علوم زیستی ورزشی - پاییز ۱۳۹۸
دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۳، ص: ۳۴۲ – ۳۲۷
تاریخ دریافت : ۰۹ /۰۲ / ۹۸
تاریخ پذیرش : ۲۵ / ۰۳ / ۹۸

تأثیر تمرین راه رفتن با علامت‌گذاری شنیداری بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی سالمندان سالم

حدیث حسینی [۱] – ضیا فلاح‌محمدی [*۲] – مژگان معمارمقدم [۳] – اسماعیل حسینی‌نژاد [۴]

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران ۳. استادیار رفتارحرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران بابلسر، ایران۴. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

چکیده

سالمندان سطوح بالایی از هم‌انقباضی را در عضلات اندام تحتانی نشان می‌دهند که بیشتر برای جبران زوال اندام‌ها و کنترل حرکتی بهتر ظاهر می‌شود. راه رفتن عادی و بی‌نقص علاوه‌بر سلامت عوامل عصب عضله، به سلامت شناختی و نیز خودکاری حرکت بستگی دارد؛ بنابراین می‌توان با به چالش کشیدن منابع اجرایی از طریق علامت‌گذاری ریتمیک شنیداری توجه فرد را به بیرون جلب کرد و فعالیت روزمره‌ای چون راه رفتن را به خودکار و بدون تمرکز تغییر داد. ۳۰ مرد سالمند واجد شرایط ۶۰ تا ۷۵ ساله به‌طور داوطلبانه انتخاب شدند و در دو گروه کنترل (گروه بدون تمرین و گروه راه رفتن بدون علامت‌گذاری شنیداری) و ۱ گروه تجربی (راه رفتن با علامت‌گذاری شنیداری) قرار گرفتند. برای ارزیابی هم‌انقباضی عضله، الگوی فعالیت عضلات اندام تحتانی از جمله نعلی، ساقی قدامی، پهن داخلی، پهن خارجی و دوسررانی طی ۹۰ ثانیه راه رفتن با سرعت ترجیحی در پیش و پس‌آزمون بررسی شد. تمرینات به مدت ۶ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۲۰ دقیقه انجام گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل آنالیز کوواریانس و آزمون ناپارامتریک بوت استرپ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گرفت. نتایج نشان داد که پس از ۱۸ جلسه تمرین، هم‌انقباضی در عضلات همکار بیشتر و عضلات موافق و مخالف کمتر شده، اما این یافته‌ها از نظر آماری، معنادار نبوده است ($P>0/05$). این نتایج نشان می‌دهد که علامت‌گذاری شنیداری حین تمرین راه رفتن، ممکن است تأثیر چندانی بر فعالیت هم‌انقباضی عضلات در سالمندی اولیه نداشته باشد که احتمالاً در اثر عدم تغییرات بارز شناختی در این دوره است.

واژه‌های کلیدی

الکترومیوگرافی، علامت‌گذاری ریتمیک شنیداری، سالمندی اولیه، هم‌انقباضی.

---

[*] **نویسندهٔ مسئول : تلفن: ۰۹۱۱۱۱۲۷۶۳۳** Email:ziafalm@yahoo.com

مقدمه

سالمندی[1]فرایند بیولوژیکی و مرتبط با زمان است و وقوع آن زمانی رخ می‌دهد که فرایندهای تخریبی از فرایندهای تولیدی جلوتر می‌افتند (۱). با پیشرفت سن حتی در غیاب بیماری، تخریب ساختار و عملکرد در بیشتر سیستم‌های فیزیولوژیکی رخ می‌دهد. این تغییرات فیزیولوژیکی وابسته به سن بر دامنهٔ وسیعی از بافت‌ها و سیستم‌های بدن اثر دارد، از جملهٔ این تغییرات انحطاط سیستم حسی و حرکتی است (۳،۲).

از وظایف سیستم حسی حرکتی کنترل راه رفتن است که هر روز تکرار می‌شود. مطالعات حاضر نشان داده است در سالمندان حتی بدون علائم بالینی تغییرات سیستم عصبی عضلانی، مکانیزم راه رفتن تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۵،۴). کاهش توانایی راه رفتن درست، به‌ویژه در شرایط چالش‌برانگیز ممکن است دلیل مهمی برای افزایش سقوط افراد سالخوردهٔ سالم باشد. یکی از سازوکارهای احتمالی در اختلالات راه رفتن مرتبط با پیری، هم‌انقباضی[2]عضلات اندام تحتانی است (۷،۶). اگرچه تعریف هم‌انقباضی پیچیده است، به زبان ساده، به فعالیت همزمان گروه‌های عضلانی موافق و مخالف گفته می‌شود (۹،۸). هم‌انقباضی راهکاری طبیعی برای کنترل حرکت در افراد است و نقش آن در شرایط مختلف، متفاوت است، به‌طور مثال در چالش‌های تعادلی و حفظ وضعیت بدن، هم‌انقباضی به‌عنوان واکنش اولیه به محیط یا وضعیت جدید بیشتر می‌شود، همچنین در زمان ثبات اندام برای دقت عملکرد هم ظاهر خواهد شد (۱۰)؛ اما با افزایش سن، هم‌انقباضی عواقب منفی و نوسانات زیان باری را به‌دنبال دارد و به‌عنوان یک ناهنجاری شناخته‌شده است، زیرا افراد سالخورده ناخودآگاه از هم‌انقباضی در برابر سفتی مفاصل استفاده می‌کنند تا وخامت یا زوال فرایندهای حسی برای کنترل وضعیت بدن را جبران کنند. جبران این ضعف از طریق فرایند هم‌انقباض، افزایش هزینهٔ انرژی، محدودیت حرکت، خستگی، کاهش عملکرد حرکتی و سقوط را در پی دارد (۱۱،۸). از تأثیرات بالقوهٔ دیگر هم‌انقباضی افزایش فشار به اطراف مفصل است که موجب تخریب غضروف و مفاصل می‌شود، بنابراین کنترل این فرایند در بهبود بیومکانیک راه رفتن و تعادل حائز اهمیت است. با این حال در همهٔ پژوهش‌ها تا به امروز اطلاعات کمی از هم‌انقباضی در طول راه رفتن وجود دارد (۷).

