مطالعات طب ورزشی شماره ۲۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صص ۲۸-۱۷

تأثیر خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری بر تغییرات مرکز فشار و توزیع فشار کف‌پایی در حین دویدن سه‌گانه‌کاران مبتدی

مصطفی سپهریان[1]، مهرداد عنبریان[2]

۱. کارشناس‌ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشگاه بوعلی‌سینا

۲. استاد بیومکانیک ورزشی، دانشگاه بوعلی‌سینا*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۳۰

چکیده

موفقیت در رشتهٔ ورزش سه‌گانهٔ تابستانی به کارایی بهینهٔ دویدن بدون ایجاد اختلال ناشی از دوچرخه‌سواری بستگی دارد. تغییر الگوی دویدن می‌تواند باعث بروز آسیب در اندام تحتانی به‌ویژه در مچ و کف پا گردد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری بر تغییرات مرکز فشار و توزیع فشار کف‌پایی حین دویدن در ورزشکاران سه‌گانه‌کار مبتدی بود. بدین‌منظور ۱۲ سه‌گانه‌کار مبتدی (با میانگین سنی ۲/۱۴±۲۳/۷۶ سال؛ وزن ۲/۵۴±۷۸/۴۵ کیلوگرم؛ قد ۲/۳۲±۱۷۹/۸۲ سانتی‌متر) به‌صورت دردسترس انتخاب شدند و در این پژوهش شبه‌تجربی شرکت کردند. برای ایجاد خستگی از یک پروتکل ۱۲ مرحله‌ای دوچرخه‌سواری بر روی دستگاه کارسنج استفاده شد و میزان انحرافات مرکز فشار و توزیع فشار کف‌پایی به‌وسیلهٔ دستگاه فوت‌اسکن، قبل و بعد از پروتکل خستگی در فازهای مختلف دویدن اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان می‌دهد که حداکثر فشار واردشده در نواحی داخلی پاشنه (P=۰/۰۲۹)، ناحیهٔ استخوان کف‌پایی اول (P=۰/۰۰۱)، ناحیهٔ استخوان کف‌پایی دوم (P=۰/۰۰۱)، ناحیهٔ استخوان کف‌پایی سوم (P=۰/۰۱) و ناحیهٔ استخوان کف‌پایی چهارم (P=۰/۰۱۷) به‌صورت معناداری افزایش یافته است؛ اما ناحیهٔ میانی پا کاهش را نشان می‌دهد (P=۰/۰۴۵). شایان‌ذکر است که پس از خستگی در مرحلهٔ تماس، سوپینیشن پا به‌طور معناداری کاهش یافته است (P=۰/۰۲)؛ اما در مرحلهٔ میانی استقرار، پرونیشن به‌صورت معناداری افزایش پیدا کرده است (P=۰/۰۴). براساس این یافته‌ها می‌توان گفت که خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری باعث افزایش فشارهای کف‌پایی و تغییر در انحرافات مرکز فشار می‌شود و این عوامل می‌توانند باعث ایجاد درد و آسیب‌دیدگی‌های اندام تحتانی گردند؛ ازاین‌رو، پیشنهاد می‌شود سه‌گانه‌کاران مبتدی عضلات اینورتور خود؛ به‌ویژه عضلهٔ درشت‌نی قدامی را تقویت نمایند.

واژگان کلیدی: سه‌گانه، خستگی، دوچرخه‌سواری، دویدن، توزیع فشار کف‌پایی، مرکز فشار پا

* نویسندهٔ مسئول Email: anbarian@basu.ac.ir

مقدمه

رشتهٔ ورزشی سه‌گانهٔ تابستانی[1] از رشته‌های ورزشی المپیکی می‌باشد. ورزشکاران سه‌گانهٔ تابستانی برای ثبت مجموع زمان بهتر در شنا، دوچرخه‌سواری و دویدن با یکدیگر رقابت می‌کنند. موفقیت در این رشته بستگی به توانایی ورزشکار در دویدن با حداکثر کارایی، عملکرد حرکتی و الگوی مناسب دارد (۱). بیشتر ورزشکاران سه‌گانه پس از انجام مرحلهٔ دوچرخه‌سواری، تغییر محسوسی در هماهنگی عضلانی طی دویدن را گزارش می‌کنند (۲). بیشتر مطالعات انجام‌شده در ارتباط با رشتهٔ سه‌گانه بر روی متغیرهای کینماتیکی، کینتیکی و پارامترهای الکترومایوگرافی دویدن سه‌گانه‌کاران حرفه‌ای متمرکز شده‌اند (۶ـ۳،۱). از جملهٔ این مطالعات می‌توان به پژوهش گوزنک[2] و همکاران (۱۹۹۶) اشاره کرد. آن‌ها در این پژوهش نشان دادند که کارایی دویدن ورزشکاران سه‌گانه پس از دوچرخه‌سواری نسبت به دویدن بدون دوچرخه‌سواری کاهش پیدا می‌کند (۷). برنارد[3] و همکاران (۲۰۰۳) نیز با بررسی تأثیر دوچرخه‌سواری بر پارامترهای دویدن مشاهده کردند که آهنگ و سرعت دویدن در ۵۰۰ متر اول پس از دوچرخه‌سواری با ۸۰ و ۱۰۰ دور بر دقیقه (rpm)[4] نسبت به ۶۰ دور بر دقیقه افزایش پیدا می‌کند (۲). طبق مطالعهٔ انجام‌شده توسط مارینو[5] و همکاران (۲۰۰۸) در ارتباط با سرعت و طول گام‌برداری طی ۱۰ کیلومتر دویدن پس از ۴۰ کیلومتر دوچرخه‌سواری و دویدن بدون دوچرخه‌سواری مشخص شد که دویدن پس از تمرین دوچرخه‌سواری باعث کاهش سرعت و کاهش طول گام‌برداری می‌شود (۸). دل‌کاسو[6] و همکاران (۲۰۱۲) نیز در پژوهش خود میزان ارتفاع پرش، توان اندام تحتانی، قدرت گرفتن دست‌ها را قبل و بعد از مسابقات مرد آهنین سه‌گانه اندازه‌گیری نمودند که براساس مشاهدات آن‌ها توان خروجی اندام تحتانی (میزان ارتفاع پرش) پس از مسابقه به‌شکل معناداری کاهش داشت؛ اما قدرت گرفتن دست‌ها تفاوتی را نشان نداد (۶). کاهش توان اندام تحتانی و عدم تفاوت در قدرت دست‌ها حاکی از آن است که بیشترین خستگی ناشی از مسابقه در سه‌گانه مربوط به اندام تحتانی بوده است. مطالعات گذشته عنوان کرده‌اند که بردار نیروی عکس‌العمل زمین[7] و پارامترهای کینماتیکی و الکترومایوگرافی از حساسیت کافی برای کشف تغییرات بیومکانیکی پا برخوردار نمی‌باشند (۱۲ـ۹).

---

1. Triathlon Summer
2. Guezennec
3. Bernard
4. Revolution Per Minute
5. Marino
6. Del Caso
7. Ground Reaction Force

بردار نیروی عکس‌العمل زمین که با استفاده از صفحات نیرو ثبت می‌شود دارای یک مختصات مرکز فشار است؛ درحالی‌که تمام کف پا با زمین در تماس بوده و نیروهای موجود در سطح تماس توزیع می‌شوند. یکی از مهم‌ترین سطوح تماس بدن که میزان و نحوهٔ توزیع فشار در آن موردمطالعه قرار گرفته است، سطح تماس کف پا با زمین می‌باشد. پا تنها ساختار آناتومیکی بدن است که با زمین در تماس بوده و به‌عنوان انتهایی‌ترین بخش زنجیرهٔ حرکتی اندام تحتانی دربرابر نیروهای اعمالی مقاومت می‌کند (۱۵ـ۱۳). توزیع نامناسب نیروها سبب ایجاد حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس زیاد شده و آسیب بافت و عضلات پا را به‌دنبال خواهد داشت (۱۲ـ۹)؛ به‌عنوان‌مثال، افزایش و یا کاهش فشار در زیر پاشنه منجر به ناتوانی در کنترل حرکات اینورشن و اورشن مفصل ساب‌تالار، کاهش جذب شوک در زمان برخورد پاشنه[1] و کاهش توان عضلانی طی مرحلهٔ انتقال وزن[2] می‌گردد (۹،۱۰). تجزیه‌وتحلیل فشار کف‌پایی، دیدگاه جدیدی را در آسیب‌شناسی اندام تحتانی ایجاد کرده است که با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده، عوامل ایجاد درد و آسیب اندام تحتانی را موردمطالعه قرار می‌دهد. باید عنوان نمود که علی‌رغم جستجوی پژوهشگران، پژوهشی که به بررسی اثر خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری بر تغییرات مرکز فشار پا و همچنین، توزیع فشار کف‌پایی هنگام دویدن سه‌گانه‌کاران پرداخته باشد یافت نشد؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر خستگی بر تغییرات مرکز فشار و توزیع فشار کف‌پایی در مرحلهٔ استانس دویدن سه‌گانه‌کاران مبتدی می‌باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر یک مطالعهٔ نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعهٔ آماری پژوهش را ورزشکاران سه‌گانه‌کار مبتدی تشکیل دادند. نمونهٔ آماری نیز ۱۲ نفر از ورزشکار سه‌گانه‌کار مبتدی (با میانگین وزنی ۲/۵۴±۷۸/۴۵ کیلوگرم؛ قد ۲/۳۲±۱۷۹/۸۲ سانتی‌متر؛ سن ۲/۱۴±۲۳/۷۶ سال؛ سابقهٔ حداقل یک و حداکثر دو سال) بودند (۱۶). معیارهای ورود به پژوهش عبارت بود از: عدم شکستگی و آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی، عدم وجود ناهنجاری‌های اندام تحتانی (اندازه‌گیری به‌وسیلهٔ آزمون نیویورک)، عدم شرکت در رشتهٔ ورزشی دیگر در شش ماه گذشته و داشتن حداقل سه جلسه تمرین در هفته. پس از بررسی و معاینات اولیه، ورزشکاران رضایت خود را با تکمیل فرم رضایت‌نامه اعلام نمودند. برای نزدیک‌کردن آزمایش به شرایط طبیعی و پیش‌گیری از تغییر احتمالی الگوی دویدن آزمودنی در اثر تمرکز بر سرعت دویدن، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا با سرعت

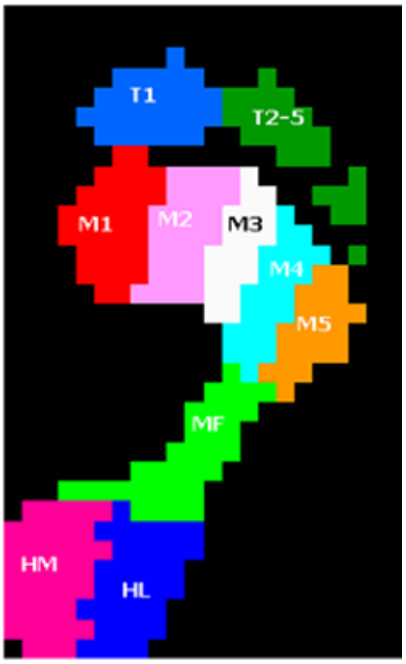
1. Heel Contact
2. Loading Response

خودانتخابی، مسیر ۲۰ متری را طی کنند (سه‌مرتبه برای آشنایی با مسیر)؛ البته برای مقایسهٔ اثر احتمالی سرعت دویدن و کنترل آن در تجزیه‌وتحلیل اطلاعات در طول مسیر، سرعت دویدن فرد با زمان‌سنج دیجیتالی[1] کنترل گردید (۱۷،۱۸). لازم‌به‌ذکر است که به‌دلیل خودانتخابی‌بودن سرعت دویدن، تغییر قابل‌توجه در تکرارهای مختلف مشاهده نشد. درادامه و به‌منظور انجام آزمایش اصلی، آزمودنی‌ها مسیر ۲۰ متری را شش مرتبه در پیش‌آزمون با پای برهنه طی نمودند و انحرافات مرکز فشار و توزیع فشار مناطق ده‌گانه توسط دستگاه اندازه‌گیری فشار کف‌پایی[2] با طول ۱۰۶۸ میلی‌متر، عرض ۴۱۸ میلی‌متر و تعداد ۸۱۹۲ سنسور با فرکانس نمونه‌برداری ۵۰۰ هرتز اندازه‌گیری گردید. ذکر این نکته ضرورت دارد که دستگاه اندازه‌گیری فشار کف‌پایی در فاصلهٔ ۱۵ متری این مسیر به‌صورت طولی قرار گرفته بود. پیش از اجرای آزمون اصلی از آزمودنی‌ها خواسته شد تا با سرعت طبیعی به‌مدت دو تا سه دقیقه دویدن را بر روی دستگاه تمرین کنند تا بتوانند هنگام اجرای آزمون اصلی، یک پا (پای برتر) را با دستگاه تماس دهند. برای ایجاد خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری از پروتکل ۱۲ مرحله‌ای تعدیل‌شدهٔ مربوط به پژوهش بوناچی[3] و همکاران (۲۰۱۳) و همچنین، دوچرخهٔ ثابت تنتوری[4] مدل ۶۰۴ استفاده گردید (۱۰). آهنگ پدال‌زدن آزمودنی‌ها در تمامی مراحل پروتکل ۹۰ تا ۱۰۰ دور بر دقیقه بود. برای اطمینان از واماندگی آزمودنی‌ها در پایان هر مرحلهٔ پروتکل از شاخص RPE[5] (۲۰ـ۶ رتبهٔ بورگ) استفاده شد که عدد شش نشان‌دهندهٔ عدم خستگی بوده و رتبهٔ ۱۷ الی ۲۰ نشان‌دهندهٔ واماندگی می‌باشد (۴). شایان‌ذکر است که درصورت گزارش عدد بیش از ۱۷ در انتهای هریک از مراحل، پروتکل خستگی متوقف می‌شد. پس از اتمام پروتکل خستگی، آزمودنی‌ها دوباره مسیر ۲۰ متری را همانند پیش‌آزمون طی کردند. باید عنوان نمود که در این پژوهش کف پا به ۱۰ منطقهٔ آناتومیکی شامل: ناحیهٔ خارجی پاشنهٔ پا، ناحیهٔ داخلی پاشنهٔ پا، ناحیهٔ میانی کف پا، سرهای پنج استخوان کف پا، انگشتان دو تا پنج و انگشت شست پا تقسیم‌بندی شد (شکل شمارهٔ یک).

1. Chronometer

۲. مدل RS scan، ساخت کشور بلژیک

3. Bonacci
4. Tunturi ECB PRO Trainer 604
5. Ratio of Perceived Exertion



شکل ۱- تقسیم کف پا به نواحی ده‌گانه

پس از اطمینان از نرمال‌بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ـ ویلک[1]، از روش آماری تی هم‌بسته[2] برای تشخیص تفاوت‌های ایجادشدهٔ ناشی از خستگی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. در داده‌هایی که میزان هم‌بستگی پیرسون معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون آن‌ها مشاهده نگردید، روش آماری تی مستقل برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مورداستفاده قرار گرفت. همچنین، به‌منظور محاسبهٔ اندازهٔ اثر[3] (ES) در آزمون تی هم‌بسته و تی مستقل از مجذور اتا بهره گرفته شد. باید توجه داشت که براساس نظر کوهن[4]، اندازهٔ اثر ۰/۱۰، ۰/۳۰و ۰/۵۰ درصد به‌ترتیب کوچک، متوسط و بزرگ قلمداد می‌شود (۲۱). لازم‌به‌ذکر است که آزمون‌های آماری به‌وسیلهٔ نرم‌افزار $SPSS_{20}$ انجام گرفت و سطح معناداری در این پژوهش معادل ($P\leq ۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

1. Shapiro-Wilk
2. Independent T
3. Effect Size
4. Cohen

نتایج

نتایج حاصل از توزیع فشار کف‌پایی در مناطق ده‌گانهٔ پا پس از خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری نشان می‌دهد که حداکثر فشار ناحیهٔ داخلی پاشنه (P=۰/۰۲۹)، ناحیهٔ استخوان کف‌پایی اول (P=۰/۰۰۱)، ناحیهٔ استخوان کف‌پایی دوم (P=۰/۰۰۱)، ناحیهٔ استخوان کف‌پایی سوم (P=۰/۰۱) و ناحیهٔ استخوان کف‌پایی چهارم (P=۰/۰۱۷) به‌صورت معناداری افزایش یافته است؛ اما ناحیهٔ میانی پا (P=۰/۰۴۵) کاهش را نشان می‌دهد. شایان‌ذکر است که تحلیل نتایج نواحی دیگر تفاوت معناداری را نشان نداد. همچنین، محاسبهٔ ضریب اثر (ES) با استفاده از مجذور اتا، اثر خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری در توزیع فشار کف‌پایی ناحیهٔ داخلی پاشنه و ناحیهٔ استخوان کف‌پایی چهارم را دارای اثر متوسط (۲۴ درصد، ۲۰ درصد=ES) و ناحیهٔ میانی کف پا (۳۲ درصد=ES)، ناحیهٔ استخوان کف‌پایی اول (۳۳ درصد=ES)، ناحیهٔ استخوانی کف‌پایی دوم (۴۳ درصد=ES) و ناحیهٔ استخوان کف‌پایی سوم (۳۸ درصد=ES) را دارای اثر بزرگ نشان داد. در جدول شمارهٔ یک، اطلاعات آماری مقادیر حداکثر فشار نواحی ده‌گانهٔ کف‌پایی، قبل و بعد از اعمال خستگی در مرحلهٔ استانس دویدن ارائه شده است.

جدول ۱- مقایسهٔ میانگین حداکثر فشار (نیوتن بر سانتی‌متر مربع) طی راه‌رفتن در دو نوبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون

نواحی کف پا	پیش‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد	پس‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد	مقدار t	مقدار P	مجذور اتا
انگشت شست	۱۰/۵۸±۱/۱۴	۱۰/۵۹±۲/۱۵	۰/۰۰۱	۰/۹۹	------
انگشت دو تا پنج	۳/۶۵±۰/۹۱	۳/۴۱±۰/۸۳	۰/۶۹	۰/۵	------
استخوان کف‌پایی یک	۱۳/۸۹±۱/۹۱	۱۶/۴۱±۱/۸۲	۳/۳	۰/۰۰۳**	٪۳۳
استخوان کف‌پایی دو	۱۳/۱۱±۱/۹۶	۱۵/۹۸±۱/۴۴	۴/۰۷	۰/۰۰۱**	٪۴۳
استخوان کف‌پایی سه	۱۳/۵۸±۲/۶۱	۱۷/۱۴±۲/۱۴	۳/۶۵	۰/۰۰۱**	٪۳۸
استخوان کف‌پایی چهار	۸/۵۶±۱/۳	۱۰/۴۵±۲/۱۵	۲/۶	۰/۰۱۶*	٪۲۴
استخوان کف‌پایی پنج	۵/۱۳±۰/۹	۵/۱۸±۱/۷۵	۰/۹۹	۰/۹۲	------
ناحیهٔ میانی پا	۴/۵۱±۱/۶۲	۳/۷۵±۱/۲۴	۲/۲۶	۰/۰۴۵*	٪۳۲
ناحیهٔ خارجی پاشنه	۱۲/۱۵±۲/۲	۱۳/۸۷±۱/۳۲	۰/۷۲	۰/۴۸	------
ناحیهٔ داخلی پاشنه	۱۳/۳۲±۱/۸	۱۲/۷۸±۱/۸۴	۲/۳۲	۰/۰۳*	٪۲۰

**تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۱ * تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۵

مقادیر مثبت نشان‌داده‌شده در جدول شمارهٔ دو بیانگر حرکت مرکز فشار (COP_x) به‌سمت داخلی محور طولی کف پا بوده (پرونیشن‌شدن پا) و مقادیر منفی، حرکت مرکز فشار به‌سمت خارج محور طولی کف پا را نشان می‌دهد (سوپینیشن‌شدن پا).

بررسی نتایج حاصل از تغییرات مرکز فشار حین دویدن پس از خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری نشان از کاهش معنادار سوپینیشن در مرحلهٔ تماس (P=۰/۰۲) دارد که ۲۳ درصد (مجذور اتا) از این تغییرات تحت‌تأثیر خستگی بود (اثر متوسط). در مرحلهٔ میانی استقرار نیز پرونیشن به‌صورت معناداری افزایش داشت (P=۰/۰۴) که ۱۸ درصد (مجذور اتا) از این تغییرات ناشی از اثر خستگی بود (اثر متوسط). شایان‌ذکر است که تغییرات در مرحلهٔ پیشروی تفاوت معناداری نداشت.

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد انحراف COP_x مرحلهٔ استانس دویدن، قبل و بعد از پروتکل خستگی

	مرحلهٔ تماس*(میلی‌متر)	مرحلهٔ میانی استقرار*(میلی‌متر)	مرحلهٔ پیشروی (میلی‌متر)
قبل از خستگی	-۶/۸۲±۲/۰۹	-۱/۱۷±۲/۲۹	۱۳/۸۸±۲/٤۸
بعد از خستگی	-٤/۸۲±۱/۷٦	۰/۹۰±۲/۳۲	۱۵/۰۳±۳/۵۵
مقدار t	۲/۵۳	۲/۲	۰/۹۲
مقدار P	۰/۰۲	۰/۰٤	۰/۳۷
مجذور اتا	٪۲۳	٪۱۸	------

*علامت ستاره نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح $P\leq$۰/۰۵ است.

بحث و نتیجه‌گیری

خستگی یکی از عواملی است که می‌تواند باعث اختلال در الگوی دویدن گردد. تغییر در الگوی دویدن باعث تغییر گشتاور مفاصل شده و درنتیجه، منجر به ایجاد آسیب و یا کاهش عملکرد ورزشی می‌گردد (۱۹). پژوهش حاضر در پی آن بود تا اثر خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری را بر میزان تغییرات مرکز فشار و توزیع فشار مناطق ده‌گانهٔ کف‌پایی طی دویدن سه‌گانه‌کاران مبتدی بررسی نماید. با انتخاب عدد بالاتر از ۱۷ در شاخص بورگ ۲۰ـ۶ رتبه‌ای، این اطمینان حاصل شد که تمام ورزشکاران به حد واماندگی رسیده‌اند. بررسی داده‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که پس از خستگی، سوپینیشن در فاز تماس کاهش می‌یابد؛ اما پرونیشن در فاز میانی استانس با افزایش معناداری مواجه می‌شود. همچنین، تحلیل نتایج فشار کف‌پایی بیانگر آن بود که میزان فشار

نواحی داخلی پاشنه و متاتارسال‌های یک الی چهار افزایش معناداری داشته است؛ اما میزان فشار ناحیهٔ میانی کف پا به‌صورت معناداری کاهش یافته است. باید توجه داشت که در بررسی مطالعات گذشته، پژوهشی که به بررسی فشار کف‌پایی سه‌گانه‌کاران پرداخته باشد توسط پژوهشگر یافت نشد؛ بنابراین، امکان مقایسهٔ نتایج این پژوهش با مطالعات گذشته وجود نداشت.

بایسیاز[1] و همکاران (۲۰۰۸) و وایست[2] و همکاران (۲۰۰۴) طی بررسی اثر خستگی بر توزیع فشار کف‌پایی با پروتکل دویدن مشاهده کردند که حداکثر فشار کف‌پایی در نواحی استخوان‌های کف‌پایی دو و سه افزایش پیدا کرده است که نتایج این مطالعات (با پروتکل خستگی دویدن) با یافته‌های پژوهش حاضر (با پروتکل خستگی دوچرخه‌سواری) همسو می‌باشد (۹،۱۲).

یکی از مکانیسم‌های مهم اندام تحتانی در جذب شوک ناشی از برخورد پا با زمین، انجام کنترل‌شدهٔ حرکت پرونیشن است. هنگام برخورد پا با زمین به‌دلیل بازبودن مفصل زانو، ساق پا دارای چرخش خارجی می‌باشد که باعث ایجاد حرکت سوپینیشن در مفصل ساب‌تالار می‌شود. هنگامی‌که پا درحالت سوپینیشن به زمین برخورد می‌کند، به‌دلیل ایجاد نیروی عکس‌العمل، گشتاور حاصل پا را به سمت پرونیشن‌شدن می‌برد (۱۳،۱۷) که درصورت کنترل‌نشدن این گشتاور پرونیشنی، ناحیهٔ داخلی کف پا با نیروی بیشتری با زمین برخورد می‌کنند و این امر باعث افزایش فشار در این نواحی می‌گردد (۱۳،۱۷). اختلال در مکانیسم جذب شوک پرونیشن پا می‌تواند باعث ایجاد آسیب در مفاصل کف پا، مچ پا و زانو گردد (۱۹). ازسوی‌دیگر، حرکت پرونیشن و سوپینیشن پا با چرخش‌های داخلی و خارجی ساق پا هماهنگ بوده و این امر نشان می‌دهد که اختلال در الگوی پرونیشن و سوپینیشن پا می‌تواند باعث بروز اختلال در چرخش‌های ساق پا و درنتیجه، آسیب به زانو گردد (۱۳،۱۹). دراین‌راستا، گوریاچو[3] و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که حرکت مرکز فشار به‌سوی داخل و خارج پا باعث تغییر در گشتاور اداکشنی زانو می‌شود و می‌تواند منجر به آسیب‌های مفصل زانو گردد (۱۰). خستگی عضلانی یکی از عوامل مهمی است که می‌تواند منجر به بروز اختلال در کنترل حرکت پرونیشن پا گردد (۹،۱۲). همچنین، اختلال در کنترل حرکت پرونیشن می‌تواند باعث کاهش جذب شوک و درنتیجه، افزایش فشار به ساختارهای کف پا شود (۹،۱۲). این احتمال وجود دارد که در پژوهش حاضر، خستگی عضلانی به‌ویژه عضلهٔ درشت‌نی قدامی باعث عدم کنترل حرکت پرونیشن در مراحل استانس شده باشد که درنتیجهٔ آن فشار به نواحی داخلی پا از جمله ناحیهٔ داخلی پاشنه و متاتارسال‌های یک الی چهار افزایش پیدا کرده است. افزایش فشار در نواحی

1. Bisiaux
2. Weist
3. Goryachev

استخوان‌های کف‌پایی در طولانی‌مدت می‌تواند باعث شکستگی‌های فشاری[1] این استخوان‌ها شود (۱۰،۱۲،۲۰). علاوه براین، نتایج حاصل از مجذور اتا نشان‌دهندهٔ تأثیر بیشتر خستگی در مناطق استخوان‌های کف‌پایی دو و سه می‌باشد که این امر بیانگر احتمال بیشتر آسیب در این مناطق نسبت به مناطق دیگر است.

با توجه به جدول شمارهٔ دو می‌توان دریافت که پس از خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری در مرحلهٔ پیشروی در دویدن، مرکز فشار به‌سمت مقادیر مثبت حرکت نموده و باعث پرونیشن بیشتری در مفصل ساب‌تالار شده است. هرچند که تغییر مرکز فشار در مرحلهٔ پیشروی به‌لحاظ آماری معنادار نبوده است؛ اما پرونیشن مفصل ساب‌تالار در مرحلهٔ پیشروی می‌تواند باعث کاهش استحکام مفصل ساب‌تالار و میدتارسال شده و درنتیجه منجر به شلی مفصل گردد و بر نیروی پیشروی تأثیر بگذارد (۱۳،۱۹). ازسوی‌دیگر، کاهش سوپینیشن پا در مرحلهٔ پیشروی باعث اختلال در چرخش خارجی ساق و اکستنشن زانو شده و می‌تواند هماهنگی بین مفاصل اندام تحتانی را تحت‌تأثیر قرار داده و احتمال آسیب‌هایی چون کشککی ـ رانی را افزایش دهد (۱۳،۱۷).

هرچند در پژوهش حاضر تلاش شد مجموعهٔ عوامل محیط تاحدممکن محیط مسابقه را شبیه‌سازی کند؛ اما با توجه به تجهیزات اندازه‌گیری، امکان انجام آزمون‌ها در پیست یا محیط تمرین واقعی وجود نداشت. در این پژوهش به‌دلیل کمبود امکانات آزمایشگاهی به‌ناچار قادر به انجام مرحلهٔ اول رشتهٔ سه‌گانه (شنا) نبودیم. علاوه‌براین، عدم استفاده از ابزار آزمایشگاهی پیشرفته برای اندازه‌گیری تغییرات کینتیک و کینماتیک دویدن پس از خستگی در این مطالعه احساس می‌شود (که به‌دلیل کمبود امکانات آزمایشگاهی است)؛ لذا، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به‌منظور بررسی اثر خستگی دوچرخه‌سواری بر دویدن سه‌گانه‌کاران مبتدی از ابزار اندازه‌گیری کینماتیکی و کینتیکی بهره گرفته شود.

مطالعات انجام شده معدودی نتایج گاهاً متناقضی را در مورد اثر خستگی ناشی از رکاب زدن در مکانیک و الگوی دویدن گزارش کرده بودند؛ اما بطور دقیق به سازوکارهای مرتبط و بطور اخص به ویژگی‌های توزیع نیروها به کف پا اشاره نشده است. در مطالعه حاضر نشان داده شد که خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری در افراد سه‌گانه‌کار مبتدی می‌تواند با افزایش فشار بر سر متاتارسال‌ها، کاهش سوپینیشن پا در مرحلهٔ تماس و افزایش پرونیشن در مرحلهٔ میانی استانس یک ریسک‌فاکتور در صدمات اندام تحتانی به‌ویژه استخوان‌های کف پا همراه باشد.

1. Stress Fractures

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئولان محترم دانشگاه بوعلی‌سینا و تمامی آزمودنی‌هایی که در این پژوهش مشارکت نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Bentley D J, Vleck V E. Pacing strategy and performance in elite World Cup triathlon: A preliminary study. Med Sci Sport Exer. 2004; 36(5): 122-35.
2. Heiden T, Burnett A. Triathlon: The effect of cycling on muscle activation in the running leg of an Olympic distance triathlon. Sports Biomech. 2003; 2(1): 35-49.
3. Bernard T, Vercruyssen F, Grego F, Hausswirt C, Lepers R, Vallier J, et al. Effect of cycling cadence on subsequent 3 km running performance in well trained triathletes. Brit J Sport Med. 2003; 37(2): 154-9.
4. Bonacci J, Green D, Saunders P U, Blanch P, Franettovich M, Chapman A R, et al. Rating of perceived exertion during cycling is associated with subsequent running economy in triathletes. J Sci Med Sport. 2013; 16(1): 49-53.
5. Chapman A R, Vicenzino B, Blanch P, Dowlan S, Hodges P W. Does cycling effect motor coordination of the leg during running in elite triathletes? J Sci Med Sport. 2008; 11(4): 371-80.
6. Del Coso J, González-Millán C, Salinero J J, Abián-Vicén J, Soriano L, Garde S, et al. Muscle damage and its relationship with muscle fatigue during a half-iron triathlon. PloS One. 2012; 7(8): 28-43.
7. Guezennec C, Vallier J, Bigard A, Durey A. Increase in energy cost of running at the end of a triathlon. Eur J Appl Physiolo. 1996; 73(5): 440-5.
8. Marino G W, Geogan J. Work-energy analysis of triathletes running under bike/ run and run only conditions. 11th International Symposium on Biomechanics in Sports, ISBS Conference Proceedings Archive, Massachusetts - USA, 1993; p. 86-9.
9. Bisiaux M, Moretto P. The effects of fatigue on plantar pressure distribution in walking. Gait Posture. 2008; 28: 693–8.
10. Goryachev Y, Debbi E D, Haim M, Wolf A. The effect of manipulation of the center of pressure of the foot during gait on the activation patterns of the lower limb musculature. J Electromyogr Kines. 2011; 21: 333–9.
11. Haim A, Rozen N, Dekel S, Halperin N, Wolf A. Control of knee coronal plane moment via modulation of center of pressure: A prospective gait analysis study. J Biomech. 2008; 41: 3010–6.
12. Weist R, Eils E, Rosenbaum D. The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. Am J Sports Med. 2004; 32(8): 1893-8.
13. Hamill J, Kathleen M. Biomechanical basis of human movement. 3rd ed. Williams & Wilkins; Wolters Kluwer Company, USA, 2009. p. 207-24.
14. Neumann D A. Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation. 1st ed. Mosby Lnc, USA, 2002. p. 477-521.
15. Oatis C A. Kinesiology, the mechanics and pathomechanics of human movement. 2en ed. Williams & Wilkins, Wolters Kluwer Company, USA, 2009. p. 806-65.

16. Rendos N K. Sagittal plane kinematics during the transition run in triathletes. J Sci Med Sport. 2012; 16(3): 259-65.
17. Hamill J, Emmerik R, Heiderscheit B. A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. Clin Biomech. 1999; 14: 297-308.
18. Novacheck T F. Review: The biomechanics of running. Gait Posture. 1997; 7: 77–95.
19. Hawley J A. Handbook of sports medicine and science running. 1st ed. Blackwell Science, United Kingdom, 2000. p. 28-43.
20. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: A barefoot walking investigation of 200 marathon runners. Gait Posture. 2008; 27(1): 152-5.
21. Rosenthal R, DiMatteo MR. Meta-analysis: Recent Developments in Quantitative Methods for Literature Reviews. Annu Rev Psychol. 2001; 52:59–82.

استناد به مقاله

سپهریان مصطفی، عنبریان مهرداد. تأثیر خستگی ناشی از دوچرخه‌سواری بر تغییرات مرکز فشار و توزیع فشار کف‌پایی در حین دویدن سه‌گانه کاران مبتدی. مطالعات طب ورزشی. بهار و تابستان ۱۳۹۶؛ ۹(۲۱)، ۲۸-۱۷. شناسه دیجیتال: 10.22089/smj.2017.3656.1203

Sepehryan M, Anbarian M. The Effect of Cycling Fatigue on Center of Pressure Alteration and Plantar Pressure Distribution during Running in Novice Triathletes. Sport Medicine Studies. Spring & Summer 2017; 9 (21): 17-28. (Persian). Doi:10.22089/smj.2017.3656.1203

The Effect of Cycling Fatigue on Center of Pressure Alteration and Plantar Pressure Distribution during Running in Novice Triathletes

M. Sepehryan[1], M. Anbarian[2]

1. M.Sc. of Sports Biomechanics, Bu Ali Sina University
2. Professor of Sports Biomechanics, Bu Ali Sina University*

Received: 2014/06/22 **Accepted: 2014/09/21**

Abstract

Success depends largely on the triathlete's ability to run at maximum efficiency, not adversely influenced by the previous cycling. Changing pattern of running can cause injuries to the lower extremities, particularly the ankle and metatarsus. The purpose of this study was investigating the effect of cycling fatigue on the center of pressure alteration and plantar pressure distribution during running in novice triathletes. Twelve male subjects (age: 24.5±2.27 years, weight: 75.8±4.61 kg, height: 178.6±6.46 cm) were selected and participated in this quasi-experimental study. Twelve-steps cycling protocol was used to induce fatigue with different intensity on the bicycle ergometer. Center of pressure alteration and plantar pressure distribution by Foot scan were assessed in before and after cycling fatigue during various phases of running. Plantar pressure distribution results showed that the maximum pressure in the areas of the heel medial, metatarsals 1,2,3,4 were significantly increased and in the area of the midfoot was significantly decreased after the fatigue protocol. Also, the results of the center of pressure alteration showed that the amount of supination in the heel contact phase was significantly decreased and the amount of pronation in the mid-stance phase was significantly increased after the fatigue protocol. The results of this study showed that fatigue cycling can increase plantar pressure and disorder in the deviation of the center of pressure. The results of this study concluded that fatigue cycling can cause injury and instability of the ankle and foot joints. It is suggested that novice triathletes strengthening your Inversion muscles, especially the tibialis anterior muscle.

Keywords: Triathlon, Fatigue, Cycling, Running, Plantar Pressure Distribution, Center of Pressure

* Corresponding Author Email: anbarian@basu.ac.ir