

تحلیل دامنه فرکانسی نیروهای عکس‌العمل زمین در کودکان ناشنوا و همسالان سالم

چکیده

الهام سرخه^۱، مهدی مجلسی^{۲*}،
امیرعلی جعفرنژادگرو^۱

۱. گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.

دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۲ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۳۱

هدف: ارتباط بین محتوای فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین طی راه رفتن و ناشنوایی به‌خوبی شناخته نشده است. هدف این مطالعه بررسی اثر ناشنوایی بر محتوای فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین طی راه رفتن است.

روش‌ها: تعداد ۳۰ کودک پسر به‌طور مساوی به دو گروه سالم و گروه با مشکلات ناشنوایی (گروه ناشنوا) تقسیم شدند. محتوای فرکانسی نیروهای عکس‌العمل در طی راه رفتن با پای برهنه تحلیل گردید. آزمون t مستقل برای مقایسه بین گروهی مورد استفاده قرار گرفت. سطح معناداری در همه تحلیل‌ها برابر $p < 0.05$ بود.

یافته‌ها: ناشنوایی باعث افزایش پهنای باند فرکانس مؤلفه‌ی قدامی-خلفی در پای راست (حدود ۵۳ درصد، $p = 0.020$) و تعداد هارمونی‌های ضروری در راستای قدامی-خلفی در پای چپ (حدود ۳۷ درصد، $p = 0.000$) شده بود. محتوای فرکانسی راستای عمودی و داخلی-خارجی در دو گروه مشابه بود ($p > 0.05$).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد محتوای فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در کودکان ناشنوا می‌تواند ارزش کلینیکی را برای توان‌بخشی این افراد داشته باشد.

کلید واژگان: ناشنوا، راه رفتن، نیروی عکس‌العمل زمین، محتوای فرکانس

* نویسنده مسئول: گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.
تلفن: ۰۹۱۸۴۰۷۷۵۴۰
E-mail: majlesi11@gmail.com

مقدمه

سایر کودکان ۰/۷ در هر ۱۰۰۰ تولد گزارش شده است (۴). همچنین در کشور ایران از هر ۱۰۰۰ کودک متولد شده، ۵ تا ۶ کودک دچار اختلال شنوایی می‌باشند (۳). اختلال شنوایی در کودکان می‌تواند موفقیت تحصیلی، عملکرد فیزیکی و حتی امید به زندگی را تحت تأثیر قرار دهد (۵، ۶).

سه سیستم حسی در کنترل تعادل و قامت دخالت دارند که شامل سیستم‌های بینایی، حسی-عمقی و دهلیزی می‌باشد. در این بین

از دست دادن شنوایی یکی از شایع‌ترین اختلالات حسی در کشورهای توسعه‌یافته می‌باشد (۱، ۲) و معمولاً در اوایل زندگی تشخیص داده می‌شود. طبق گزارش‌های اخیر سازمان بهداشت جهانی، بیش از ۱۲۰ میلیون نفر در سراسر جهان از این اختلال رنج می‌برند (۳). بیشترین اختلالات شنوایی در کودکان آسیایی ۲/۶ نفر در هر ۱۰۰۰ تولد و در

برخوردار می‌باشند (۲۲، ۲۳). نیروی عکس‌العمل زمین به‌عنوان یک عامل مهم کینتیک، از جمع‌آوری بسیاری از مؤلفه‌های نوسانی آناتومیک مانند عضلات و اعصاب، مفاصل، طی گام‌برداری تشکیل می‌شود (۲۴). فرکانس‌های موجود در سیگنال‌های نیروی عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن و دویدن به‌طور معمول از طریق تبدیل فوریه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته می‌شوند (۲۵). یک ابزار برای ارزیابی تغییرات مکانیکی در حرکات انتقالی، تجزیه و تحلیل دامنه فرکانس می‌باشد که توانایی بررسی کل سیکل گام‌برداری را دارد و فقط نقاط گسسته خاصی مانند حداکثر یا حداقل نیرو طی سیکل گام‌برداری یا مقدار زاویه مفصل را فراهم می‌کند. تجزیه و تحلیل دامنه فرکانس اطلاعاتی را در مورد جزئیات فرکانس‌هایی که یک سیگنال خاص را تشکیل می‌دهند، ارائه می‌کند (۲۶). از آنجایی که هر مؤلفه آناتومیکی فرکانس فعالیت مربوط به خودش را دارا می‌باشد، تجزیه و تحلیل دامنه فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین به شرح دامنه و قدرت این مؤلفه‌ها در طیف فرکانس کمک می‌کند. تحلیل طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین طی گام‌برداری در شناسایی عوامل بالقوه ایجاد آسیب در کودکان مبتلا به فلج مغزی (۲۷)، بزرگ‌سالان مبتلا به بیماری مفصلی زانو (۲۸)، بزرگ‌سالان مبتلا به مولتیپل اسکلروز (Multiple sclerosis) (۲۹) و سالمندان با بیماری شریانی محیطی (۳۰) از لحاظ کلینیکی حائز اهمیت می‌باشد. علی‌رغم اهمیت بررسی طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین به لحاظ کلینیکی، تعیین اینکه آیا ناشنوایی به‌طور مستقل با ویژگی‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن مرتبط می‌باشد یا خیر، به لحاظ علمی مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف از مطالعه حاضر، تجزیه و تحلیل طیف فرکانسی نیروهای عکس‌العمل عمودی، داخلی-خارجی، و قدامی-خلفی طی راه‌رفتن در کودکان ناشنوا می‌باشد.

روش شناسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی می‌باشد. نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۱۵ کودک پسر ناشنوا با اختلال شنوایی دو طرفه (سن: $11/26 \pm 1/79$ سال) و ۱۵ کودک پسر سالم (سن: $11/55 \pm 1/53$ سال) بود. برای ثبت مشخصات افراد یک پرسشنامه تهیه شد که شامل: تاریخ تولد، وضعیت پزشکی، شدت و تاریخ ناشنوایی بود. میزان ناشنوایی مورد نظر بیشتر از ۷۵ دسی‌بل بوده و همه افراد ناشنوا مادرزادی بودند. کودکان ناشنوا که دارای اختلالات عصبی - حرکتی یا ارتوپدی یا از داروهایی که بر

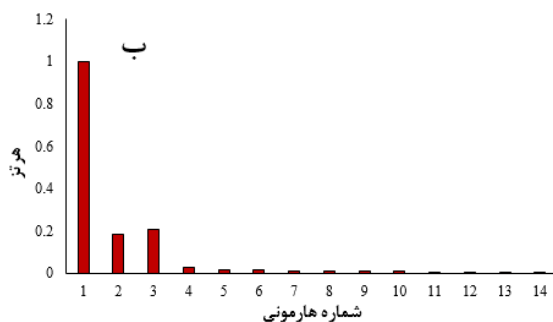
سیستم دهلیزی علاوه بر کنترل اعلان نقش مهمی در ارتباط برقرار کردن انسان با محیط ایفا می‌کند (۷). با توجه به موارد فوق، به‌نظر می‌رسد که کودکان مبتلا به ناشنوایی از ناتوانی دریافت اطلاعات حسی توسط سیستم دهلیزی و آسیب‌های گوش داخلی رنج می‌برند (۸). این اختلال می‌تواند آن‌ها را در تعادل و هماهنگی دچار مشکل کند و برای آن‌ها انجام وظایف و کارهایی که به تعادل نیاز دارند، مانند راه رفتن، سخت می‌باشد. پژوهش‌های قبلی (۹، ۱۰) نشان داده‌اند که اختلالات تعادلی، نقص حرکتی (۱۱، ۱۲) و اختلالات حسی-ادراکی (۱۳) در کودکان مبتلا به ناشنوایی شدید و مادرزادی وجود دارد. منابع متعددی استفاده از اطلاعات سیستم دهلیزی را برای حفظ وضعیت و تعادل تعیین‌کننده می‌دانند؛ باین‌حال بررسی سهم این سیستم در کنترل اعلان و راه رفتن ضروری می‌باشد. بررسی‌های اولیه بر روی عملکرد حرکتی کودکان ناشنوا نشان داد که این افراد در مقایسه با کودکان طبیعی بی‌ثبات بیشتری را در کنترل اعلان خود نسبت به افراد طبیعی نشان می‌دهند (۱۴، ۱۵). علاوه بر این، پژوهش‌های انجام شده توسط Rajendran و همکاران (۱۶) تأیید می‌کند که کودکان مبتلا به ناشنوایی، ممکن است در راه رفتن دارای مشکل باشند. به‌عنوان مثال، نشان داده شده است که علاوه بر گام‌های کوتاه و نامنظم (۱۷) و راه رفتن کندتر (۱۰، ۱۸)، آن‌ها هنگام راه رفتن نیاز به کمک بیشتری دارند (۱۷). جعفر نژادگرو و همکاران گزارش نمودند کودکان ناشنوا اوج نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی و همچنین ایپالس داخلی-خارجی بزرگ‌تر و اوج مثبت گشتاور آزاد کمتری را در مقایسه با همسالان سالم طی راه رفتن دارا هستند (۱۹). همچنین مجلسی و همکاران گزارش نمودند که فعالیت عضلات درشت‌نی قدامی در انتهای فاز اتکا، فعالیت عضله دوقلو داخلی در ابتدای فاز پاسخ بارگیری و فعالیت عضله پهن خارجی در انتهای فاز اتکا در کودکان ناشنوا در مقایسه با همسالان سالم بیشتر می‌باشد (۲۰). اگرچه مطالعات مختلفی بر تحلیل راه رفتن این افراد متمرکز شده است (۱۰، ۱۸)، اما متغیرهای بیومکانیکی در فعالیت‌هایی مانند راه رفتن در چنین افرادی به‌طور معمول در نظر گرفته نمی‌شوند. راه رفتن یک کار پیچیده می‌باشد که نیاز به هماهنگی عملکردی متغیرهای مختلف بیومکانیکی دارد. اصلاح روش‌های راه رفتن اخیراً به‌عنوان بخشی از پروتکل توان‌بخشی توصیه می‌شود (۲۱). بنابراین متغیرهای بیومکانیکی راه رفتن دارای اهمیت کلینیکی است و برای ارائه بازخوردهایی که برای ارزیابی اثرات درمانی یا برنامه‌ریزی برنامه‌های توان‌بخشی استفاده می‌شوند. از میان پارامترهای راه رفتن، متغیرهای کینتیک از اهمیت بیشتری

بعد از محاسبه فرکانس سیگنال ورودی، ۵ شاخص فرکانس جهت تحلیل‌های بیشتر محاسبه شد (۲۹، ۳۰)، شاخص اول شامل فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد (F/۹۹/۵) بود که نشان‌دهنده فرکانس حاوی ۹۹/۵ درصد توان سیگنال می‌باشد یا به عبارت دیگر ۹۹/۵ توان سیگنال، پایین‌تر از آن فرکانس قرار دارد و فرمول محاسبه آن طبق رابطه ۲ است. در این فرمول P توان محاسبه شده به‌عنوان انتگرال سیگنال فرکانس در مقابل دامنه و FMAX حداکثر فرکانس سیگنال می‌باشد. شاخص دوم میانه فرکانس (FMED) است که در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که نیمی از توان سیگنال در بالا و نیمی در پایین آن قرار دارند (رابطه ۳). در مطالعات مختلف فرض شده است، زمانی که بدن به زمین نیرو وارد می‌کند میانه فرکانس نیروی عکس‌العمل می‌تواند به‌طور متوسط نشان‌دهنده عملکرد اجزاء نوسانی سیستم عصبی-حرکتی باشد. شاخص سوم پهنای باند فرکانس (FBAND) است که تفاوت بین فرکانس حداکثر و فرکانس حداقل، زمانی که توان سیگنال بالاتر از نصف حداکثر توان سیگنال است، می‌باشد (رابطه ۴). این شاخص میزان نیاز به فراخوان واحدهای حرکتی را در عضلات نشان می‌دهد (۳۵).

$$\int_0^{f_{99.5}} p(f)df = 0.995 \times \int_0^{f_{max}} p(f)df \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\int_0^{f_{med}} p(f)df = \int_{f_{med}}^{f_{max}} p(f)df \quad \text{رابطه ۳}$$

رابطه ۴ $f_{band} = f_{max} - f_{min} \text{ (when } p > 1/2 \times p_{max} \text{)}$ شاخص چهارم تعیین تعداد هارمونی‌های ضروری در هر راستا می‌باشد. که بر طبق روش آشنایدر، تعداد هارمونیک ضروری ne برای بازسازی سطح ۹۵٪ از داده‌ها به‌عنوان تعدادی از هارمونیک‌ها که مجموع دامنه‌های نسبی هر هارمونیک در کل دامنه کمتر یا برابر با ۰/۹۵ در نظر گرفته شد (۲۸).

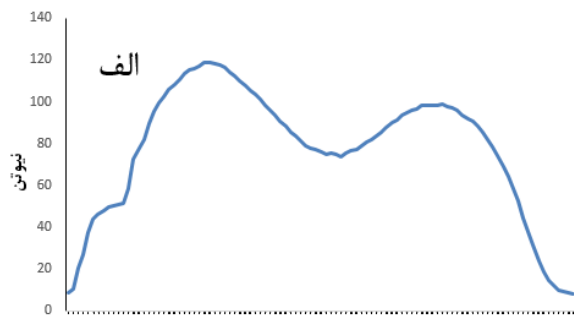


سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارد استفاده می‌کردند، از مطالعه حذف شدند. هیچ‌کدام از شرکت‌کنندگان دارای اختلالات عصبی یا ارتوپدی ثانویه از جمله آسیب اندام تحتانی در شش ماه قبل از جمع‌آوری داده‌ها را گزارش نکردند. شناسایی پای غالب افراد از طریق شوت توپ فوتبال مشخص کرد که پای غالب تمام آزمودنی‌ها پای راست است. وضعیت شنوایی آن‌ها از طریق پرونده پزشکی مشخص شد. شرکت‌کنندگان والدین آن‌ها به‌طور کامل در مورد هدف و پروتکل مطالعه مطلع شده و رضایت‌نامه کتبی را به‌طور آگاهانه امضا کردند. پروتکل پژوهش حاضر در کمیته پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان به تصویب رسید. یک صفحه‌نیرو (Kistler 9281EA, Winterthur, Switzerland) در وسط مسیر راه رفتن ۱۵ متری قرار داشت. داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین در سه بعد (Fx, Fy, Fz) و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت گردید. شرایط اجرای یک کوشش راه رفتن صحیح شامل برخورد کامل پا بر روی بخش میانی دستگاه صفحه‌نیرو بود. اگر صفحه‌نیرو توسط آزمودنی، جهت تنظیم گام مورد هدف قرار می‌گرفت یا تعادل آزمودنی دچار اختلال می‌شد کوشش راه رفتن تکرار می‌گردید. داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین در طی فاز اتکای راه رفتن استخراج شد. فاز اتکای راه رفتن به‌عنوان فاصله تماس پاشنه‌ی پا با زمین (شروع $Fz > 10N$) تا بلند شدن پنجه ($Fz < 10N$) (۳۱، ۳۲) تعیین گردید. داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین با استفاده از یک فیلتر باترورث پایین‌گذر مرتبه چهارم با برش فرکانسی ۲۰ هرتز فیلتر شد (۳۳).

پس از اعمال فیلتر، داده‌های نیروی عکس‌العمل عمودی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی از طریق تبدیل فوریر یا تحلیل هارمونیک طبق رابطه ۱ و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۱۳ از تابع زمان به تابع فرکانس تبدیل شد (۳۴) (شکل ۱).

$$F(t) = \sum A_n \sin(n\omega_0 t + \theta_n) \quad \text{رابطه ۱}$$

زاویه‌ی فازی = θ_n ، ضریب هارمونیک = n ، فرکانس پایه = ω_0 ، دامنه = A_n



شکل ۱: تبدیل فوریر (الف) نیروی عکس‌العمل در تابع زمان (ب) طیف توان نیروی عکس‌العمل زمین

رابطه ۵

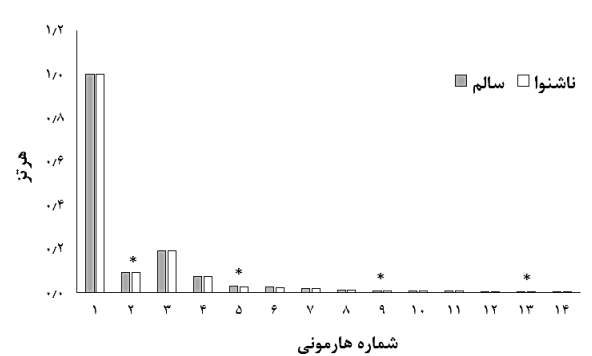
$$\sum_{n=1}^{n_e} \frac{\sqrt{A_n^2 + B_n^2}}{\sum_{n=1}^m \sqrt{A_n^2 + B_n^2}} \leq 0.95$$

شاخص پنجم شامل دامنه هر هارمونی می‌باشد. که نشان‌دهنده دامنه و تعداد هارمونیک در سه راستای عمودی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی برای تعداد هارمونی‌های ضروری در هر راستا، در دو شرایط با و بدون نواربندی بود (۲۷).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شپیرو-ویلک مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه دو گروه از آزمون t مستقل در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. علاوه بر این، مقادیر اندازه اثر برای هر متغیر با استفاده از رابطه d کوهن مورد محاسبه قرار گرفت. با استفاده از آمار کوهن اندازه اثر برابر ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ به ترتیب کوچک، متوسط و بزرگ در نظر گرفته شد (۳۶).

نتایج

میانگین سرعت راه رفتن در گروه ناشنوا (۱/۰۶±۰/۱۰ متر بر ثانیه) به طور معناداری کمتر از گروه سالم (۱/۲۰±۰/۱۸ متر بر ثانیه) بود. جدول ۱



نمودار ۱. طیف توان فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی طی راه رفتن در دو گروه سالم و ناشنوا (پای راست)

جدول ۱

میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی (پای راست) طی راه رفتن در افراد ناشنوا و سالم

اندازه اثر	P-value	افراد سالم	افراد ناشنوا	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۰/۱۲	۰/۷۵	۱۰/۰۶±۵/۲۵	۹/۶۰±۲/۳۸	میانگین فرکانس
۰/۰۰	۱/۰۰	۲/۲۰±۰/۴۱	۲/۲۰±۰/۴۱	پهنای باند
۰/۱۸	۰/۶۳	۱/۱۳±۰/۳۵	۱/۲۰±۰/۴۱	تعداد هارمونی ضروری
۰/۶۰	۰/۱۰	۱۴/۱۳±۵/۸۶	۱۰/۶۶±۵/۵۷	

*سطح معناداری P<۰/۰۵

میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی را در پای راست، بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا را نشان می‌دهد. یافته‌های این پژوهش در پای راست نشان داد که میزان فرکانس با توان ۹۹/۵٪، میانگین فرکانس، پهنای باند و تعداد هارمونی‌های ضروری نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین دو گروه وجود نداشت (P>۰/۰۵). دامنه هارمونی‌های ضروری پای راست در راستای عمودی در هارمونی دوم (P=۰/۰۰۴؛ اندازه اثر بالا)، هارمونی پنجم (P=۰/۰۰۵؛ اندازه اثر بالا)، هارمونی نهم (P=۰/۰۲۱؛ اندازه اثر بالا)، و هارمونی سیزدهم (P=۰/۰۴۲؛ اندازه اثر بالا) در گروه ناشنوا از گروه سالم بیشتر بوده و اختلاف معناداری را نشان داد و در سایر هارمونی‌ها اختلاف معناداری به لحاظ آماری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (نمودار ۱).

جدول ۲ نشان داد که میانگین فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی در گروه ناشنوا حدود ۵۳ درصد بیشتر از گروه سالم است (P=۰/۰۰۲؛ اندازه اثر بالا). فرکانس با توان ۹۹/۵٪، پهنای باند و تعداد هارمونی‌های ضروری در راستای قدامی-خلفی بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا اختلاف معناداری را نشان نداد (P>۰/۰۵). دامنه هارمونی‌های ضروری در راستای قدامی-خلفی در هارمونی اول در گروه سالم بیشتر از گروه ناشنوا بود (P=۰/۰۰۶؛ اندازه اثر بالا). دامنه هارمونی چهارم در گروه ناشنوا بیشتر از گروه سالم بود (P=۰/۰۰۷؛ اندازه اثر بالا). در سایر هارمونی‌ها بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا اختلاف معناداری را به لحاظ آماری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (نمودار ۲).

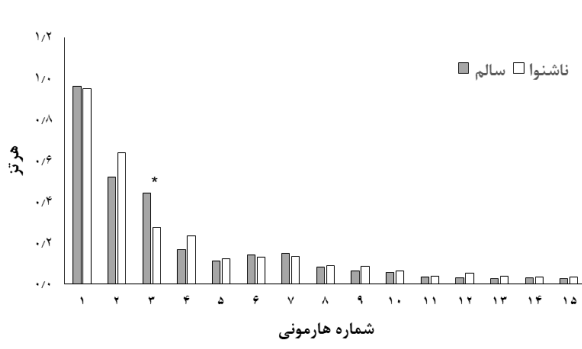
جدول ۳ میزان فرکانس با توان ۹۹/۵٪، میانگین فرکانس، پهنای باند و تعداد هارمونی‌های ضروری نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا در این متغیرها وجود ندارد (P>۰/۰۰۵). دامنه هارمونی‌های ضروری در هارمونی سوم در گروه سالم بیشتر از گروه ناشنوا بود (P=۰/۰۰۳؛ اندازه اثر بالا). در سایر هارمونی‌ها بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا اختلاف معناداری به لحاظ

جدول ۲

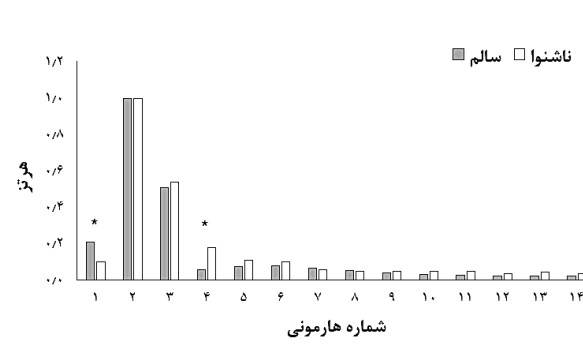
میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی طی راه رفتن در افراد ناشنوا و سالم (پای راست)

اندازه اثر	P-value	افراد سالم	افراد ناشنوا	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۰/۳۵	۰/۳۳	۱۱/۶۶±۳/۹۷	۱۳/۱۳±۴/۲۴	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۱/۲۹	*۰/۰۲	۱/۰۰±۰/۰۰	۱/۵۳±۰/۸۳	میانۀ فرکانس
۰/۹۷	۰/۰۸	۱/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۰±۰/۴۱	پهنای باند
۰/۲۵	۰/۴۸	۱۳/۷۳±۳/۱۰	۱۴/۵۳±۳/۰۹	تعداد هارمونی ضروری

*سطح معناداری P<۰/۰۵



نمودار ۳. طیف توان فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی طی راه رفتن در دو گروه سالم و ناشنوا (پای راست)



نمودار ۲. طیف توان فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی طی راه رفتن در دو گروه سالم و ناشنوا (پای راست)

جدول ۳

میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی طی راه رفتن در افراد ناشنوا و سالم (پای راست)

اندازه اثر	P-value	افراد سالم	افراد ناشنوا	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۰/۱۰	۰/۷۶	۱۴/۴۰±۶/۷۲	۱۵/۰۶±۵/۳۵	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۰/۲۷	۰/۵۳	۲/۵۳±۱/۱۲	۳/۴۰±۵/۱۵	میانۀ فرکانس
۰/۲۷	۰/۵۳	۱/۵۳±۱/۱۲	۲/۴۰±۵/۱۵	پهنای باند
۰/۱۹	۰/۶۰	۱۵/۰۰±۶/۹۰	۱۳/۸۶±۴/۷۷	تعداد هارمونی ضروری

*سطح معناداری P<۰/۰۵

بود (P=۰/۰۰؛ اندازه اثر بالا) (جدول ۵). فرکانس با توان ۹۹/۵٪، میانۀ فرکانس و پهنای باند در راستای قدامی-خلفی بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا اختلاف معناداری را نشان نداد (P>۰/۰۵). دامنه هارمونی‌های ضروری در راستای قدامی-خلفی بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا اختلاف معناداری را به لحاظ آماری نشان نداد (P>۰/۰۵) (نمودار ۵). در جدول ۶ میزان فرکانس با توان ۹۹/۵٪، میانۀ فرکانس، پهنای باند و تعداد هارمونی‌های ضروری عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی در پای چپ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا در این متغیرها وجود ندارد (P>۰/۰۵). دامنه هارمونی‌های ضروری در راستای داخلی-خارجی بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا اختلاف معناداری را به لحاظ آماری نشان نداد (P>۰/۰۵) (نمودار ۶).

آماري مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (نمودار ۳).

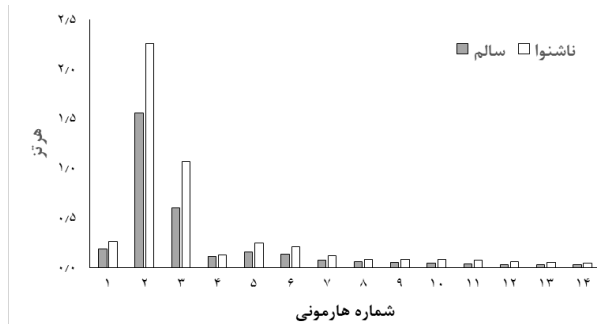
جدول ۴ میزان فرکانس با توان ۹۹/۵٪، میانۀ فرکانس، پهنای باند و تعداد هارمونی‌های ضروری عکس‌العمل زمین در راستای عمودی در پای چپ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا در این متغیرها وجود ندارد (P>۰/۰۵). دامنه هارمونی‌های ضروری در هارمونی دوم در گروه ناشنوا بیشتر از گروه سالم بود (P=۰/۰۰؛ اندازه اثر بالا). همچنین دامنه هارمونی سوم در گروه سالم بیشتر از گروه ناشنوا بود (P=۰/۰۴۶؛ اندازه اثر بالا). در سایر هارمونی‌ها بین دو گروه سالم و گروه ناشنوا اختلاف معناداری را به لحاظ آماری نشان نداد (P>۰/۰۵) (نمودار ۴). در پای چپ تعداد هارمونی‌های ضروری عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی در گروه ناشنوا حدود ۳۷ درصد بیشتر از گروه سالم

جدول ۴

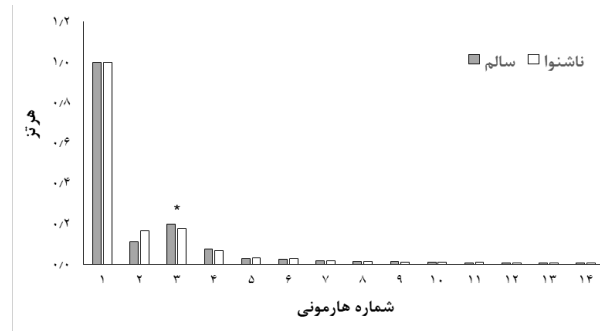
میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی طی راه رفتن در افراد ناشنوا و سالم (پای چپ)

اندازه اثر	P-value	افراد سالم	افراد ناشنوا	
۰/۲۶	۰/۴۸	۸/۷۳±۱/۴۸	۸/۳۳±۱/۵۸	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۰/۵۲	۰/۱۶	۱/۹۳±۰/۲۵	۲/۰۶±۰/۲۵	میانۀ فرکانس
۰/۵۰	۰/۳۳	۱/۰۰±۰/۰۰	۱/۰۶±۰/۲۵	پهنای باند
۰/۴۶	۰/۲۱	۱۰/۱۳±۲/۵۵	۱۱/۲۰±۲/۰۴	تعداد هارمونی ضروری

*سطح معناداری P<۰/۰۵



نمودار ۵. طیف توان فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی طی راه رفتن در دو گروه سالم و ناشنوا (پای چپ)



نمودار ۴. طیف توان فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی طی راه رفتن در دو گروه سالم و ناشنوا

جدول ۵

میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی طی راه رفتن در افراد ناشنوا و سالم (پای چپ)

اندازه اثر	P-value	افراد سالم	افراد ناشنوا	
۰/۳۰	۰/۴۲	۱۲/۲۶±۳/۸۶	۱۴/۲۰±۷/۷۳	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۰/۵۰	۰/۲۷	۱/۰۶±۰/۲۵	۱/۴۰±۱/۱۲	میانۀ فرکانس
۰/۷۱	۰/۱۸	۱/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۰±۰/۵۶	پهنای باند
۱/۲۹	*۰/۰۰	۱۴/۱۳±۲/۲۶	۱۹/۴۰±۵/۹۰	تعداد هارمونی ضروری

*سطح معناداری P<۰/۰۵

جدول ۶

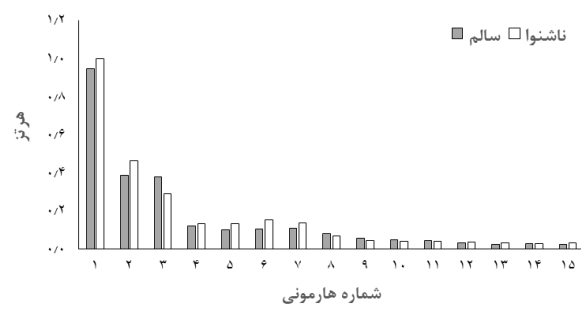
میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی طی راه رفتن در افراد ناشنوا و سالم (پای چپ)

اندازه اثر	P-value	افراد سالم	افراد ناشنوا	
۰/۳۲	۰/۳۸	۱۲/۷۳±۳/۶۹	۱۴/۲۶±۵/۶۱	فرکانس با توان ۹۹/۵٪
۰/۳۱	۰/۴۷	۲/۰۶±۰/۲۵	۲/۲۶±۱/۰۳	میانۀ فرکانس
۰/۳۱	۰/۴۷	۱/۰۶±۰/۲۵	۱/۲۶±۱/۰۳	پهنای باند
۰/۴۲	۰/۲۶	۱۳/۵۳±۳/۵۰	۱۵/۴۰±۵/۳۲	تعداد هارمونی ضروری

*سطح معناداری P<۰/۰۵

بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی محتوای فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین طی راه رفتن در دو گروه افراد ناشنوا و سالم بود. پژوهش‌های گذشته نشان دادند که طی راه رفتن میانگین میزان فرکانس با توان ۹۹/۵٪ نیروی عکس‌العمل عمودی و قدامی-خلفی زمین به ترتیب $۴/۵۴ \pm ۰/۶۲$ هرتز و $۱۵/۳۶ \pm ۵/۸۷$ هرتز، میانگین میزان میانۀ فرکانس نیروی عکس‌العمل عمودی و قدامی-خلفی زمین به ترتیب $۰/۳۹ \pm ۰/۰۷$ هرتز و $۱/۳۰ \pm ۰/۷۹$ هرتز و



نمودار ۶. طیف توان فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی طی راه رفتن در دو گروه سالم و ناشنوا (پای چپ)

سالم است. تعداد هارمونیک مورد نیاز برای بازسازی الگوی نیروی عکس‌العمل زمین کمتر از حداکثر توسط قضیه شانون تعریف شده است (۲۸). با این حال، در منحنی‌های میانگین، تعداد هارمونیک‌های مورد نیاز کاهش بیشتری می‌یابد. انتخاب تعداد هارمونیک ضروری برای مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین بستگی به دقت بازسازی شکل موج لازم برای تحلیل‌های خاص دارد. در پژوهش حاضر هیچ‌یک از متغیرهای طیف فرکانس در دو راستای عمودی و داخلی-خارجی طی راه رفتن بین دو گروه تغییر نکرد. در پژوهش‌های قبلی ثابت شده است که کاهش سرعت راه رفتن موجب کاهش قابل توجهی در نیروهای عکس‌العمل عمودی طی فاز اتکا راه رفتن می‌شود (۳۹، ۴۰). سرعت راه رفتن کمتر و طیف نیروهای عکس‌العمل عمودی بالاتر در کودکان ناشنوا می‌تواند به ترتیب با بازده کمتر راه رفتن و بار بیشتر در ناحیه پروگزیمال مفصل باشد (۴۰). بنابراین، انتظار می‌رود که کودکان ناشنوا تلاش بیشتری می‌کنند، تا مرکز جرم خود را در صفحات حرکتی قرار دهند. نتایج این پژوهش نشان داد که افرادی که دارای ناشنوایی هستند ترجیح می‌دهند که آرام‌تر از افراد سالم راه بروند. این نتیجه مطابق با مطالعات قبلی در مورد راه رفتن ناشنوایان است (۱۸، ۱۰). یکی از دلایل احتمالی برابر یا بالاتر بودن طیف فرکانس و دامنه‌ی هارمونی‌ها در گروه ناشنوا در مقایسه با افراد سالم می‌تواند این موضوع باشد که فعالیت عضلات درشت‌نی قدامی در انتهای فاز اتکا، فعالیت عضله دوقلو داخلی در ابتدای فاز پاسخ‌بارگیری و فعالیت عضله پهن خارجی در انتهای فاز اتکا در کودکان ناشنوا در مقایسه با همسالان سالم طی راه رفتن بیشتر می‌باشد (۲۰).

این مطالعه دارای محدودیت‌هایی بود که شامل تعداد محدود شرکت‌کنندگان (با این حال، مطالعه توانایی کافی در آزمون‌های آماری برای تعیین تفاوت‌های گروهی داشت)، عدم مطالعه سایر متغیرهای کینتیکی (مانند گشتاور و توان مفصل) و کینماتیک مفاصل بود. ترکیبی از کینماتیک و سایر متغیرهای کینتیکی با فعالیت‌های الکتریکی از عضلات مؤثر در راه رفتن ممکن است اطلاعات بیشتری را در مورد بررسی عوامل خطر در کودکان ناشنوا ارائه کند.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با وجود پایین‌تر بودن سرعت راه رفتن در کودکان ناشنوا در مقایسه با همسالان سالم مقادیر طیف فرکانس و

هرتز و میانگین میزان پهنای باند فرکانس عمودی و قدامی-خلفی به ترتیب 0.08 ± 0.056 هرتز و $1/37 \pm 0.81$ هرتز می‌باشد (۲۹، ۳۰). سرعت راه رفتن در گروه ناشنوا کمتر از گروه سالم بود، تغییر سرعت در الگوی حرکات انتقالی روی الگوهای فعال‌سازی عضله، طول فیبر عضلانی (۳۷) و پارامترهای گام‌برداری‌های خاص (۳۸) تأثیر می‌گذارد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که میانه فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی در گروه ناشنوا حدود ۵۳ درصد بیشتر از گروه سالم است. در پژوهش‌های پیشین نشان داده شده است که کاهش فرکانس میانه را می‌توان با افزایش خستگی در ارتباط دانست. در پژوهش دیگر کاهش فرکانس میانه به تغییر تارهای نوع دو به نوع یک نسبت داده شده است که در آن انقباض آهسته‌تر با نوسانات کمتر در عضله همراه می‌باشد (۳۱، ۳۲). برای تحلیل خستگی از طریق تجزیه و تحلیل فرکانس از سیگنال الکترومیوگرافی استفاده می‌شود (۳۵). با این حال افزایش خستگی عضلانی با کاهش فرکانس میانه همراه است. در تحقیق McGrath و همکاران فرکانس میانه در محتوای فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در افراد دارای بیماری شریان محیطی در مقایسه با افراد سالم کمتر است (۳۰). یافته‌های این پژوهش در مقادیر فرکانس با توان $99/5\%$ نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی، قدامی-خلفی و داخلی خارجی طی راه رفتن در دو گروه اختلاف معناداری را نشان نداد. افزایش میزان نوسانات می‌تواند نشانه کنترل پوسچر ضعیف در راستای عمودی باشد. با این حال افزایش میزان فرکانس باعث افزایش ناپایداری و لغزش در الگوی حرکتی می‌شود (۳۶). سیگنال نیروی عکس‌العمل زمین با فرکانس‌های مختلف به وسیله گیرنده‌های مکانیکی در سطح پوست دریافت می‌شود و به سیستم عصبی مرکزی انتقال می‌یابد و پاسخ آن به شکل فرکانس به پا انتقال می‌یابد؛ در نتیجه، فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین ممکن است تا حدودی نشان‌دهنده عملکرد مؤلفه نوسانی سیستم عصبی-حرکتی می‌باشد (۲۹، ۳۰). یافته‌های این پژوهش در مقادیر فرکانس باند نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی، قدامی-خلفی و داخلی خارجی طی راه رفتن در دو گروه اختلاف معناداری را نشان نداد. بر اساس پژوهش‌های قبل افزایش پهنای باند فرکانس، بیشتر با فراخوانی واحدهای حرکتی در ارتباط هستند؛ همان‌طور که عدم تغییرات پهنای باند فرکانس را به مشکلات کنترل در حرکت نسبت داده‌اند (۲۹، ۳۰).

در این پژوهش تعداد هارمونی‌های ضروری نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی در گروه ناشنوا حدود ۳۷ درصد بیشتر از گروه

فاکتور آسیب ناشی از مقادیر طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین هستند.

دامنه هر هارمونی به‌طورکلی در گروه ناشنوا بزرگ‌تر از گروه سالم است. این امر نشان‌دهنده این موضوع است که کودکان ناشنوا در معرض ریسک

References

1. Cruickshanks KJ, Wiley TL, Tweed TS, Klein BE, Klein R, Mares-Perlman JA, et al. Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin: The epidemiology of hearing loss study. *American journal of epidemiology*. 1998;148(9):879-886.
2. DAVIs AC. The prevalence of hearing impairment and reported hearing disability among adults in Great Britain. *International Journal of Epidemiology*. 1989;18(4):911-917.
3. Firouzbakht M, Eftekhar Ardebili H, Majlesi F, Rahimi A, Ansari Dezfooli M, Esmailzadeh M. Prevalence of neonatal hearing impairment in province capitals. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*. 2008;5(4):1-9.
4. Farzaneh HA, Daneshmandi H, Mahdavi S. The effect of 8 weeks of core stabilization training program on balance in hearing impaired students. 2011; 23;3(2):67-83.
5. Carvill S. Sensory impairments, intellectual disability and psychiatry. *Journal of Intellectual Disability Research*. 2001;45(6):467-483.
6. Mohr PE, Feldman JJ, Dunbar JL, McConkey-Robbins A, Niparko JK, Rittenhouse RK, et al. The societal costs of severe to profound hearing loss in the United States. *International journal of technology assessment in health care*. 2000;16(04):1120-1135.
7. Wiener-Vacher SR. Vestibular disorders in children. *International journal of audiology*. 2008;47(9):578-583.
8. Koffler T, Ushakov K, Avraham KB. Genetics of hearing loss: syndromic. *Otolaryngologic clinics of North America*. 2015;48(6):1041-1061.
9. De Kegel A, Dhooge I, Cambier D, Baetens T, Palmans T, Van Waelvelde H. Test-retest reliability of the assessment of postural stability in typically developing children and in hearing impaired children. *Gait & posture*. 2011;33(4):679-685.
10. Majlesi M, Farahpour N, Azadian E, Amini M. The effect of interventional proprioceptive training on static balance and gait in deaf children. *Research in developmental disabilities*. 2014;35(12):3562-3567.
11. Potter CN, Silverman LN. Characteristics of vestibular function and static balance skills in deaf children. *Physical therapy*. 1984;1;64(7):1071-5.
12. Rine RM, Braswell J, Fisher D, Joyce K, Kalar K, Shaffer M. Improvement of motor development and postural control following intervention in children with sensorineural hearing loss and vestibular impairment. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2004;68(9):1141-1148.
13. Jafari Z, Malayeri SA. The effect of saccular function on static balance ability of profound hearing-impaired children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2011;75(7):919-924.
14. de Souza Melo R, da Silva PWA, da Silva LVC, da Silva Toscano CF. Postural evaluation of vertebral column in children and teenagers with hearing loss. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia*. 2011;15(02):195-202.
15. Angeli S. Value of vestibular testing in young children with sensorineural hearing loss. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2003;129(4):478-482.
16. Rajendran V, Roy FG, Jeevanantham D. Postural control, motor skills, and health-related quality of life in children with hearing impairment: a systematic review. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2012;269(4):1063-1071.
17. Melo RdS, Silva PWAd, Tassitano RM, Macky CFS, Silva LVCd. Balance and gait evaluation: comparative study between deaf and hearing students. *Revista Paulista de Pediatria*. 2012;30(3):385-391.
18. Li L, Simonsick EM, Ferrucci L, Lin FR. Hearing loss and gait speed among older adults in the United States. *Gait & posture*. 2013;38(1):25-29.
19. Jafarnezhadgero AA, Majlesi M, Azadian E. Gait ground reaction force characteristics in deaf and hearing children. *Gait & posture*. 2017;53:236-240.
20. Majlesi M, Azadian E, Farahpour N, Jafarnezhad AA, Rashedi H. Lower limb muscle activity during gait in individuals with hearing loss. *Australasian physical & engineering sciences in medicine*. 2017;40(3):659-665.
21. Heiderscheid B. Gait retraining for runners: in search of the ideal. *JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA 22134-1540*; 2011.
22. Cheung RT, Rainbow MJ. Landing pattern and vertical loading rates during first attempt of barefoot running in habitual shod runners. *Human movement science*. 2014;34:120-127.
23. Chockalingam N, Dangerfield PH, Rahmatalla A, Ahmed E-N, Cochrane T. Assessment of ground reaction force during scoliotic gait. *European spine journal*. 2004;13(8):750-754.
24. Giakas G, Baltzopoulos V, Dangerfield PH, Dorgan JC, Dalmira

- S. Comparison of gait patterns between healthy and scoliotic patients using time and frequency domain analysis of ground reaction forces. *Spine*. 1996;21(19):2235-2242.
25. Stergiou N, Giakas G, Byrne JE, Pomeroy V. Frequency domain characteristics of ground reaction forces during walking of young and elderly females. *Clinical Biomechanics*. 2002;17(8):615-617.
26. Stergiou N. Innovative analyses of human movement: Human Kinetics Publishers; 2004.
27. White R, Agouris I, Fletcher E. Harmonic analysis of force platform data in normal and cerebral palsy gait. *Clinical Biomechanics*. 2005;20(5):508-516.
28. Schneider E, Chao E. Fourier analysis of ground reaction forces in normals and patients with knee joint disease. *Journal of biomechanics*. 1983;16(8):591-601.
29. Wurdeman SR, Huisinga JM, Filipi M, Stergiou N. Multiple sclerosis affects the frequency content in the vertical ground reaction forces during walking. *Clinical Biomechanics*. 2011;26(2):207-212.
30. McGrath D, Judkins TN, Pipinos II, Johanning JM, Myers SA. Peripheral arterial disease affects the frequency response of ground reaction forces during walking. *Clinical Biomechanics*. 2012;27(10):1058-1063.
31. Pamukoff DN, Lewek MD, Blackburn JT. Greater vertical loading rate in obese compared to normal weight young adults. *Clinical Biomechanics*. 2016;33:61-65.
32. Willwacher S, Goetze I, Fischer KM, Brüggemann G-P. The free moment in running and its relation to joint loading and injury risk. *Footwear Science*. 2016;8(1):1-11.
33. Fukaya T, Mutsuzaki H, Wadano Y. Kinematic analysis of knee varus and rotation movements at the initial stance phase with severe osteoarthritis of the knee. *The Knee*. 2015;22(3):213-216.
34. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement: John Wiley & Sons; 2009.
35. Judkins TN, Oleynikov D, Narazaki K, Stergiou N. Robotic surgery and training: electromyographic correlates of robotic laparoscopic training. *Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques*. 2006;20(5):824-829.
36. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates. 1988;2.
37. Cronin NJ, Ishikawa M, Grey MJ, Af Klint R, Komi PV, Avela J, et al. Mechanical and neural stretch responses of the human soleus muscle at different walking speeds. *The Journal of physiology*. 2009;587(13):3375-3382.
38. Dingwell JB, John J, Cusumano JP. Do humans optimally exploit redundancy to control step variability in walking? *PLoS computational biology*. 2010;6(7):e1000856.
39. Chiu M-C, Wang M-J. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. *Gait & posture*. 2007;25(3):385-392.
40. Keller TS, Weisberger A, Ray J, Hasan S, Shiavi R, Spengler D. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clinical biomechanics*. 1996;11(5):253-9.

Frequency Domain Analysis of Gait Ground Reaction Forces in Deaf and Hearing Children

Elham Sorkheh¹,
Mahdi Majlesi^{2*},
Amir Ali Jafarnezhadgero¹

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Science and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Department of Sport Biomechanics, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran.

* Corresponding author:
Department of Sport Biomechanics, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran.
Tel: +989184077540
Email: majlesi11@gmail.com

Abstract

Received: May 12, 2018 Accepted: Aug. 22, 2018

Objective: The link between frequency content of gait ground reaction forces and hearing loss is not well understood. The objective of this study was to investigate the effects of hearing loss on gait ground reaction force frequency content.

Methods: Thirty male children were equally divided into a healthy group and a group with hearing loss problems (Deaf group). Frequency content of ground reaction forces were analyzed during barefoot walking. Independent samples t-test was used for between group comparisons. The significance level was set at $p < 0.05$ for all analyses.

Results: The results indicated that hearing loss was associated with increased anterior-posterior frequency band amplitude in right limb (by 53%; $p = 0.020$) and number of anterior-posterior essential harmonics in left limb (by 37%; $p = 0.000$). Similar vertical and medio-lateral frequency content were observed in both groups ($p > 0.05$).

Conclusion: The results reveal that gait ground reaction force frequency content in deaf children may have clinical values for rehabilitation of these subjects.

Keywords: Deaf, walking, Ground reaction force, Frequency content

آقای دکتر امیرعلی جعفرنژادگرو، ایشان رتبه ۳ آزمون کارشناسی ارشد سال ۱۳۸۸ و رتبه ۱ آزمون دکتری سال ۱۳۹۰ در گرایش بیومکانیک ورزشی می‌باشد. در سال ۱۳۹۴ درجه دکتری خود در گرایش بیومکانیک ورزشی را از دانشگاه



بوعلی سینا همدان دریافت کرد. در حال حاضر ایشان عضو هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد. ایشان دارای ۱۹ مقاله ISI ۸ مورد از این مقالات در مجلات Q1 منتشر شده‌اند، چهار کتاب، ۲۰ مقاله علمی پژوهشی به زبان فارسی و بیش از ۴۰ مقاله در همایش‌های ملی و بین‌المللی می‌باشد. زمینه تحقیقاتی ایشان، تجزیه و تحلیل مهارت‌های ورزشی در جمعیت‌های کلینیکی و بیومکانیک پایه می‌باشد. طراحی و ارزیابی ارتزها، بریس و کنش‌های مختلف ورزشی جهت بهبود عملکرد ورزشکان و کاهش نرخ آسیب‌های ناشی از فعالیت‌های ورزشی از جمله اهداف مطالعاتی ایشان می‌باشد که می‌تواند در ارتباط بین صنعت و دانشگاه بسیار راه‌گشا باشد. از دیگر پروژه‌های ایشان در آینده، بومی‌سازی نرم‌افزارهای کاربردی همچون Biofeedback و Motion analysis در علوم ورزشی و معرفی آن‌ها جهت بهبود سلامت عمومی جامعه و ارتقاء سطحی کیفی عملکرد ورزشکاران می‌باشد. ایشان مسئولیت داوری مقالات چندین مجله علمی-پژوهشی در رشته علوم ورزشی را برعهده دارد.

خانم الهام سرخه دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی در گرایش بیومکانیک ورزشی می‌باشد. ایشان دارای حدود ۶ مقاله علمی پژوهشی به زبان فارسی می‌باشد. زمینه تحقیقاتی ایشان، تجزیه و تحلیل مهارت‌های ورزشی در جمعیت‌های کلینیکی و بیومکانیک پایه می‌باشد.



آقای دکتر مهدی مجلسی، از سال ۱۳۸۵ عضو هیئت علمی تمام وقت گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان می‌باشد. در حال حاضر ایشان علاوه بر تدریس دروس حرکت‌شناسی و بیومکانیک در رشته



تربیت‌بدنی، در سمت رئیس دانشکده علوم انسانی و مسئول آزمایشگاه بیومکانیک ورزشی این دانشگاه مشغول به فعالیت است. کسب عنوان مقاله برتر در جشنواره فرهیختگان در سال ۱۳۹۴، انتخاب به عنوان مدرس و پژوهشگر برتر در دانشگاه آزاد اسلامی همدان در طی چند سال اخیر از جمله افتخارات ایشان می‌باشد. چاپ بیش از ۳۰ مقاله در مجلات معتبر داخلی و خارجی و ارائه چندین مقاله در همایش‌های داخلی و خارجی را در کارنامه پژوهشی خود دارد. تعادل و کنترل، تجزیه و تحلیل راه رفتن در جمعیت‌های کلینیکی، تجزیه و تحلیل مهارت‌های ورزشی از جمله علایق پژوهشی ایشان می‌باشد.