1. Aging
2. Co-contraction

راهکارهای جدید کنترل حرکتی استفاده از تمرینات مداخله‌ای با علامت‌گذاری‌های حسی بیرونی را برای بهبود کنترل قامت و راه رفتن توصیه می‌کنند. علامت‌گذاری شنیداری[1] روشی غیرتهاجمی، کم‌هزینه و ساده است که امروزه در روش‌های توانبخشی مورد توجه قرار گرفته است. در این روش فرد سعی می‌کند گام‌هایی هماهنگ با علائم شنیداری ریتمیک، بردارد (۱۲). در مورد اثربخشی این‌گونه مداخلات حسی، تحقیقات نشان داده‌اند که علامت‌گذاری شنیداری می‌تواند حرکات را با تحریک همزمان سازد و خود نشان‌دهندهٔ فراخوانی منسجم‌تر واحدهای حرکتی است، ازاین‌رو ضرباهنگ شنیداری به‌عنوان یک نوسانگر بیرونی عمل می‌کند و این سیگنال تناوبی می‌تواند فعالیت عصبی- عضلانی راه رفتن را تحت تأثیر قرار دهد و مانند یک راهنمای ریتمیک، فعال‌سازی عضلانی را تسهیل و طبیعی کند (۱۳،۱۲). ناحیهٔ قشری حرکتی مغز هم در این زمینه نقش بسیار مهمی دارد. مغز با تداخلات شنیداری در طول حرکات پیچیده در تعامل است (۱۵،۱۴) و مکانیزم مغز به‌گونه‌ای است که محرک‌های شنیداری در طول فعالیت جسمانی، بر آن تأثیرگذار است (۱۶).

از دیدگاه علمی، هنوز پتانسیل کامل این دسته از مداخلات به‌عنوان یک برنامهٔ کاربردی به‌خوبی درک نشده، اما استفاده از این تحریکات در گروه‌های مختلفی از افراد با اختلالات عصب‌شناختی ازجمله بیماری پارکینسون (۱۷)، اماس (۱۸)، سکتهٔ مغزی (۱۹)، آلزایمر و اختلالات شناختی (۲۰) تأثیرات مثبتی را در پی داشته است. با وجود این، استفاده از این مداخلات بر روی سالمندان ادبیات محدودی دارد که بعضاً نیز متناقض است. لیندا[2]و همکاران (۲) در سال ۲۰۱۳ اثر این تحریکات را در سالمندان پس از ۱ جلسه تمرین، در زمینهٔ ثبات وضعیت بدن و متغیرهای گام‌برداری معنادار گزارش کردند. همچنین در مطالعاتی دیگر، محققان تأثیرات معناداری را در استفاده از تحریکات موزون برای افراد سالم نشان دادند و آن را به‌منزلهٔ شیوه‌ای مناسب در برنامه‌های توانبخشی توصیه کرده‌اند (۲۲،۲۱). از طرفی، تری‌ار[3](۱۲) در سال ۲۰۱۶ و همچنین اسشیبر[4]و همکاران (۲۳) (۲۰۱۶) با استفاده از این نوع علامت‌گذاری‌های شنیداری، عملکرد کینماتیک راه رفتن افراد میانسال را طی ۱ جلسه بررسی و نتایج معناداری را گزارش نکردند. گالیت یوگوا[5](۲۴) نیز (۲۰۱۷) تغییرات نوسان بدن حین راه رفتن سالمندان

1. Auditory cueing
2. Linda M·
3. Terrie
4. Schreiber
5 . Yogevq - seligmman

را بررسی کرد و یافته‌ها حاکی از آن بود که استفاده از مترونوم به‌عنوان یک توجه بیرونی به‌دلیل رقابت توجه درونی و بیرونی برای افراد سالم عامل اختلال در راه رفتن بود.

به‌نظر می‌رسد طراحی برنامهٔ تحریکات ریتمیک شنیداری می‌تواند راهبردی قابل اجرا برای پیشرفت متغیرهای راه رفتن سالمند باشد (۲۵). با این حال، تحقیقات محدود پیشین تأثیر این‌گونه مداخلات را بیشتر بر روی متغیرهای کینماتیک راه رفتن بررسی کردند و با توجه به دانش ما هنوز تغییرات الگوی عضلانی راه رفتن در این حوزه بررسی نشده است. از طرفی، تأثیر طولانی‌مدت این مداخلات بر روی الگوی راه رفتن سالمندان نیز مطالعه نشده و فقط تأثیرات کوتاه‌مدت و تک‌جلسه‌ای آن بر روی متغیرهای کینماتیکی گزارش شده و تأثیر آن بر هم‌انقباضی عضلات ناشناخته است. به نقل از جاستین لو[1] و همکاران (۷) (۲۰۱۷) نقش عضلات هم‌انقباض در تعاملات حرکتی هنوز مبهم است، به‌خصوص در سالمندانی که تحت تأثیر حفظ هم‌انقباضی‌اند. از دیگر محدودیت‌های تحقیقات پیشین، بی‌توجهی به داشتن گروه کنترل راه رفتن بدون دریافت علامت‌گذاری شنیداری بود، چراکه ممکن است تأثیرات مثبت دیده‌شده در تحقیقات گذشته، ناشی از پیاده‌روی منظم طی جلسات تمرین باشد و نه حاصل از مداخلات شنیداری. با توجه به تحقیقات محدود و نتایج متناقض و محدودیت‌های ذکرشده در ادبیات تحقیقی، به مطالعات بیشتر و شواهد بهتر و باکیفیت‌تری نیاز است تا بتوان با قطعیت بیشتری در مورد اثربخشی این نوع تمرینات در سالمندان صحبت کرد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر یک دوره تمرین با علامت‌گذاری شنیداری بر هم‌انقباضی راه رفتن سالمندان سالم است.

