می‌تواند کنترل پاسچر افراد با ناهنجاری قوس کف پا را تحت تأثیر قرار دهد و احتمال بروز آسیب و کاهش عملکرد ورزشی این افراد را در پی داشته باشد. ازاین‌رو اصلاح ناهنجاری‌های قوس کف پا و استفاده از دوره‌های تمرینی مناسب به‌منظور ارتقای آمادگی جسمانی و کاهش تجربهٔ خستگی این افراد در یک فعالیت ویژه توصیه می‌شود.

منابع و مآخذ

۱. رستم‌خانی، حسین. رحمانی‌نیا، فرهاد. هادی، حمداله. (۱۳۸۸). **"اثر خستگی عضلات پروگزیمال و دیستال اندام تحتانی و خستگی ناشی از فعالیت تا حد واماندگی بر تعادل پویا".** نشریهٔ پژوهش در علوم ورزشی، شمارهٔ ۲۳ ، ص ۸۲-۶۹.

۲. لطافت کار، امیر. (۱۳۸۸). **"تأثیر خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده‌ساز بر تعادل مردان ورزشکار".** تهران، دانشگاه تهران، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، ص ۹۲-۷۴.

۳. موسوی، سید حامد. (۱۳۸۹). **"ارتباط بین میزان قوس طولی داخلی کف پا با تعادل ایستا و پویا در پسران دانش‌آموز ۱۲ تا ۱۴ سال".** نشریهٔ طب ورزشی، - شمارهٔ ۲، ص ۱۲۵-۱۰۷.

4. Abdolvahabi Z, Shirpour Bonab S, Rahmati H, Salimie Naini S.(2011). **"The effects of ankle plantar flexor and knee extensor muscles fatigue on dynamic balance of the female elderly"**. Journal World Applied Sciences. 15 (9): pp:1239-1245.
5. Adam ,J. Strang William ,P. Berg. (2007). **"Fatigue-induced adaptive changes of anticipatory postural adjustments"**. Exp Brain Res. 178: pp:49-61.
6. Adriana Carvajal, Sancho Jose Moncada, Jimenez.(2005). **"The acute effect of energy drinks on the physical and cognitive performance of male athletes".** Kinesiologia Slovenia. 11(2); pp:5-16.
7. Allison ,GT. Henry ,SM.(2002). **"The influence of fatigue on trunk muscle responses to sudden arm movements: a pilot study".** Clin Biomech. 17: pp:414-417.
8. Asimenia G, Paraskevi M, George P, Anastasia B, George G.(2011). "**Effects of a soccer training session fatigue on balance ability".** Journal of human sport & exercise. 6:3, pp:521-527.
9. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI.(1995). "**The RPE Scale: Reliability assessment for elderly residents and patients with an acute stroke"**. Scand J Rehab Med 27: pp:27-36.
10. Brown ,JP.(2002). **"Effects of fatigue on ankle stability and proprioception in university sports people"**. British Sport J Med. pp:306-10.

11. Bruno ,Araújo Rego Santos Silva. Flávia ,Gomes Martinez. Adriana ,Moré Pacheco and Ivan Pacheco.(2011). "**Effects of the exercise-induced muscular fatigue on the time of muscular reaction of the fibularis in healthy individuals".** Rev Bras Med Esporte. 12 (2): pp:31-41.
12. Davidson ,BS. Madigan ,ML. Nussbaum ,MA.(2004). **"Effects of lumbar extensor fatigue and fatigue rate on postural sway".** Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 93: pp:183-189.
13. De Paoli ,FV. Overgaard ,K. Pedersen ,TH. & Nielsen ,OB.(2007). **"Additive protective effects of the addition of lactic acid and adrenaline on excitability and force in isolated rat skeletal muscle depressed by elevated extracellular"**. J Physiol. 581, pp:829-839.
14. Derare ,W.(2002). **"Treadmill exercise negatively affects visual contribution to static postural stability"**. Int J Sport Med. 23(1): pp:44-9.
15. Earl ,JE. Hertel ,J.(2001). **"Lower- extremity muscle activation during the star excursion balance tests"**. J Sport Rehabil. 10: pp:93-104
16. Gardin ,FA. Middlemas ,A. Williams ,JL. Horn ,R. (2013). **"Navicular Drop before and after Fatigue of the ankle invertor muscles"**. International journal of Athletic Therapy & training. 18(6), pp:36-39.
17. Hewett ,T.E. Lindenfeld ,T.N. Riccobene ,J.V. & Noyes ,F.R.(1999). **"The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes".** A prospective study. American Journal of Sports Medicine. 27, pp:699-705.
18. Hosseinimehr SH, Daneshmandi H, Norasteh AA.(2010). **"The effects of activity related fatigue on static and dynamic postural control in college athletes"**. Brazilian Journal of Biomotricity. 4(2), pp:148-155.
19. Hosseini S, Rostamkhany H, Panahi M, Darzi Ramandi L.(2012). **"Exercise-Related Fatigue Change Dynamic Postural Control in Healthy Males".** Journal of Scientific Research. 11 (2): pp:230-236.
20. Johnston III ,RB. Howard ,ME. Cawley ,PW. Loose ,GM.(1998). **"Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance"**. Med Sci Sports Exerc. 30: pp:1703-1707.

21. Joice cj.(2001). **"Dorsiflexor and plantarflexor muscle fatigue decreases postural control".** J athletic train. 36(2): pp:32-44.
22. Joseph ,C. Wilkins T,C. Valovich M,H. Perri B,M.(2004). **"Gansneder. Performance on the Balance Error Scoring System Decreases after Fatigue".** Journal of Athletic Training. 39(2): pp:156-161.
23. Letafatkar A, Milaei M, Farrar A.(2012). **"Being in context and similarity in fatiguing protocols to main aspects of wrestling don't alter the balance".** Journal of Modern Physiotherapy. 1(1). pp:6-9.
24. Letafatkar A Milaei M.(2012). **"The effect of muscular fatigue on functional postural stability".** Journal of Modern Physiotherapy. 1(1). pp:1-5.
25. Madigan ,ML. Davidson ,BS. Nussbaum ,MA.(2006). **"Postural sway and joint kinematics during quiet standing are affected by lumbar extensor fatigue"**. J Hum Mov Sci. 25: pp:788-799.
26. Manfredini B B, Matheus J W.(2011). **"Effect of muscle fatigue on posture control in soccer players during the short-pass movement".** Journal of Hum, 13(5): pp:348-353.
27. Marchetti PH, Orselli MIV, Duarte M.(2012). **"The effects of uni- and bilateral fatigue on postural and power tasks"**. Journal of Applied Biomechanics, 10(2): pp:30-45.
28. Michael B, Melissa R , Reed F.(2010). **"The role of tibialis posterior fatigue on foot kinematics during walking"**. Journal of Foot and Ankle Research, 3: pp:6-12.
29. M.I. ,Lindinger.(2007). **"Combating muscle fatigue extracellular lactic acidosis and catecholamines".** J Physiol. 581(2): pp:419-428.
30. Nicolas ,V. Baptiste ,A. Patrice ,R.(2007).**"Trunk extensor muscle fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults".** J Gait & Posture. 24: pp:166- 72.
31. Olivier C.(2004). **"Is there interaction between vision and local fatigue of the lower limbs on postural control and postural stability in human posture"?** J Athl Train. 38(5): pp:123- 9.
32. Pedersen ,J. Lonn ,J. Hellstrom ,F. Djupsjobacka ,M. Johansson ,H.(1999). **"Localized muscle fatigue decreases the acuity of the**

movement sense in the human shoulder". Med Sci Sports Exerc. 31(7): pp:1047-1052.

33. Raisi M, Kallashi M, Chahar MR.(2012). **"Does Metabolic Fatigue have Effects on Static and Dynamic Postural Controlin Female Athletes"?** Journal Annals of Biological Research, 3 (7): pp:3716-3722.
34. Riemann ,BL. Myers ,JB. Lephart ,SM.(2003). **"Comparison of the ankle, knee, hip, and trunk corrective actions shown during single-leg stance on firm, foam and multiaxial surfaces".** Arch Phys Med Rehabil. 84: pp:90-5.
35. Robert ,C. Reimer ,III. Erik ,A. Wikstrom.(2009)."**Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control"**. Journal of Science and Medicine in Sport. 414: pp:1-6.
36. Sarshin A, Mohammadi S, Babaei pour H, Sedighi M.(2011). **"The effect of functional fatigue on dynamic postural control of badminton players"**. Journal biology of exercise. 7:2, pp:26-32.
37. Schieppati ,M.(2003). **"Neck muscle fatigue affects postural control in man"**. J of Neuroscience. 121: pp:277-85.
38. Soren So, Henning L.(2010). "**The navicular position test a reliable measure of the navicular bone position during rest and loading".** The International Journal of Sports Physical Therapy, 6,3: pp:191-199.
39. Stephen JM, Jeffrey A.(2011). **"Lower extremity fatigue increases complexity of postural control during a single-legged stance".** Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 8: pp:43-50.
40. Susco, T., Valovich, T., Gansneder B., Shultz, S.(2004). **"Balance recovers within 20 minutes after exertion as measured by the balance error scoring system".** J Athl Train. 39(3), pp:241-246.
41. Taylor ,JL. Butler ,JE. Gandevia ,SC.(2000). **"Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue".** Eur J Appl Physiol. 83: pp:106-15.
42. Vuillerme ,N. Anziani ,B. Rougier ,P.(2007). **"Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control mechanisms in young healthy adults".** Clin Biomech (Bristol, Avon). 22:pp:489-494.

43. 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".** J Gait Posture. 24: pp:166-172.

44. Wilkins JC, McLeod DH,Perrin B.M. (2004). **"Performance on the balance error scoring system decreases after fatigue"**. J Athletic Training, 39(2): pp:156-161.

45. Yaggie ,JA. (2002).**"Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural control".** Arch Phys Med Rehab. 83(2): pp:224-8.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی