تأثیر دو نوع کفش با تخت متفاوت بر محتوای فرکانسی نیروهای عکس‌العمل زمین

منصور اسلامی[۱]، داود خضری[۲]، مطهره حسین‌نژاد[۳]

۱. دانشیار دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران*
۲. دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، دانشگاه مازندران
۳. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، ابواب جمعی اداره آموزش و پرورش استان فارس

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۲۸

چکیده

هدف از مطالعهٔ حاضر، ارزیابی تفاوت متغیرهای مرتبط با محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین طی دویدن با کفش‌هایی با جنس تخت رایج پی‌وی‌سی و نانوسیلیکا است. ۱۵ مرد سالم فعال به‌صورت داوطلبانه (با میانگین سنی ۳±۲۴ سال، قد ۵±۱۷۶ سانتی‌متر، وزن ۸±۶۹ کیلوگرم و شماره پای ۱±۴۳) و بدون سابقهٔ آسیب‌دیدگی، در حالت‌های کفش با تخت نانوسیلیکا، کفش با تخت پلی وینیل کلراید و پابرهنه، روی صفحهٔ نیروسنج دویدند. پس از تبدیل فوریهٔ نیروی عکس‌العمل زمین و متغیرهای وابستهٔ فرکانس۹۹/۵، فرکانس میانه و پهنای فرکانسی با استفاده از نرم‌افزار متلب محاسبه شد. از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه با طرح‌های تکراری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. نتایج، کاهش معنادار در فرکانس ۹۹/۵ و میانهٔ فرکانسی، محتوای فرکانسی مؤلفه‌های قدامی ـ خلفی و عمودی نیروی عکس‌العمل زمین هنگام دویدن به‌ترتیب با کفش با تخت نانوسیلیکا و کفش پلی وینیل کلراید در مقایسه با پای برهنه نشان‌داد. همچنین در فرکانس ۹۹/۵، محتوای فرکانسی مؤلفهٔ داخلی ـ خارجی آن افزایش معنادار داشت. در فرکانس میانه، پهنای فرکانسی و فرکانس ۹۹/۵، در هیچ‌کدام از صفحه‌ها بین دو نوع کفش تفاوت معنادار مشاهده نشد. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد استفاده از کفش با تخت نانوسیلیکا در مقایسه با دویدن با پای برهنه، پایداری بیشتری در صفحهٔ فرونتال ایجاد می‌کند؛ اما استفاده از کفش دارای تخت نانوسیلیکا در مقایسه با کفش دارای تخت پلی وینیل کلراید، برتری ویژه‌ای در متغیرهای محتوای فرکانسی وابسته به نیروی عکس‌العمل زمین نشان نداد.

واژگان کلیدی: محتوای فرکانسی، نیروی عکس‌العمل زمین، کفش با تخت نانوسیلیکا، کفش با تخت پلی وینیل کلراید

*نویسندهٔ مسئول: Email: mseslami@yahoo.com

مقدمه

آسیب‌های دویدن، تحت تأثیر خطر عوامل آسیبی مانند نیروهای برخورد[1] و پرونیشن بیش از حد[2] گزارش شده است (یان، سینکلیر، هیلر، وگنر و اسمیت[3]، ۲۰۱۳، ص.۱۸۴؛ کنان، فرانز، دیچاری، کروس و کریگان[4]، ۲۰۱۱، ص.۲۵۴؛ موریو، لیک، کانگوم، رو و بلی[5]، ۲۰۰۹، ص.۲۰۸۲؛ چانگ و نگ[6]، ۲۰۰۷، ص.۷۵). هنگام استفاده از کفش‌های متفاوت برای کاهش نیروی برخورد و کنترل پرونیشن بیش از حد هنگام دویدن، معمولاً نتایج مختلفی گزارش شده است. پژوهشگران با تغییر ارتفاع پاشنه (کوتزنر و همکاران[7]، ۲۰۱۰، ص.۲۱۶۵؛ میلنر، فربر، پولارد، همیل و داویس[8]، ۲۰۰۶، ص.۳۲۳)، تغییر سختی کفش (شولتز، بیرمینگهام و جنکین[9]، ۲۰۱۱، ص.۱۳۱۱؛ دیکسون، فاس و برتن[10]، ۲۰۱۰، ص.۲۸۰۳) و استفاده از مواد مختلف، به طراحی و آزمایش کفش‌های ورزشی پرداخته‌اند. جنس تخت کفش در تولید کفش ورزشی بهینه، همواره موردتوجه سازندگان کفش‌های ورزشی بوده است. درحال‌حاضر، لاستیک با ساختار لاستیک کربنی[11]، لاستیک استیرن بوتادین[12]، لاستیک میکروسلولی[13]، اتیلوینیل استات[14]، پلی اورتان[15]، پلی وینیل کلراید[16] و هایترل[17] در تخت کفش دوندگان استفاده می‌شوند (پورتر و چوان[18]، ۲۰۰۷، ص.۵۶۹). با وجود این، به‌دلیل عملکرد محدود موادی که درحال‌حاضر در تخت کفش ورزشی استفاده می‌شوند، تولیدکنندگان به‌دنبال ترکیبات جدید با قابلیت‌های بیشتر در تخت کفش برای کنترل متغیرهای وابسته به آسیب دویدن هستند.

نانو ذرات سیلیکا ویژگی‌هایی دارند که ممکن است باعث بهبود شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با اجرا و جلوگیری از آسیب شوند. قدرت کششی نانو ذرات سیلیکا ممکن است بتواند باعث افزایش خاصیت کشسانی تخت کفش، کاهش نیروی عکس‌العمل زمین، کاهش اوج نیروی

1. Impact forces (IF)
2. Over pronation
3. Yan, Sinclair, Hiller, Wegener & Smith
4. Keenan, Franz, Dicharry, Croce & Kerrigan
5. Morio, Lake, Gueguen, Rao & Baly
6. Cheung & Ng
7. Kutzner et al
8. Milner, Ferber, Pollard, Hamill & Davis.
9. Shultz, Birmingham & Jenkyn
10. Dickson, Fuss & Burton
11. Carbon rubber
12. Styrene-butadiene rubber
13. Microcellular-rubber
14. Ethyl vinyl acetate (EVA)
15. Polyurethane (PU)
16. Polyvinyl chloride (PVC)
17. Hytrel
18. Porter & Schon

برخوردی و درنتیجه، کاهش آسیب به پا شود. ازطرفی، کم‌کردن وزن تخت کفش و کاهش ارتفاع آن، باعث نزدیک‌شدن مچ پا به زمین و درنتیجه، تعادل بیشتر مچ پا در حرکات زاویه‌ای گزارش شده است (یان و همکاران،۲۰۱۳، ص.۱۸۴؛ کنان و همکاران، ۲۰۱۱، ص.۳۵۴)؛ بنابراین می‌توان ادعا کرد که کفش با تخت نانوسیلیکا[1] ممکن است مکانیک حرکت دویدن را بهبود ببخشد.

نیروی عکس‌العمل زمین از عوامل کلیدی در مکانیک حرکت انسان است. یافته‌های مطالعات قبلی نتایج متناقضی را دربارهٔ اثر دویدن با کفش ورزشی بر بزرگی نیروی عکس‌العمل زمین گزارش می‌کنند (اسلامی و همکاران[2]، ۲۰۰۹، ص.۶۸۱؛ موندرمن، نیگ، نیل هومبل و ستفانیشان[3]، ۲۰۰۳، ص.۲۵۷). به‌طورکلی اظهار شده است که اثر کفش ورزشی بر نیروی عکس‌العمل زمین برای جلوگیری از بروز آسیب‌ها، قابل‌ملاحظه نیست (اسلامی و همکاران، ۲۰۰۹، ص.۶۸۲)؛ بنابراین ممکن است کفش، بر شاخص دیگری از نیروی عکس‌العمل زمین تأثیر بگذارد که نیاز به بررسی بیشتر دارد. محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین شاخصی است که در مطالعات گذشته برای ارزیابی مکانیک و به‌خصوص نیروهای حرکتی استفاده شده است (مکگارس، جادکینگ، پیپینوس، جوهاننیگ و میرس[4]، ۲۰۱۲، ص.۱۰۵۹؛ وردمن، هاسینگا، فیلیپی و استریگو[5]، ۲۰۱۱، ص.۲۰۹). در این روش، مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل به‌صورت پیوسته و در حوزهٔ فرکانس در کل مرحلهٔ اتکا بررسی می‌شود؛ درحالی‌که متغیرهای بیومکانیکی دیگر مانند حداکثر و حداقل زاویهٔ مفاصل مکانیک، راه‌رفتن را فقط در یک نقطه از دورهٔ راه‌رفتن و دویدن بررسی می‌کنند. این درحالی است که عمل راه‌رفتن و دویدن ماهیت پیوسته دارد و پیشنهاد می شود که بررسی آن با استفاده از شاخص های گسسته اطلاعات کافی را فراهم نمی‌کند (گیاکاس[6]، ۲۰۰۴، ص.۲۲۵).

پژوهشگر درنظر دارد برای آزمودن تأثیر کفش با تخت نانوسیلیکا بر مکانیک دویدن، از محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در فاز اتکای دویدن استفاده کند. به‌این‌منظور، کفش با زیرهٔ نانوسیلیکا با کفش دارای زیرهٔ پی وی سی که یکی از مواد رایج و معمول در ساخت کفش است مقایسه شد. نیروی عکس‌العمل زمین، برآیند سه مؤلفهٔ این نیرو در جهت‌های عمودی، قدامی ـ خلفی و داخلی ـ خارجی است (وردمن و همکاران، ۲۰۱۱، ص.۲۰۸؛ وینتر[7]، ۲۰۰۹، ص.۱۱۷).

1. Thermo Plastics elastomer nanosilica composite
2. Eslami et al
3. Mündermann, Nigg, Neil Humble & Stefanyshyn
4. McGrath, Judkins, Pipinos, Johanning & Myers
5. Wurdeman, Huisinga, Filipi & Stergiou
6. Giakas
7. Winter

در این مطالعه تأثیر کفش با تخت نانوسیلیکا بر مؤلفه‌های عمودی، قدامی ـ خلفی و داخلی ـ خارجی با روش آنالیز محتوای فرکانسی بررسی می‌شود. هدف از اجرای این پژوهش، مقایسه و اندازه‌گیری تفاوت در محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در اثر دویدن با دو نوع کفش با تخت‌های نانوسیلیکا و پی وی سی و پای برهنه در فاز اتکای دویدن بود.

روش شناسی

۱۵ نفر آزمودنی مرد فعال از دانشجویان تربیت‌بدنی (با میانگین سن ۳±۲۴سال، قد ۵±۱۷۶سانتی‌متر، وزن ۸±۶۹ کیلوگرم و شمارهٔ پای ۱±۴۳ (EU))، بدون سابقهٔ آسیب‌دیدگی و ناهنجاری به‌صورت تصادفی به‌عنوان نمونهٔ آماری انتخاب شدند. کلیهٔ آزمودنی‌ها فرم رضایت را امضا کردند.

برای ثبت داده‌ها از صفحهٔ نیروسنج (Kistler, winterthor- 1000 HZ) استفاده شد. صفحهٔ نیروسنج در کف آزمایشگاه طوری جاسازی شد که آزمودنی‌ها قادر به تشخیص آن نبودند. پروتکل پژوهش حاضر، دویدن در سه وضعیت کفش با تخت نانوسیلیکا ، کفش با تخت پی وی سی و دویدن با پای برهنه بود. برای‌این‌منظور، دو نوع کفش که دارای رویهٔ یکسان بودند با جنس تخت متفاوت استفاده شدند. کفش ۱ و ۲ به‌ترتیب دارای تخت پی وی سی و تخت کامپوزیت ترموپلاستیک الاستومر بر پایهٔ استایرن بوتادین[1] و نانوسیلیکا بودند (جدول ۱).

جدول ۱ـ خصوصیات کفش های با زیره یکسان و جنس زیره و سختی متفاوت

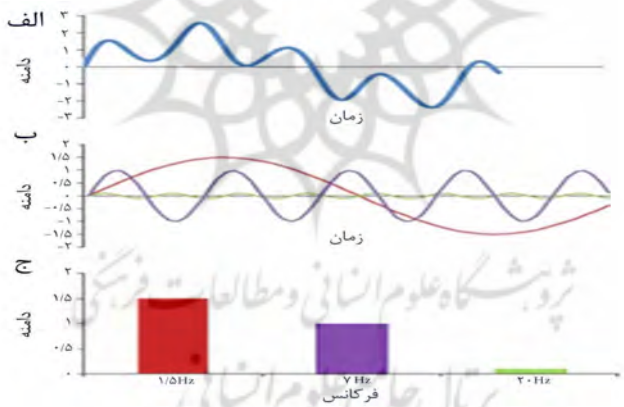
	جنس رویه	جنس زیره	سختی
کفش ۱	چرم و نایلیون	PVC	۶۵
کفش ۲	چرم و نایلیون	TPEN	۷۰

آزمودنی‌ها پروتکل دویدن تصادفی با کفش‌هایی با تخت متفاوت را با سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه در مسیر ۱۵ متری و رعایت الگوی گام‌برداری پاشنه ـ پنجه انجام دادند. برای کنترل سرعت دویدن ۳/۵ متر بر ثانیهٔ آزمودنی‌ها، از مترونوم استفاده شد. برای هر آزمودنی، سه کوشش موفق ثبت و میانگین سه کوشش برای محاسبات استفاده شد. کوشش موفق، شامل اجرای الگوی پنجه ـ پاشنه و رعایت سرعت بود. فقط داده‌های پای راست آزمودنی‌ها به‌عنوان پای برتر تجزیه و تحلیل شد. فاصلهٔ استراحتی بین اجرای آزمون با کفش اول و کفش دوم، ۵ دقیقه بود. مؤلفه‌های عمودی، قدامی ـ خلفی و داخلی ـ خارجی نیروی عکس‌العمل زمین با فرکانس برشی ۲۰ هرتز، فیلتر شد.

2. Thermoplastics elastomer based on styrene butadiene

برای تجزیه و تحلیل فرکانس سیگنال سه مولفه نیروی عکس‌العمل زمین، با استفاده از روش تبدیل سریع فوریه[1] به‌وسیلهٔ نرم‌افزار متلب[2] از تابع زمان به تابع فرکانس تبدیل شد. تبدیل سریع فوریه روشی است که به‌وسیلهٔ آن، محتوای فرکانسی سیگنال محاسبه می‌شود (گیاکاس، ۲۰۰۴، ص.۲۲۹). این روش در مطالعات گذشته برای آنالیز سیگنال نیروی عکس‌العمل زمین، برای تعیین تأثیر بعضی بیماری‌ها از جمله ام اس بر اجزای سیگنال نیروی عکس‌العمل زمین استفاده شد (مکگارس و همکاران، ۲۰۱۲، ص.۱۰۵۹؛ وردمن و همکاران، ۲۰۱۱، ص.۲۰۹). از طریق آنالیز فوریه، یک سیگنال می‌تواند به‌عنوان برآیند مجموع سیگنال‌های مختلف درنظر گرفته شود.

شکل ۱ـ الف، مثال ساده‌ای از یک سیگنال را نشان می‌دهد که مجموع سه سیگنال سینوسی با دامنه و فرکانس متفاوت می باشد. شکل ۱ـ ب، تجزیهٔ سیگنال نشان داده‌شده در شکل ۱ـ الف است (مکگارس و همکاران، ۲۰۱۲، ص.۱۰۶۰). با تجزیهٔ فرکانس به‌وسیلهٔ تبدیل سریع فوریه، میزان حرکت (دامنه) در هر فرکانس محاسبه می‌شود. در سیگنال حرکتی در تابع فرکانس معمولا بر اساس هارمونیک پایه و بصورت گسسته طیف آن نشان داده می شود (شکل ۱ـ ج).



شکل ۱- تبدیل سریع فوریه یک سیگنال سینوسی، برگرفته از مک‌گارس و همکاران ۲۰۱۲

در شکل ۱ نمودارهای (الف) و (ب)، نشان‌دهندهٔ سیگنال‌ها در تابع زمان و نمودار (ج)، نمایانگر سیگنال‌ها در تابع فرکانس هستند. نمودار (الف)، مثالی از سیگنال الگوی حرکتی است که برای تجزیه و تحلیل انتخاب شده است. این سیگنال از تعداد زیادی سیگنال‌های متفاوت یا موج

1. Fast Fourier transform
2. MATLAB

سینوسی تشکیل شده است. تبدیل سریع فوریه، یک سیگنال را به تعدادی سیگنال ساده‌تر تجزیه می‌کند؛ بنابراین در این مثال، سیگنال اصلی به سه سیگنال حرکتی جداگانه تجزیه شد که در نمودار (ب) دیده می‌شود. نمودار چگالی توان که در نمودار (ج) نشان داده شده است ترکیبی از سیگنال (الف) در تابع فرکانس است که در آن، مقدار زیادی فرکانس کمتر از ۱/۵ هرتز که در ستون قرمز نشان داده شده و مقدار کمی فرکانس بیشتر از ۲۰ هرتز که در ستون سبز نشان داده شده است وجود دارد. بدیهی است سیگنال‌های حرکتی مثل راه‌رفتن، در مقایسه با شماتیک حاضر از تعداد بیشتری سیگنال ساخته شده است.

از منحنی توان طیف چگالی، متغیرهای وابستهٔ مختلفی محاسبه می‌شود که در این پژوهش براساس مطالعات پیشین، متغیرهای وابستهٔ فرکانس ۹۹/۵، فرکانس میانه و پهنای فرکانس برای بررسی انتخاب شدند. فرکانس میانه نقطه‌ای است که نصف چگالی توان، بالای آن و نصف دیگر در زیر آن قرار دارد و با استفاده از رابطهٔ اول محاسبه می‌شود:

$$\int_0^{f\,med} p(f)df = \int_{f\,med}^{f\,max} p(f)df$$ رابطهٔ ۱

آنجا:

$f\,med$ فرکانس میانه،

p چگالی توان در فرکانس f

و $f\,max$ فرکانس بیشینهٔ چگالی توان است.

فرکانس ۹۹/۵٪ چگالی طیف توان، فرکانسی است که ۹۹/۵٪ چگالی طیف توان، فرکانسی کمتر از آن دارند که با استفاده از رابطهٔ دوم محاسبه می‌شود:

$$\int_0^{f99.5} p(f)df = 99.5 \times \int_0^{f\,max} p(f)df$$ رابطهٔ 2

آنجا:

p چگالی توان در فرکانس f

و $f\,max$، فرکانس بیشینهٔ چگالی توان است.

پهنای فرکانس، از اختلاف فرکانس بیشینه و فرکانس کمینه هنگامی که چگالی توان بزرگ‌تر از نصف چگالی توان بیشینه است، محاسبه می‌شود.

داده‌های مربوط به دویدن در سه موقعیت، با استفاده از تحلیل واریانس با داده‌های تکراری در سطح اطمینان ۹۵٪ در نرم‌افزار اس پی اس اس ورژن-۲۰ [1] به‌منظور تشخیص تفاوت‌ها بین محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در اثر دویدن با دو نوع کفش با تخت متفاوت و دویدن با پای برهنه انجام شد.

نتایج

جدول ۲ میانگین، انحراف استاندارد و اختلاف متغیرهای وابسته پژوهش را در سه وضعیت نشان می‌دهد. بر این اساس، پهنای باند فرکانسی در هر سه وضعیت در سه صفحه تقریباً یکسان بود و تفاوت معنادار مشاهده نشد. علاوه بر این، در فرکانس میانه و محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در جهت‌های عمودی، داخلی ـ خارجی و قدامی ـ خلفی، بین هیچ‌یک از وضعیت‌های موردبررسی اختلاف معنادار یافت نشد ($P<0/05$).

جدول ۲ـ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سینتیکی مرتبط با دویدن در موقعیت‌های مختلف

متغیرهای پژوهش	کفش **پی وی سی**	کفش نانو	پای برهنه
پهنای فرکانسی داخلی ـ خارجی GRF	۱/۹۳ (۱/۱۷)	۱/۷۹ (۱/۲۲)	۱/۸۹ (۱/۱۸)
پهنای فرکانسی قدامی ـ خلفی GRF	۱/۰۳ (۰/۰۲)	۱ (۰)	۱/۰۱ (۰/۰۵)
پهنای فرکانسی[2] VGRF	۱/۲۶ (۰/۰۷)	۱/۳۰ (۰/۰۷)	۱/۲۶ (۰/۰۷)
میانهٔ فرکانسی داخلی ـ خارجی GRF	۲/۰۸ (۰/۵۷)	۲/۰۵ (۰/۶۲)	۲/۰۹ (۰/۶۹)
میانهٔ فرکانسی قدامی ـ خلفی GRF	۱/۵ (۰)	۱/۴۸ (۰/۰۷)	۱/۵۰ (۰)
میانهٔ فرکانسی VGRF	۱ (۰)	۱/۰۴ (۰/۰۹)	۱/۰۵ (۰/۱۱)
فرکانس ۹۹/۵ داخلی ـ خارجیGRF	۱۰/۷۹ (۱/۷۴)	۱۱/۵ (۱/۴۰)	۹/۸۶ (۱/۳۸)*
فرکانس ۹۹/۵ قدامی ـ خلفی GRF	۸/۱۴ (۱/۰۵)	۸/۳۶ (۱/۷۹)	۹/۷۹ (۱/۰۳)*#
فرکانس ۹۹/۵ VGRF	۷/۰۴ (۰/۸۹)	۶/۷۹ (۰,۶۱)	۷/۹۶ (۰/۶۶)*#

* نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار با کفش نانو، # نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار با کفش پی وی سی

کاهش ۱۴/۵۸٪ معناداری در فرکانس ۹۹/۵ چگالی توان محتوای فرکانسی مؤلفهٔ عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در دویدن با کفش نانوسیلیکا در مقایسه با دویدن با پای برهنه

1. SPSS V-20

مشاهده شد (P<۰/۰۵). همچنین، کفش با تخت پی‌وی‌سی نیز به‌طور معناداری این مقدار را در مقایسه با پای برهنه کاهش داد (۱۱/۶٪P<۰/۰۵). هرچند، بین کفش‌ها اختلاف معنادار در فرکانس ۹۹/۵٪ چگالی یافت نشد.

در جهت داخلی ـ خارجی، فرکانس ۹۹/۵٪ چگالی توان محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل در دویدن با کفش نانوسیلیکا در مقایسه با دویدن با پای برهنه، افزایش معنادار را نشان داد (۱۶/۶۶٪ P= ۰/۰۳۳). با وجود این، بین دو کفش و همچنین بین کفش پی وی سی و وضعیت پابرهنه، تفاوت معناداری مشاهده نشد.

در فرکانس ۹۹/۵٪ چگالی توان محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در جهت قدامی ـ خلفی در دو وضعیت دویدن با کفش نانوسیلیکا (۱۴/۵۹٪ P=۷/,۰۳۷) و پی وی سی در مقایسه با دویدن پابرهنه، کاهش معنادار مشاهده شد (۱۶/۸۷٪, P<۰/۰۵) (جدول ۲).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعهٔ حاضر، مقایسه و اندازه‌گیری تفاوت در محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در اثر دویدن در حالت‌های دویدن با دو نوع کفش با تخت‌های نانوسیلیکا و پی وی سی و دویدن با پای برهنه در فاز اتکای دویدن بود. بنا به اطلاعات نویسندگان، مطالعه‌ای مشابه موضوع پژوهش حاضر درخصوص بررسی اثر کفش انجام نشده است. فرض ما بر این بود که بین محتوای فرکانسی مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در هر سه صفحه در دویدن با دو نوع کفش و پای برهنه، تفاوت معناداری وجود دارد. یافته‌ها از فرض پژوهش درمورد متغیر فرکانس ۹۹/۵ حمایت می‌کند؛ اما، از لحاظ آماری درمورد متغیرهای میانهٔ فرکانس و پهنای فرکانس، فرض صفر تأیید شد.

۹۹/۵ توان فرکانسی:

کفش با تخت نانوسیلیکا، محتوای فرکانس مربوط به متغیر فرکانس ۹۹/۵ مؤلفهٔ عمودی را به‌طور معناداری کاهش داد. کاهش محتوای فرکانسی مؤلفهٔ عمودی نیروی عکس‌العمل زمین نشان‌دهندهٔ نوسان آرام‌تر در حرکت است (وردمن وهمکاران، ۲۰۱۱، ص.۱۰۶۲؛ وایت و درسندورنفر[1]، ۲۰۰۴، ص.۱۰۸۲-۱۰۸۵). کاهش نوسان می‌تواند نمایانگر کنترل پاسچر بهتر درراستای عمودی باشد. ادبیات پژوهش نشان می‌دهد افزایش محتوای فرکانسی، باعث ناپایداری و لغزش در الگوی حرکتی می‌شود. به‌نظر می‌رسد تخت نانو می‌تواند باعث پایداری بهتر در کنترل پاسچر درراستای عمودی شود. وردمن و همکاران در سال ۲۰۱۱ گزارش کردند

1. White & Dressendorfer

محتوای فرکانسی افراد مبتلا به ام اس[1] در مقایسه با افراد سالم، به‌طور معناداری کاهش یافته است. این تفاوت می‌تواند به این دلیل باشد که افراد مبتلا به ام اس برای حفظ تعادل خود، به کنترل بیشتر و درنتیجه، کاهش بیشتری در محتوای فرکانسی نیاز دارند (وردمن وهمکاران، ۲۰۱۱، ص.۱۰۶۲).

در مؤلفهٔ قدامی ـ خلفی محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در دویدن با هر دو نوع کفش در مقایسه با پای برهنه، کاهش معناداری یافت شد. باوجود این، تفاوت بین کفش‌ها معنادار نبود. ستریگو و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در افراد سالمند در مقایسه با افراد جوان، به‌طور معناداری کاهش یافته است و این کاهش را به‌سرعت گام‌برداری کمتر در افراد سالمند نسبت داد (ستریگو، گیاکاس، بیرنه و پومری[2] ، ۲۰۰۲، ص.۶۱۷). با توجه به این‌که سرعت در این پژوهش، کنترل‌شده به‌نظر می‌رسد، کفش با هر نوع تختی باعث کاهش نیروی جلوبرندگی فرد در مقایسه با پای برهنه در دویدن می‌شود؛ بنابراین کفش با تخت سیلیکا در مقایسه با کفش پی وی سی، مزیت پیش‌برندگی حاصل از کاهش محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین را نشان نمی‌دهد.

در مؤلفهٔ داخلی ـ خارجی محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین با کفش نانو در مقایسه با پای برهنه، افزایش معناداری وجود داشت. این درحالی بود که تفاوت این متغیر در کفش پی‌وی‌سی در مقایسه با پای برهنه، معنادار نبود. همچنین، بین دو نوع کفش نیز تفاوت معناداری در این متغیر مشاهده نشد. پژوهشگران گزارش کرده‌اند این مؤلفهٔ نیروی عکس‌العمل در آنالیز راه رفتن و دویدن، نشان‌دهندهٔ تعادل و پایداری فرد در صفحهٔ فرونتال است (وینتر، ۲۰۰۹، ص.۱۴۴)؛ بنابراین، استفاده از کفش نانو در مقایسه با پای برهنه ممکن است موجب پایداری بیشتر در صفحهٔ فرونتال شود.

در میانهٔ فرکانس بین کفش نانو و پای برهنه و همچنین کفش پی‌وی‌سی و پای برهنه، تفاوت معناداری یافت نشد. به‌نظر می‌رسد سختی زیاد دو کفش استفاده‌شده در این پژوهش و همچنین قطر کم تخت این کفش‌ها (۱/۵سانتی‌متر)، وضعیت را به پای برهنه نزدیک کرده و باعث عدم معناداری نتایج بین کفش و پای برهنه شده است. در میانهٔ فرکانس محتوای فرکانسی، تفاوت معنادار آماری در دویدن با هیچ‌کدام از کفش‌ها و در هیچ‌یک از صفحه‌ها یافت نشد. این یافته نشان می‌دهد در میانهٔ محتوای فرکانسی از لحاظ دامنه، در دویدن با دو نوع کفش تفاوتی وجود ندارد. مکگارس و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که فرکانس میانهٔ

1. MS
2. Stergiou, Giakas, Byrne & Pomeroy

محتوای فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در افراد دارای مشکل شریان محیطی در مقایسه با افراد سالم کمتر است. باوجوداین، استفاده از جنس متفاوت زیرهٔ کفش نتوانست تغییری در میانهٔ فرکانسی مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین ایجاد کند؛ بنابراین، کفش نانوسیلیکا برتری ویژه‌ای در مقایسه با کفش پی‌وی‌سی درخصوص میانهٔ فرکانسی ندارد.

پهنای باند محتوای فرکانسی در هر سه وضعیت و در هر سه صفحه یکسان بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد دامنهٔ فرکانس محتوای فرکانسی با دو نوع کفش تغییری نکرده و این متغیر، مستقل از جنس زیرهٔ کفش است. به‌نظر می‌رسد پهنای باند محتوای فرکانسی، بیشتر تحت تأثیر بافت زنده است. همان‌طور که مکگارس و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند، دامنهٔ فرکانسی محتوای فرکانسی، به همهٔ اجزای سهیم در سیستم حرکتی ازجمله استخوان‌ها، عضلات، اعصاب و هر بافت دیگری وابسته است که اثر تعاملی آن باعث تولید حرکت شود (مکگارس و همکاران، ۲۰۱۲، ص.۱۰۶۲). به‌طورکلی پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، اثرات بلندمدت این کفش‌ها بررسی شود. همچنین، نقش این کفش‌ها در تمرینات ویژهٔ بازتوانی افراد آسیب‌دیده مبهم است.

پژوهش‌ها تأثیر تغییر ساختار تخت کفش را بر متغیرهای بیومکانیکی نشان داده‌اند (کوتزنر و همکاران، ۲۰۱۰، ص.۲۱۶۵؛ میلنر و همکاران، ۲۰۰۶، ص.۳۲۳). محققان اثر بیماری‌های مختلف را بر محتوی فرکانسی نیروی عکس العمل زمین بررسی کرده‌اند (مکگارس و همکاران، ۲۰۱۲، ص.۱۰۵۹؛ وردمن و همکاران، ۲۰۱۱، ص.۲۰۹). از طرفی گزارش شده بود که اثر کفش بر نیروی عکس العمل زمین ناچیز است (اسلامی و همکاران، ۲۰۰۹، ص.۶۸۱). این درحالی بود که اثر کفش بر محتوی فرکانسی نیروی عکس العمل زمین مشخص نشده بود.

بطور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که متغیر ۹۹/۵ توان فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین می‌تواند اثر کفش های دو با زیرهٔ متفاوت را نشان دهد. به‌علاوه، استفاده از زیرهٔ نانوسیلیکا در کفش ورزشی در مقایسه با دویدن با پای برهنه ممکن است به تغییر در پایداری در صفحهٔ فرونتال منجر شود. با وجود این، استفاده از این کفش در مقایسه با کفش با زیرهٔ پی‌وی‌سی، برتری ویژه‌ای در متغیرهای محتوای فرکانسی وابسته به نیروی عکس‌العمل زمین نشان نداد.

منابع

1. Cheung, R. T. Ng, G. Y. (2007). Efficacy of motion control shoes for reducing excessive rearfoot motion in fatigued runners. Physical Therapy in Sport. 8(2):75-81.
2. Dickson, M. J. Fuss, F. K. Burton, M. (2010). Development of a standardized test method for characterizing the stiffness of heel sole segments of sports shoes. Procedia Engineering. 2(2):2801-2804.
3. Eslami, M. Begon, M. Hinse, S. Sadeghi, H. Popov, P. Allard, P. (2009). Effect of foot orthoses on magnitude and timing of rearfoot and tibial motions, ground reaction force and knee moment during running. Journal of Science and Medicine in Sport. 12(6):679-684.
4. Giakas, G. (2004). Power spectrum analysis and filtering. In: Stergiou N. Innovative analyses of human movement: Analytical tools for human movement research. Human Kinetics. Champaign. Ll. pp. 223–258.
5. Keenan, G. S. Franz, J. R. Dicharry, J. Croce, U. D. Kerrigan, D. C. (2011). Lower limb joint kinetics in walking: The role of industry recommended footwear. Gait & posture. 33(3):350-355.
6. Kutzner, I. Heinlein, B. Graichen, F. Bender, A. Rohlmann, A. Halder, A. et al. (2010). Loading of the knee joint during activities of daily living measured< i> in vivo</i> in five subjects. Journal of Biomechanics. 43(11):2164-2173.
7. McGrath, D. Judkins, T. N. Pipinos, I. I. Johanning, J. M. Myers, S. A. (2012). Peripheral arterial disease affects the frequency response of ground reaction forces during walking. Clinical Biomechanics. 1058–1063.
8. Milner, C. E. Ferber, R, Pollard, C. D. Hamill, J. Davis, I. S. (2006) Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. Medicine and Science in Sports and Exercise. 38(2):323.
9. Morio, C. Lake, M. J. Gueguen, N. Rao, G. Baly, L. (2009). The influence of footwear on foot motion during walking and running. Journal of Biomechanics. 42(13):2081-2088.
10. Mündermann, A. Nigg, B. M. Neil Humble, R. Stefanyshyn, D. J. (2003). Foot orthotics affects lower extremity kinematics and kinetics during running. Clinical Biomechanics. 18(3):254-262.
11. Porter, D. A. Schon, L. C. (2007). Baxter's the foot and ankle in sport. Elsevier Health Sciences. Philadelphia. 576-583.
12. Shultz, R. Birmingham, T. Jenkyn, T. (2011). Differences in neutral foot positions when measured barefoot compared to in shoes with varying stiffnesses. Medical Engineering & Physics. 33(10):1309-1313.
13. Stergiou, N. Giakas, G. Byrne, J. E. Pomeroy, V. (2002). Frequency domain characteristics of ground reaction forces during walking of young and elderly females. Clinical Biomechanics. 17(8):615-617.
14. Yan, A. F. Sinclair, P. J. Hiller, C. Wegener, C. Smith, R. M. (2013). Impact attenuation during weight bearing activities in barefoot vs. shod conditions: A systematic review. Gait & posture. 38(2):175-186.

15. White, L. J. Dressendorfer, R. H. (2004). Exercise and multiple sclerosis. Sports Medicine. 34(15):1077-1100.
16. Winter, D. A. (2009). Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley & Sons. University of Waterloo Press. Waterloo. Ont.
17. Wurdeman, S. R. Huisinga, J. M. Filipi, M. Stergiou, N. (2011). Multiple sclerosis affects the frequency content in the vertical ground reaction forces during walking. Clinical Biomechanics. 26(2):207-212.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

The Effect of Two different Types of Shoes out Soles on the Frequency Content of the Ground Reaction Force Components

M. Eslami[1], D. Khezri[2], M. Hoseinnezhad[3]

1. Assistant Professor, University of Mazandaran
2. Ph.D Student, University of Mazandaran
2. MSc Degree, Fars Education Department

Received date: 2013/03/09 **Accepted date: 2014/18/06**

Abstract

The aim of this study was to evaluate the differences in frequency content of the ground reaction force during running with regular shoes (Polyvinyl chloride); the shoes containing Nano shoes in their outsole (Nano shoes) and barefoot. Fifteen physical education active male students (age 24±3 years, height 176±5 cm, and weight 69±8 kg) without injury randomly ran on the force plate placed in a 15 meters runway in Nano shoes, Polyvinyl chloride and barefoot conditions. Fourier transformation of ground reaction force was determined to calculate 99.5% power frequency, median and bandwidth frequencies. One-way ANOVA test was applied to show differences. Significant reductions were seen in 99.5% frequency and median frequency of anterior-posterior and vertical ground reaction force during running with Nano shoes and Polyvinyl chloride shoe sole as compared to barefoot condition. Also, no significant differences were observed in median and bandwidth frequencies. Nano shoes compared to barefoot running could lead to more frontal stability. However, using Nano shoes compared to PVC didn't show any significant change in frequency contents.

Key Words: Frequency Content, Fast Fourier Transformation, Ground Reaction Force, Nano-Silica Shoe Sole, Polyvinyl Chloride Shoe Sole

***(Corresponding Author)** **Email: mseslami@yahoo.com**