روش‌شناسی

مطالعهٔ حاضر از نوع نیمه‌تجربی و به لحاظ هدف، کاربردی و از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. ۳۰ مرد سالمند واجد شرایط ۶۰ تا ۷۵ ساله به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس از مرکز سرای مهر شهرستان بابلسر به‌طور داوطلبانه انتخاب و پس از امضای فرم رضایت‌نامه وارد تحقیق شدند و به‌طور تصادفی به سه گروه ۱۰ نفره (دو گروه کنترل و ۱ گروه تجربی) تقسیم شدند (۲۶،۹). مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در سه گروه تحقیق در جدول ۱ آورده شده است. ملاک‌های خروج از مطالعه عبارت بود از: نداشتن توانایی راه رفتن بدون کمک، سابقهٔ شکستگی در اندام تحتانی در یک سال گذشته، جراحی در ناحیهٔ ران و زانو،

1 . Lo, Justine

آسیب‌های عصبی عضلانی و مشکلات ارتوپدی در شش ماه گذشته و اختلالات شنوایی (۷،۲۴).

جدول ۱. مشخصات فردی آزمودنی‌ها در سه گروه تحقیق برحسب میانگین±انحراف استاندارد

گروه ها	سن (سال)	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم به متر مربع)
کنترل (بدون فعالیت)	۶۸/۸۷±۲/۶۴	۱۶۷/۵±۱/۷۷	۷۳/۵±۴/۰۲	۲۷/۱±۱/۴۹
راه رفتن (بدون تحریک)	۶۸/۱۰±۲/۲۳	۱۶۸/۲۱±۳/۰۸	۷۶/۱۹±۵/۷۶	۲۶/۵±۲/۱۰
تحریک شنیداری	۶۹/۳۶±۳/۰۸	۱۶۸/۸۸±۳/۰۱	۷۸/۱۱±۵/۸۶	۲۶/۳۹±۲/۹۸

برای جمع‌آوری اطلاعات فردی شرکت‌کننده‌ها، از پرسشنامهٔ اطلاعات فردی محقق‌ساخته (به‌طور محرمانه) استفاده شد. برای همگن‌سازی افراد در گروه‌های تجربی و کنترل و همچنین به‌منظور تعیین آهنگ راه رفتن ترجیحی آنها، از هر شرکت‌کننده خواسته شد که در مسیر ۱۰ متری ۳ بار با سرعت ترجیحی راه برود. بار اول برای آشنایی و سپس میانگین ۲ بار بعدی به‌عنوان آهنگ ترجیحی انتخاب شد. تعداد قدم‌ها و زمان پیمودن مسافت مذکور ثبت و تعداد قدم‌ها در مدت زمان یک دقیقه به‌عنوان آهنگ ترجیحی هر آزمودنی محاسبه شد (۲۷). برای ارزیابی هم‌انقباضی عضلانی، از بررسی الکترومیوگرافی[1] عضلات استفاده شد. عضلات هم‌انقباض اندام تحتانی شامل عضلهٔ نعلی، عضلهٔ ساقی قدامی، دوسررانی، پهن داخلی و پهن خارجی بود (۸). برای ثبت الکترومیوگرافی از دستگاه الکترومیوگرافی بایویژن[2] ۱۶ کاناله و از الکترودهای ژل مرطوب که هدایت بهتر و امپدانس پایین‌تری دارند، استفاده شد. فیلتر پایین‌گذر و بالاگذر در نرم‌افزار مطلب روی ۵۰۰-۱۰ قرار داده شد. همچنین سیگنال‌های الکترومیوگرافی در فرکانس ۲۰۰۰ داده در هر ثانیه نمونه‌گیری و استخراج شد. برای نصب الکترودها روی سطح پوست از روش ثبت دوقطبی استفاده شد. پس از آماده کردن پوست محل موردنظر و پاک کردن ناحیه با الکل سفید، یک جفت الکترود سطحی دوقطبی به قطر ۱ سانتی‌متر و با فاصلهٔ ۲ سانتی‌متری از مرکز یکدیگر روی محل‌های تعیین‌شده قرار گرفت. نصب الکترودها براساس استانداردهای تعیین‌شده در سنیام[3] انجام گرفت.

1. Electromyography
2. Biovision
3. SENIAM

پس از آماده‌سازی اولیه، برای نرمال کردن اطلاعات هم‌انقباضی عضلات، ابتدا از آزمودنی‌ها داده‌های انقباض ارادی مرجع[1] در طول مدت ۵ ثانیه جمع‌آوری شد. انقباض ارادی مرجع عضلهٔ نعلی در حالت ایستاده و عضلهٔ ساقی قدامی در وضعیت ۹۰ درجهٔ دورسی فلکشن مچ پا به‌همراه وزنه‌ای ۲/۵ کیلویی ثبت شد (۲۸). همین‌طور عضلهٔ دوسررانی در موقعیت زانوی خم‌شده به میزان ۳۰ درجه همراه با وزنهٔ ذکرشده که به بخش دیستال ساق پا آویزان شد و عضلات پهن داخلی و پهن خارجی در حالت ران خم‌شده و وزنه‌ای با همان میزان که به ساق پا آویزان شد، گرفته شد (۱۳). پس از آن فعالیت الکترومیوگرافی شرکت‌کنندگان به مدت ۹۰ ثانیه راه رفتن در فضای خالی آزمایشگاه جمع‌آوری شد. در نهایت ارزیابی هم‌انقباضی براساس اطلاعات انقباض داوطلبانهٔ مرجع گرفته شده، نرمال شد و به‌صورت درصدی از میانگین فعالیت همزمان گروه عضلات موافق و مخالف بیان شد (۷).

پس از اجرای مرحلهٔ پیش‌آزمون، آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی و براساس نمرات آهنگ ترجیحی راه رفتن، به دو گروه کنترل (گروه بدون تمرین، گروه راه رفتن ساده بدون دریافت علامت‌های شنیداری) و یک گروه تجربی (گروه راه رفتن همراه با علامت‌گذاری شنیداری) تقسیم شدند و تمرینات خود را آغاز کردند. تمرینات به مدت ۶ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۲۰ دقیقه برای هر آزمودنی انجام گرفت (۲۷،۲۶). به‌منظور ایجاد تحریک، علائم شنیداری به‌وسیلهٔ یک مترونوم مارک ماسدو (ام-تی ۱۰۰) ایجاد و به‌وسیلهٔ هدفون پخش می‌شد. از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد تا با ضرب‌هایی که ۱۰ درصد بالاتر از آهنگ راه رفتن ترجیحی آزمودنی‌هاست، در مسافت ۱۰ متر راه بروند و گام خود را با آن منطبق سازند. به‌منظور ایجاد اضافه‌بار، در پایان هر هفته آهنگ ترجیحی شرکت‌کنندگان گرفته و ۱۰ درصد به آن اضافه می‌شد (۲۹). آزمودنی‌های گروه راه رفتن نیز تمرینات مشابه گروه تجربی را بدون تحریکات انجام می‌دهند. پس از دورهٔ تمرینات، مجدداً اندازه‌گیری‌های انجام‌گرفته در پیش‌آزمون تکرار شد. تمام اندازه‌گیری‌ها در آزمایشگاه مرکز تندرستی دانشگاه مازندران انجام گرفت. در پایان مراحل تحقیق به‌دلیل تمرینات نامنظم یا انصراف از ادامهٔ تحقیق، در گروه تجربی ۹ نفر (با میانگین سنی ۲/۶۴±۶۸/۸۷ سال) و ۹ نفر در گروه کنترل راه رفتن (با میانگین سنی ۲/۲۳±۶۸ سال) و ۹ نفر در گروه کنترل بدون فعالیت (با میانگین سنی ۳/۰۸±۶۹ سال) باقی ماندند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۲ و در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. به‌منظور تحلیل داده‌های پژوهش از شاخص‌های آمار توصیفی و برای تحلیل

1 . Reference voluntary contraction (RVC)

اثربخشی برنامهٔ تمرینی بر متغیرهای تحقیق از آزمون پارامتریک کوواریانس و آزمون ناپارامتریک بوت استرپ استفاده شد.

نتایج

در جدول ۲ میانگین فعالیت الکتریکی هر یک از عضلات منتخب نسبت به انقباض ارادی مرجع خود در پیش و پس‌آزمون آورده شد. مطابق اطلاعات جدول ۱، در گروه کنترل راه رفتن و گروه تجربی راه رفتن همراه تحریک شنیداری، فعالیت الکتریکی هر یک از عضلات به‌تنهایی در پس‌آزمون افزایش داشته است، اما برای درک تغییرات ناهنجاری هم‌انقباضی، جدول ۳ اطلاعات توصیفی مربوط به متغیرهای تحقیق را براساس درصدی از انقباض همزمان دو عضله در پیش و پس‌آزمون نشان می‌دهد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که فعالیت عضلات منتخب در گروه تجربی نسبت به سایر گروه‌ها در پس‌آزمون بهبود بیشتری داشته است، با وجود این برای پی بردن به مقدار تأثیرات این مداخله از آزمون فرضیه استفاده شد.

جدول ۲. ویژگی‌های توصیفی میانگین فعالیت الکتریکی عضلات منتخب برحسب درصدی از انقباض ارادی مرجع (RVC) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون (میکروولت)

متغیر		میانگین ± انحراف استاندارد		
		کنترل (بدون راه رفتن)	کنترل (راه رفتن)	علامت‌گذاری شنیداری
عضلهٔ نعلی	پیش‌آزمون	۸۲/۴۴o ۱۶/۴۳	۹۸/۹۸ ± ۱۴/۳۰	۹۰/۴۷ ± ۱۷/۷۱
(درصد RVC)	پس‌آزمون	۸۸/۶۶ ± ۱۲/۲۴	۱۰۸/۶۶± ۱۴/۹۰	۱۳۳/۹۲±۱۲/۳۶
عضلهٔ ساقی قدامی	پیش‌آزمون	۹۸/۷۸±±۱۹/۴۳	۱۰۲/۶۲ ± ۱۶/۳۸	۱۰۷/۸۵±۱۷/۲۳
(درصد RVC)	پس‌آزمون	۷۰/۲۲ ± ۹/۷۱	۱۰۶/۶۷ ± ۱۴/۹۰	۳۵۷/۹۰±۱۶/۷۶
عضلهٔ پهن داخلی	پیش‌آزمون	۸۶/۵۷ ± ۱۳/۴۹	۱۰۱/۹۴ ± ۱۹/۲۹	۹۴/۱۵ ±۱۳/۲۲
(درصد RVC)	پس‌آزمون	۹۰/۷۶ ± ۱۱/۰۳	۱۲۰/۶۹ ± ۱۲/۴۵	۱۳۳/۸۸ ±۱۱/۲۸
عضلهٔ پهن داخلی	پیش‌آزمون	۶۵/۲۸ ± ۱۶/۱۲	۷۰/۸۰±۱۰/۲۱	۶۸/۴۸ ±۱۸/۹۵
(درصد RVC)	پس‌آزمون	۵۱/۳۷ ± ۱۸/۰۹	۸۱/۷۳±۱۶/۳۳	۹۸/۷۹ ±۱۱/۴۴
عضلهٔ دوسررانی	پیش‌آزمون	۱۹۸/۵۹±۱۲/۵۵	۱۳۳/۶۲±۱۲/۲۴	۱۲۳/۸۷±۱۳/۳۵
(درصد RVC)	پس‌آزمون	۲۰۴/۴۵±۱۹/۵۱	۱۶۱/۳۹±۱۰/۲۵	۱۹۷/۶۹±۱۶/۸۲

جدول ۳. میانگین فعالیت همزمان عضلات ساقی قدامی-نعلی، پهن داخلی-پهن خارجی، پهن داخلی-دوسررانی، پهن خارجی-دوسررانی در سه گروه شرکت‌کننده

متغیر		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		میانگین± انحراف استاندارد	درصد تغییرات	میانگین± انحراف استاندارد	درصد تغییرات
هم‌انقباضی نعلی- ساقی قدامی (درصد)	کنترل (بدون راه رفتن)	۳۹/۰۹ ± ۸/۰۶	٪۲۴	۴۱/۲۶ ± ۵/۴۷	٪۱۴
	راه رفتن	۴۰/۴۱ ± ۶/۲۰	٪۲۰	۳۹/۲۱ ± ۴ /۶۸	٪۳۳/۱۵
	علامت‌گذاری شنیداری	۴۰/۴۰±۵/۱	٪۱۳	۳۸/۴۷ ± ۵/۹۲	٪۱۵/۴۰
هم‌انقباضی پهن داخلی – خارجی (درصد)	کنترل (بدون راه رفتن)	۶۳/۹۶ ± ۵/۴۳	٪۱۳/۹۵	۶۴/۱۶ ± ۲/۹۰	٪۲۰
	راه رفتن	۶۷/۷۰ ± ۳/۹۷	٪۱۴	۶۸/۶۰ ± ۵/۷۷	٪۱۷
	علامت‌گذاری شنیداری	۶۵/۸۸ ± ۵/۴۷	٪۸/۳۰	۶۹/۸۲ ± ۶/۵۲	٪۹/۳۳
هم‌انقباضی پهن داخلی – دوسررانی (درصد)	کنترل (بدون راه رفتن)	۴۹/۷۳ ± ۶/۷۶	٪۱۹/۶۹	۵۳/۷۱ ± ۷/۳۶	٪۲۲
	راه رفتن	۵۰/۱۰ ± ۷/۱۷	٪۲۰/۸۶	۵۲/۸۲ ± ۵/۹۲	٪۱۶/۸۹
	علامت‌گذاری شنیداری	۴۹/۹۱ ± ۵/۹۸	٪۱۲	۴۴/۸۳ ± ۴/۷۷	٪۹
هم‌انقباضی پهن خارجی – دوسررانی (درصد)	کنترل (بدون راه رفتن)	۴۵/۳۴ ± ۴/۶۶	٪۱۵/۶۷	۴۴/۸۳ ± ۴/۷۷	٪۱۷
	راه رفتن	۴۹/۵۱ ± ۵/۶۸	٪۱۸/۶۰	۴۵/۷۵ ± ۶/۸۶	٪۱۴/۹۹
	علامت‌گذاری شنیداری	۵۴/۱۳ ± ۶/۲۸	٪۱۱/۶۰	۵۰/۶۰ ± ۵/۵۶	٪۱۰/۹۸

برای استفاده از آزمون پارامتریک کوواریانس پیش‌فرض‌های آن بررسی شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک بررسی و سپس برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد، نتایج نشان داد توزیع داده‌ها نرمال و شرط تساوی واریانس‌ها نیز برقرار است (P>۰/۰۵). در ادامه پیش‌فرض همگنی شیب رگرسیون بررسی شد و نتایج نشان داد که این شرط فقط در متغیر هم‌انقباضی عضلات ساقی قدامی- نعلی برقرار است (P>۰/۰۵)؛ بنابراین تنها در این متغیر از آزمون پارامتریک

کوواریانس (جدول ۴) و در سایر متغیرها از آزمون ناپارامتریک معادل آن، یعنی آزمون بوت استرپ استفاده شد (جدول‌های ۶ و۵).

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس متغیر هم‌انقباضی عضلات ساقی-نعلی

متغیر	مجموع مجذورات	میانگین مجذورات	مقدار F	معناداری	ضریب اتا
هم‌انقباضی ساقی قدامی-نعلی (درصد)	۴۳/۱۹	۲۱/۵۹	۰/۷۳۸	۰/۴۸	۰/۰۶

نتایج آزمون کوواریانس در جدول ۴ نشان می‌دهد هم‌انقباضی عضلات ساقی قدامی – نعلی تغییرات معناداری را تحت تأثیر مداخلهٔ تحقیق نشان نداده‌اند (P =۰/۴۸۹). نتایج جدول‌های ۶ و ۵ نیز با استفاده از آزمون ناپارامتریک بوت استرپ نشان می‌دهد که یک دوره تمرین راه رفتن با علامت‌گذاری شنیداری بر هم‌انقباضی عضلات پهن داخلی- خارجی، پهن داخلی – دوسررانی، پهن خارجی – دوسررانی گروه تجربی در مقایسه با دو گروه کنترل تأثیر معناداری نداشته است (P>۰/۰۵).

جدول ۵. نتایج آزمون بوت استرپ در هم‌انقباضی عضلات پهن داخلی-خارجی، پهن داخلی–دوسررانی، پهن خارجی–دوسررانی در دو گروه تجربی و کنترل بدون تمرین

	گروه علامت‌گذاری شنیداری-کنترل			
	مجموع مجذورات	میانگین مجذورات	مقدار F	معناداری
هم‌انقباضی پهن داخلی-خارجی (درصد)	۵۷/۷۲	۵۷/۷۲	۲/۷۵	۰/۱۸۵
هم‌انقباضی پهن داخلی-دوسررانی (درصد)	۴/۰۱	۴/۰۱	۰/۱۶۶	۰/۶۷۰
هم‌انقباضی پهن خارجی-دوسررانی (درصد)	۱/۱۲	۱/۱۲	۰/۰۵۶	۰/۸۱۵

جدول ۶. نتایج آزمون بوت استرپ در هم‌انقباضی عضلات پهن داخلی-خارجی، پهن داخلی-دوسررانی، پهن خارجی-دوسررانی در دو گروه تجربی و گروه راه رفتن

	گروه علامت‌گذاری شنیداری-راه رفتن			
	مجموع مجذورات	میانگین مجذورات	مقدار F	معناداری
هم‌انقباضی پهن داخلی-خارجی (درصد)	۳۰/۳۷	۳۰/۳۷	۱/۲۰	۰/۲۸۵
هم‌انقباضی پهن داخلی-دوسررانی (درصد)	۰/۰۹۸	۰/۰۹۸	۰/۰۰۷	۰/۹۴۱
هم‌انقباضی پهن خارجی-دوسررانی (درصد)	۰/۸۳۶	۰/۸۳۶	۰/۰۱۳	۰/۹۰۸

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعهٔ حاضر بررسی تأثیر یک دورهٔ شش‌هفته‌ای تمرین راه رفتن با علامت‌گذاری شنیداری بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی در سالمندان سالم بود. براساس اطلاع نویسندگان این اولین مطالعه‌ای است که به بررسی تأثیر یک دوره تمرینات راه رفتن با علامت‌گذاری شنیداری بر الگوی هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی پرداخته است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که با وجود تغییرات مثبت در فعالیت الکتریکی عضلات منتخب به‌تنهایی و همین‌طور فعالیت هم‌انقباضی‌شان پس از یک دوره تمرین، این تغییرات از نظر آماری معنادار نبود (P>۰/۰۵). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات یانگ (۹) (۲۰۱۶)، تیان (۳۰) (۲۰۱۸)، اسشیبر و همکاران (۲۳) (۲۰۱۶) و تری‌ار (۱۲) (۲۰۱۶) که نتایج مثبتی را برای این‌گونه مداخلات گزارش نکردند، همخوانی دارد. با این حال با توجه به تغییرات عضلات در گروه تجربی (جدول ۲) به‌نظر می‌رسد که تحریکات ریتمیک موجب افزایش تعاملات و اتصالات شنوایی و شبکه‌های عصبی عضلانی شده و فعالیت الکتریکی هر یک از عضلات را افزایش داده است، همین‌طور در جدول (۳) متغیر هم‌انقباضی تحقیق در گروه تجربی تأثیرات مثبتی را نشان داده است که شاید اگر طول دورهٔ تمرینات طولانی‌تر بود، این نتایج تأثیرات معنادار را نشان می‌داد. شاید یکی از دلایل معنادار نشدن نتایج تحقیق ما، علی‌رغم بهبود فعالیت عضلانی و کاهش هم‌انقباضی، این باشد که شرکت‌کنندگان در این تحقیق سالمندان سالمی بودند که در دامنهٔ سنی سالمندی اولیه قرار داشتند و این احتمال وجود دارد

که تغییر مسیر مدارهای عصبی از ناحیهٔ خودکار در زیر قشر به ناحیهٔ قشری هنوز کمتر جایگزین شده باشد و درگیری عوامل شناختی مانند توجه به راه رفتن هنوز بارز نیست، زیرا ارتباط قوی بین عوامل شناختی و ضرباهنگ ریتمیک وجود دارد و هرچه منابع شناختی کمتر علائم شنیداری را درک و تفسیر کند، به مرور زمان با سازگاری دورهٔ تمرینی، تغییرات معنادارتر و محکمی را نشان دهد (۳۱). همچنین ممکن است محرکات بیرونی برای سازگاری با شاخص‌های عصبی عضلانی در این افراد به زمان بیشتری نیاز داشته باشد؛ بنابراین، شاید اگر دورهٔ تمرینی این تحقیق طولانی‌تر بود، می‌توانستیم تأثیرات معنادار این‌گونه محرک‌های بیرونی را بهتر ببینیم.

در مطالعات گذشته گفته شده است مسیر مدارهای عصبی نواحی قشری با تمرکز و نواحی پایین‌تر از جمله تالاموس-نخاعی بدون تمرکز و به‌طور خودکار در جابه‌جایی نقش دارند (۳۲). اخیراً در پژوهشی سطوح آمیلوییدبتا[1] که شاخصی از خطر اختلالات راه رفتن به‌حساب می‌آید، با استفاده از توموگرافی[2] در مغز سالمندان ردیابی شد، پس از تحلیل پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن نتیجه‌گیری شد رسوب آمیلوییدبتا در نواحی مغز، تغییرات راه رفتن و جایگزینی مسیر مدارها از ناحیه خودکار به ناحیهٔ ارادی، مستقیم بر وظایف حرکتی تأثیر دارد، اما ممکن است بر تمام عوامل و رفتارهای راه رفتن اثرگذار نباشد (۳۰)، همان‌طورکه تأثیر معناداری بر رفتار عصبی-عضلانی سالمندان سالم در این پژوهش مشاهده نشد.

محققان بیان می‌دارند که با افزایش سن در دوران سالمندی، فعالیت عضلات موافق و مخالف مفصل مچ پا نسبت به سایر عضلات بیشتر می‌شود که نشان‌دهندهٔ عدم تعادل و تهدیدی برای ثبات مفصل مچ پاست (۳۳). نتایج تحقیق حاضر کاهش اندکی در هم‌انقباضی عضلات ساقی قدامی – نعلی گروه تجربی را نشان داد (جدول ۲). در مورد هم‌انقباضی عضلات پهن داخلی و خارجی نیز مطالعاتی گزارش کردند این هم‌انقباضی و همکاری به کاهش آسیب رباط‌های زانو کمک می‌کند و بررسی‌های ما نیز نشان داد که احتمالاً این نوع تمرینات می‌تواند سبب افزایش همکاری عضلات پهن چهارسرران شود (۳۴، ۳۴). مطابق جدول ۲، همکاری عضلهٔ پهن داخلی و دوسرران در گروه راه رفتن نسبت به کنترل بدون راه رفتن بیشتر و همچنین در گروه مداخله نسبت به دو گروه دیگر افزایش بیشتری داشت و ممکن است به‌دلیل اینکه عضلهٔ پهن داخلی در مقایسه با پهن خارجی نقش بیشتری در ثبات و صاف کردن زانو داشته باشد. از طرف دیگر، مفاصل در طول حرکات به‌خصوص حرکات برون‌گرا به کنترل بیشتری نیاز دارند، این افزایش

1. β_amyloid
2. Tomography

همکاری پهن داخلی با عضلهٔ مخالفش موجب کنترل کارامدتر در اطراف زانو شود. زاکارون[1] و همکاران (۳۵) (۲۰۱۶) اظهار داشتند که فعالیت همزمان سطوح هم‌انقباضی عضلات پهن خارجی و دوسران در وضعیت‌ها و گشتاورهای مختلف، متفاوت است، اما در حالت کلی در سیکل راه رفتن هرچه انقباض همزمان آنها کمتر شود، می‌تواند به نفع کنترل افراد باشد، زیرا افزایش آن موجب دور شدن بیش‌ازحد زانو می‌شود که خود دلیلی بر بی‌ثباتی خواهد بود (۳۵،۹). نتایج جدول ۲ در خصوص کاهش هم‌انقباضی عضلات پهن خارجی و دوسران در گروه تجربی، در راستای مطالب بالاست.

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق سجدی و همکاران (۲۲)، لیندا و همکاران (۲)، اسکات (۲۵) و همکاران همخوانی ندارد، این محققان تأثیر معنی‌دار این‌گونه مداخلات حسی را در سالمندان گزارش کردند. طراحی‌های مختلف در تحقیقات با توجه به عواملی مانند روش تمرین، مدت مداخله، متغیرهای مورد بررسی و استفاده از تکالیف و ابزارهای مختلف ممکن است توضیح‌دهندهٔ این یافته‌های متفاوت باشد. شاید یکی از دلایل مغایر بودن نتایج حاضر با این تحقیقات، تفاوت در نوع متغیرهای مورد مطالعه و ابزارهای اندازه‌گیری باشد. در بیشتر مطالعات محققان از آزمون‌های میدانی یا ابزارهای ثبت پارامترهای کینماتیکی راه رفتن استفاده کردند که از حساسیت کمتری نسبت به دستگاه الکترومایوگرافی که در این تحقیق استفاده شده و نسبت به ثبت تغییرات عضله بسیار دقیق است، برخوردارند؛ ازاین‌رو نشان دادن تغییرات قوی عضلات در نتیجهٔ این مداخلات به زمان بیشتری نیاز دارد. از همه مهم‌تر اینکه در هیچ‌یک از مطالعات پیشین از گروه کنترل راه رفتن بدون دریافت علامت‌گذاری شنیداری، برای جداسازی اثر راه رفتن از اثر محرک بیرونی استفاده نشد و این اولین مطالعه‌ای است که به این موضوع توجه داشته است. شاید بخشی از تأثیرات مشاهده‌شده در تحقیقات قبلی به‌دلیل تأثیرات مثبت راه رفتن باشد تا تأثیرات ۱۰۰ درصد علائم شنیداری بیرونی. همان‌طورکه در جدول‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، گروه کنترل راه رفتن نیز تغییرات مثبتی را نشان می‌دهد که بیانگر تأثیر تمرینات منظم راه رفتن است. در راستای این موضوع، مقایسهٔ جدول ۵ (مقایسهٔ گروه تجربی با گروه کنترل بدون راه رفتن) با جدول ۶ (مقایسهٔ گروه تجربی با گروه کنترل راه رفتن) نتایج بهتری را نشان می‌دهد که خود بیانگر این نکته است که بخشی از تأثیرات دیده‌شده در مطالعات پیشین می‌تواند به‌دلیل تمرینات راه رفتن است.

1. Zacaron

محققان در مطالعات (۳۷،۳۶)، نشانه‌گذاری‌های شنیداری را به‌عنوان یک بازخورد منفی و مخالف فرایند یادگیری حرکتی و همین‌طور اختلال در پردازش اطلاعات ورودی تعریف کرده‌اند و در ادامه گفته شده اتکای طولانی‌مدت به آن زیانبار است که با پژوهش حاضر ناهمسوست، مطابق با نتایج ما، شش هفته تمرین با علامت‌گذاری شنیداری تا حدودی می‌تواند موجب کاهش اشتباهات اجرای راه رفتن شود. گای (۱۹) ردیابی ریتمیک شنیداری را برای محدودیت‌های ایجادشدهٔ شناختی مفید دانسته و حدود ۹۵ درصد برای جامعهٔ سالمند، ۸۶ درصد برای بیماران سکتهٔ مغزی و حدود ۷۴ درصد برای بیماران اماس گزارش کرده است، اما ممکن است این تأثیرات معنادار به‌دلیل بهبود در تداخل شناختی-حرکتی باشد که در مطالعهٔ حاضر، شرکت‌کنندگان افراد سالمی بودند که در دورهٔ سالمندی اولیه قرار داشتند و کمتر دچار این نوع اختلالات بودند.

این تحقیق محدودیت‌هایی نیز داشت، از جمله اینکه تمامی شرکت‌کنندگان در این مطالعه مرد بودند. شاید تأثیرات این مداخلات بر روی زنان سالمند به‌دلیل سبک زندگی متفاوتشان با مردان، نتایج دیگری را نشان دهد. ازاین‌رو به محققان آینده پیشنهاد می‌شود تأثیر این مداخلات حسی را بر زنان سالمند و همچنین دوران سالمندی ثانویه که تخریب حرکتی و شناختی بیشتر است، بررسی کنند. از طرفی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به محققان آینده توصیه می‌شود که تأثیر علامت‌گذاری شنیداری در حین تمرین راه رفتن را در طی جلسات بیشتر و مدت زمان طولانی‌تر بررسی و تأثیر سایر علامت‌گذاری‌های حسی مانند بینایی و حسی- پیکری را نیز مطالعه کنند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق تأثیر معنادار این‌گونه مداخلات بیرونی را بر راه رفتن سالمندان سالم نشان نداد، با این حال با توجه به تغییرات مثبت مشاهده‌شده در الگوهای الکترومیوگرافی عضلات و نظر به اینکه استفاده از این‌گونه ابزار در توانبخشی راه رفتن بسیار ساده، ارزان‌قیمت و بدون نیاز به درمانگر است، ازاین‌رو شاید بتوان به‌عنوان یک روش مکمل در توانبخشی راه رفتن سالمندان از آن استفاده کرد. با این حال با توجه به جدید بودن این نوع مداخلات، به پژوهش‌های بیشتری به‌منظور دستیابی به قطعیت و اتفاق نظر در این حوزه نیاز است.

منابع و مآخذ

1. Gallahue D. Understanding motor development: infants, children, adolescents: Mcgraw-hill; 2006.
2. Maclean L, Brown L, Gerontologist AA-T. The effect of rhythmic musical training on healthy older adults' gait and cognitive function. Aging clinical and experimental research. 2018;30 1):89-92.
3. Henschke JU, Ohl FW, Budinger E. Crossmodal connections of primary sensory cortices largely vanish during normal aging. Front Aging Neurosci. 2018;10:52.
4. SavicaR, Wennberg A, … CH-J of. Comparison of gait parameters for predicting cognitive decline. the Mayo Clinic Study of Aging. Journal of Alzheimer's Disease. 2017;55(2):559-567.
5. Aboutorabi A, Arazpour M, Bahramizadeh M, Hutchins SW, Fadayevatan R. The effect of aging on gait parameters in able-bodied older subjects: a literature review. Aging Clinical and Experimental Research. 2016;28(3):393-405.
6. Joana Caetano MD, Lord SR, Allen N, Brodie M, A. Large scale physiological monitoring View project Wearable intelligent cueing and feedback for gait in Parkinson's disease View project Stepping reaction time and gait adaptability are significantly impaired in people with Parkinson's disease: Implication. Park Relat Disord. 2017;47:32-38
7. Lo J, Lo O, Olson E, Habtemariam D, posture II-G&, 2017 undefined. Functional implications of muscle co-contraction during gait in advanced age. Elsevier Health Sciences. 2017;53:110-114.
8. Iwamoto Y, Takahashi M, Shinkoda K. Differences of muscle co-contraction of the ankle joint between young and elderly adults during dynamic postural control at different speeds. J Physiol Anthropol. 2017;36(1):32
9. Sun W, Liang J, Yang Y. Investigating Aging-Related Changes in the Coordination of Agonist and Antagonist Muscles Using Fuzzy Entropy and Mutual Information. 2016;18(6):229.
10. Strazza A, Mengarelli A, Fioretti S et al. Surface-EMG analysis for the quantification of thigh muscle dynamic co-contractions during normal gait. Gait & posture. 2017;51:228-233.
11. Craig CE, Goble DJ, Doumas M. Proprioceptive acuity predicts muscle co-contraction of the tibialis anterior and gastrocnemius medialis in older adults' dynamic postural control. Neuroscience. 2016;322:251-261.
12. Terrier P. Fractal Fluctuations in Human Walking: Comparison Between Auditory and Visually Guided Stepping. Ann Biomed Eng. 2016;44(9):2785-2793.
13. Jung Yang D, Kyu Park S, Han Uhm Y. The correlation between muscle activity of the quadriceps and balance and gait in stroke patients. Journal of physical therapy science. 2016;28(8):2289-2292.
14. Nombela C, Hughes L, Owen A. Into the groove: can rhythm influence Parkinson's disease?. Elsevier Health Sciences. 2013;37(10):2564-2570.

15. Thaut M. Rhythm, music, and the brain: Scientific foundations and clinical applications. Routledge. 2013
16. Bigliassi M, Karageorghis C, … GH-P of S. The Way You Make Me Feel: Psychological and cerebral responses to music during real-life physical activity. Psychology of Sport and Exercise. 2019;41:211-217.
17. Ghai S. Effects of real-time (sonification) and rhythmic auditory stimuli on recovering arm function post stroke: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Neurology. 2018.
18. Ghai S. Effects of rhythmic auditory cueing in gait rehabilitation for multiple sclerosis: a mini systematic review and meta-analysis. Scientific reports. 2018;8(1):506.
19. Ghai S. Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. Scientific reports. 2017;12:557.
20. Clements-Cortes A, Bartel L, … HA-M and. The potential of rhythmic sensory stimulation treatments for persons with Alzheimer's disease. Music and Medicine. 2017;9(3):167-173.
21. Rochester L, Hetherington V. The effect of external rhythmic cues (auditory and visual) on walking during a functional task in homes of people with Parkinson's disease. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2005;86(5):999-1006.
22. Sejdić E, Fu Y, Pak A, Fairley JA, Chau T. The effects of rhythmic sensory cues on the temporal dynamics of human gait. PLoS One. 2012;7(8):e43104.
23. Schreiber C, Remacle A, Chantraine F. Influence of a rhythmic auditory stimulation on asymptomatic gait. Gait & posture. 2016;50:17-22.
24. Yogev-Seligmann G, Sprecher E, Kodesh E. The Effect of External and Internal Focus of Attention on Gait Variability in Older Adults. Journal of motor behavior. 2017;49(2):179-184.
25. Ducharme S, Sands C, Moore C. Changes to gait speed and the walk ratio with rhythmic auditory cuing. Gait & posture. 2018;66:255-259.
26. Hamburg J, Therapy AC-J of M. The effects of a movement with music program on measures of balance and gait speed in healthy older adults. Journal of Music Therapy. 2003;40(3):212-226.
27. Wittwer J, Webster K. Music and metronome cues produce different effects on gait spatiotemporal measures but not gait variability in healthy older adults. Gait & posture. 2013;3(2):219-222.
28. Yu L, Zhang Q, Hu C, Huang Q, Ye M, Li D. Effects of different frequencies of rhythmic auditory cueing on the stride length, cadence, and gait speed in healthy young females. Journal of physical therapy science. 2015;27(2):485-487.
29. Westlake K, therapy EC-P. Sensory-specific balance training in older adults: effect on proprioceptive reintegration and cognitive demands. Physical therapy. 2007;87(10):1274-1283.
30. Tian Q, Bair W, Resnick S, Bilgel M. β-amyloid deposition is associated with gait variability in usual aging. gait & posture. 2018;61:346-352.
31. Ghai S. Effect of rhythmic auditory cueing on aging gait: a systematic review and meta-analysis. 2018;9(5):901.

32. Bailey CA, Corona F, Murgia M, Pili R, Pau M, Côté JN. Electromyographical gait characteristics in Parkinson'S disease: Effects of combined physical therapy and rhythmic auditory stimulation. Front Neurol. 2018;9:211
33. Praxedes J, Leporace G, Pinto S, Pereira G, Silva A, Alberto Batista L. Co-contraction of tibialis anterior and soleus muscles during exercises with different conditions of instability.Journal of Sport Sciences. 2011.
34. Palmieri-Smith RM, McLean SG, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. Association of quadriceps and hamstrings cocontraction patterns with knee joint loading. Journal of athletic training. 2009;44(3):256-263.
35. Zacaron KAM, Dias JMD, Alencar MA, Almeida LL de, Alberto Mourão-Júnior C, Dias RC. Electromyographic normalization of vastus lateralis and biceps femoris co-contraction during gait of elderly females. Fisioterapia em Movimento 2016; 29(4) : 787- 794. 36. Clark JE, Phillips SJ. A Longitudinal Study of Intralimb Coordination in the First Year of Independent Walking: A Dynamical Systems Analysis. Child development. 1993; 64(4) : 1143-1157.
37. Winstein CJ, Pohl PS, Lewthwaite R. Effects of physical guidance and knowledge of results on motor learning: Support for the guidance hypothesis. Research quarterly for exercise and sport 1994: 65(4): 316-323.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی