Sport Medicine Studies, 2026, 18(49): 17-32. DOI: 10.22089/smj.2026.18590.1835

Sport Medicine Studies

Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

Original Article

The Effect of Eight Weeks of Gait Training with Somatosensory Rhythmic Cues on Lower Limb Muscle Co-Contraction in adults

Seyyed Hassan Mousavi [1], Mansoureh Shahraki [2*], Seyyed Esmaeil Hosseini Nejad [1]

1. Department of Motor Behavior and Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.
2. Department of Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Zabol, Zabol, Iran.

Received: 16-Nov-2025 | **Accepted:** 2-Jun-2026 | **Available Online:** 23-Sep-2026

*Corresponding Author: Mansoureh Shahraki, E-mail: Mshahraki@uoz.ac.ir

How to Cite: Mousavi, S. H., Shahraki M., Hosseininejad, S. E, (2026). The Effect of Eight Weeks of Gait Training with Somatosensory Rhythmic Cues on Lower Limb Muscle Co-Contraction in adults. *Sport Medicine Studies*, 18(49):17-32. (In Persian). Doi: 10.22089/smj.2026.18590.1835

Extended Abstract

Background and Purpose

Aging is a stage characterized by natural physiological changes that occur with age, leading to a decline in physical function. Research shows that this decline in function during aging alters the movement patterns of older adults. From a biomechanical and physiological perspective, aging causes a decline in function in organs and systems of the body. The decline in function in aging causes changes in movement patterns such as a decrease in stride length, an increase in stride width, a decrease in joint range of motion, a decrease in walking speed, an increase in stride time, impaired balance, and also changes in lower limb muscle strength in older adults. Such declines in function and associated movement disorders may be related to changes in neuromuscular activity patterns in older adults. As a result, older adults experience decreased physical abilities, movement limitations, increased health problems, and greater dependence on others. Recently, new rehabilitation strategies, such as exercises that involve external rhythmic sensory stimulation, have been recommended to enhance postural control and gait. These approaches offer broader and more comprehensive benefits compared to conventional exercises. Rhythmic sensory-somatosensory stimulation in gait training involves synchronizing steps with external rhythmic cues that affect the central nervous system. This process involves several brain regions associated with movement, including the prefrontal cortex, primary motor cortex, premotor cortex, supplementary motor area,

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

basal ganglia, and cerebellum. Activation of these regions increases muscle activation, resulting in improved motor control. In addition, these cues reduce the cognitive load on attentional resources or working memory by directing attention outward, improving gait. This occurs because the individual is processing an external source of information, leading to more efficient movement execution. A review of the literature suggests that the positive effects of rhythmic sensory stimulation have been documented primarily in studies of patients with neurological disorders such as Parkinson's disease. However, no studies have yet examined the effects of rhythmic somatosensory stimulation on motor function in older adults. Given the limited research in this area and the established mechanisms of these interventions, there is an urgent need for robust evidence to demonstrate the effects of rhythmic somatosensory stimulation on motor function in older adults, particularly through comprehensive baseline assessments. Since this stimulation is a cost-effective and practical rehabilitation approach, it can also be effectively implemented as a home-based intervention. Research in this area could significantly contribute to the design of targeted rehabilitation programs to enhance functional abilities and gait mechanics in older adults. The important point is that increasing age leads to complications of old age and inactivity such as physical incapacity (decreased muscle mass and muscle strength), withdrawal and isolation, withdrawal from social networks, feelings of depression, weakness, etc.; therefore, it is necessary and essential to pay attention to the mental and physical needs of the elderly. The necessity of implementing this research in the field of rehabilitation of the elderly using modern methods to maintain and increase muscle strength and improve balance and walking is of great importance and can improve the health level of the community and reduce the need for medical services that entail high costs for both the elderly individual and family and for the health system. Therefore, this study was conducted to investigate whether a weekly period of walking training with rhythmic sensory-somatic stimulation can improve lower limb muscle contractility in the elderly.

Materials and Methods

This study used a quasi-experimental design with an applied purpose, using a pretest/posttest design with a control group. The study population included adults aged 70 years and older living in Zabol County, Iran. A sample of 29 elderly men was selected through convenience and purposive sampling. Inclusion criteria included: a score of greater than 21 on the Mini-Mental State Examination (MMSE), moderate functional impairment on the Timed Get Up and Go (TUG) test, the ability to walk independently, no history of lower limb fracture in the past year, no neuromuscular or orthopedic injuries in the past six months, no history of hip or knee surgery, and no use of neurological medications. Eligible participants provided informed consent and were randomly assigned to an experimental group (n = 16, gait training with rhythmic somatosensory stimulation) or a control group (n = 13, no intervention). The experimental group underwent eight weeks of walking training with rhythmic sensory-somatic stimulation, consisting of three 30-minute sessions per week after the pretest. The pulse output of the stimulation device was set 10% higher than each participant's preferred walking rhythm, and participants were instructed to coordinate their steps with the pulses. In this test, participants walked a 10-meter path at their preferred speed, the number of steps and the time taken to walk the distance were recorded, and the number of steps taken in one

minute was calculated as each participant's preferred walking pace. The control group performed simple walking exercises without stimulation during the same period. Muscle activity data were collected using electromyography (EMG) in the pre-test and post-test stages. To collect data, after cleansing the skin and cleaning the area with alcohol, disposable surface EMG electrodes with a diameter of 30 mm and a distance of 2 cm from each other were installed on the designated locations, in line with the muscle fibers, on the abdomen of the quadriceps muscles (vastus lateralis and vastus medialis), hamstrings (biceps femoris and semitendinosus), anterior calf muscles, and gastrocnemius. The installation of the electrodes was carried out according to the standards determined in the study. The data were analyzed using SPSS software with analysis of covariance (ANCOVA) at a significance level of 0.05.

Results

The results showed that 8 weeks of rhythmic sensory-somatic training had no significant effect on the contractility of the vastus medialis and semitendinosus, vastus medialis and biceps femoris, vastus lateralis and semitendinosus, vastus lateralis and biceps femoris, and gastrocnemius anterior and gastrocnemius muscles in the elderly ($P < 0.05$).

Conclusion

According to the results, it is not possible to speak with certainty about the effectiveness of walking-based exercises with synchronized sensory-somatic signals on improving muscle co-contraction, which may be due to the short training time because if the training time had been longer, the neuromuscular indices would have been more affected and the effect of the stimuli would have been more noticeable. According to the results obtained, further research with a longer training period, a larger sample size, and a more precise design is recommended in this field.

Key Words: Elderly, Co-Contraction, Linear Envelope, Sensory Stimulation, Walking

Article Message

The results of our study showed that 8 weeks of training with rhythmic somatosensory marking on the lower limb co-contraction pattern in walking of the elderly were not statistically significant. In our opinion, if the training period is applied for a long time, we will see the effects of these interventions on better muscle co-contraction activity through improving the motor pathways in muscle units and also improving the neurocognitive pathways of the elderly. Therefore, it is suggested that future researchers should examine the effect of this type of intervention over more sessions and for a longer period of time. Also, the effect of these interventions should be examined in the secondary aging period, when motor and cognitive deterioration is more severe.

Ethical Considerations

Click or tap here to enter text.

Authors' Contributions

All authors contributed equally to this work.

Conflict of Interest

According to the authors, this article has no conflict of interest.

Acknowledgments

Finally, we would like to thank and appreciate all those who collaborated with us in this study.

مطالعات طب ورزشی، تابستان ۱۴۰۵، دوره 18، شماره 49، صص ۱۷-۳۲. DOI: 10.22089/smj.2026.18590.1835

Sport Medicine Studies
Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرین راه‌رفتن با تحریکات موزون حسی – پیکری بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی سالمندان

سیدحسن موسوی [۱]، منصوره شهرکی [۲*]، سید اسماعیل حسینی‌نژاد [۱]

۱- گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.
۲- گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۵ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۱ | تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

*نویسنده مسئول: **منصوره شهرکی**، ایمیل: **Mshahraki@uoz.ac.ir**

نحوه ارجاع‌دهی: موسوی، سیدحسن؛ شهرکی منصوره وحسینی‌نژاد، سید اسماعیل. (1405). تأثیر هشت هفته تمرین راه‌رفتن با تحریکات موزون حسی - پیکری بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی سالمندان. مطالعات طب ورزشی، ۱۸(۴۹): ۱۸-۳۲.
https://doi.org/10.22089/smj.2026.18590.1835

چکیده

هدف: سالمندی دورانی است که تغییرات فیزیولوژیی طبیعی با افزایش سن رخ می‌دهد. این تغییرات موجب کاهش عملکرد فیزیکی بدن می‌شود. تمرین راه‌رفتن با استفاده از شیوه‌های نوین از طریق اثرگذاری بر سیستم عصبی مرکزی، باعث بهبود تعادل و ثبات و قدرت اندام تحتانی می‌شود؛ بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر تمرین راه‌رفتن با علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی سالمندان انجام شد

روش‌شناسی: تعداد ۲۹ مرد سالمند (سن (سال): ۴/۳۵ ± ۷۱/۶۸) واجد شرایط به شیوه نمونه‌گیری دردسترس و هدفمند انتخاب شدند و به صورت تصادفی در دو گروه تجربی (۱۶ نفر تمرین راه‌رفتن با علامت موزون حسی-پیکری) و کنترل (۱۳ نفر بدون هرگونه تمرین) قرار گرفتند. تمرینات به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه انجام شد. اطلاعات فعالیت عضلات، هم‌انقباضی عضلات شامل چهارسر (پهن داخلی و خارجی)، همسترینگ (دوسررانی و نیم‌وتری)، ساقی-قدامی و دوقلو با دستگاه الکترومایوگرافی در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون جمع‌آوری شد. سپس داده‌ها با نرم‌افزار SPSS و روش آماری تحلیل کوواریانس در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که میزان هم‌انقباضی عضلات موافق و مخالف در گروه مداخله از نظر آماری معنادار نبود (($p>۰/۰۵$)؛ بنابراین نمی‌توان با اطمینان از اثربخشی تمرینات مبتنی بر راه‌رفتن همراه با علامت‌های موزون حسی-پیکری بر بهبود هم‌انقباضی عضلانی سخن گفت.

نتیجه‌گیری: . با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، انجام پژوهش‌هایی با حجم نمونه بیشتر و طراحی دقیق‌تر در این زمینه پیشنهاد می‌شود

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

واژگان کلیدی: : سالمندان، هم‌انقباضی، علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری، راه‌رفتن.

مقدمه

با پیشرفت در زمینه‌های پزشکی، اقتصادی و اجتماعی میزان مرگ‌ومیر کاهش و امید به زندگی افزایش یافته است. این موضوع باعث شده است که جمعیت جهان به سمت سالمندی[1] پیش رود. براساس برآورد سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۲۵، ۷۲۷ میلیون نفر از افراد با سن ۶۵ سال و بیشتر زندگی خواهند کرد و پیش‌بینی می‌شود طی سه دهه آینده تعداد افراد سالمند در سال ۲۰۵۰ به بیش از یک و نیم میلیارد نفر برسد (۱)؛ لذا در برابر مسائل و مشکلات جدی مربوط به سالمندان و حل آن‌ها قرار خواهیم گرفت (۲).

سالمندی دوره‌ای از زندگی است که با کاهش عملکردهای بدنی، محدودیت‌ها و اختلالات حرکتی، افزایش مشکلات بهداشتی و وابستگی فرد به دیگران همراه است (۳)؛ به طوری که این مشکلات می‌توانند اثر منفی بر سطح کیفیت زندگی سالمندان داشته باشند (۴).

اختلالات حرکتی مرتبط با افزایش سن ناشی از عوامل متعددی ازجمله تحلیل استخوان، آتروفی عضلانی و کاهش فعالیت سیستم عصبی مرکزی و محیطی است (۵)؛ درنتیجه افراد سالمند تغییر در قدرت عضلانی، کاهش ظرفیت عملکردی، تغییر در راه‌رفتن و از دست‌دادن تعادل را تجربه می‌کنند (۶). تغییر در تحرک به شکل بی‌ثباتی در هنگام راه‌رفتن، کاهش سرعت راه‌رفتن، کاهش طول گام و کاهش آهنگ می‌تواند در شرایط پاتولوژیک یا تغییرات فیزیولوژیک مرتبط با افزایش سن رخ دهد (۷). یکی از سازوکارهای احتمالی تغییرات در راه‌رفتن مرتبط با سالمندی، هم‌انقباضی[2] عضلات اندام تحتانی است (۹، ۸). هم‌انقباضی به فعالیت هم‌زمان گروه‌های عضلانی موافق و مخالف گفته می‌شود و راهکاری طبیعی برای کنترل حرکت در افراد است (۱۱، ۱۰)، اما با افزایش سن، هم‌انقباضی عواقب منفی و نوسانات زیان‌باری را به دنبال دارد که به‌عنوان ناهنجاری شناخته شده است؛ زیرا افراد سالمند 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 حرکتی، خستگی، کاهش عملکرد حرکتی و افتادن را در پی دارد (۱۲، ۱۰). 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 راه‌رفتن و تعادل حائز اهمیت است (۹). نتیجه پژوهش لو[3] و همکاران نشان داد، افزایش سن باعث افزایش هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی می‌شود. از نظر عصبی-عضلانی نیز فعالیت عضلات دوسررانی، نیم‌وتری و دوقلو در مرحله استقرار طی راه‌رفتن با افزایش سن بیشتر شده و باعث می‌شود که سالمندان هم‌انقباضی عضلانی بیشتری را در اطراف مفصل زانو نشان دهند (۱۳). افراد مسن از این افزایش فعالیت عضلات در راستای سفت کردن مفاصل برای جبران کنترل وضعیت بدن استفاده می‌کنند (۱۴).

به‌تازگی استراتژی‌های جدید توان‌بخشی نظیر استفاده از تمرینات با علامت‌گذاری موزون حسی بیرونی برای بهبود کنترل قامت و راه‌رفتن توصیه شده است که مزایا و فواید بسیار گسترده‌تر و جامع‌تر از تمرینات سنتی رایج دارند (۱۵). علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری[4] در تمرین راه‌رفتن شامل هم‌زمان‌شدن قدم[5] با علامت موزون حسی-پیکری است

1. Aging
2. Co-contraction
3. Lo
4. Somatosensory Rhythmic Cueing
5. Step

که روی سیستم عصبی مرکزی اثر می‌گذارد و نواحی حرکتی مختلفی از مغز شامل قشر جلو مغز[1] ناحیه حرکتی اولیه[2] ناحیه پیش‌حرکتی[3] ناحیه مکمل حرکتی[4] قشر عقده‌های قاعده‌ای[5] و مخچه[6] را درگیر می‌کند. فعال‌سازی نواحی مختلف حرکتی مغز باعث بهبود فعال‌سازی عضلانی شده و به کنترل حرکتی بهتر منجر می‌شود ۱۸-۱۶).

بررسی ادبیات پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از تمرینات با علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری در افراد با اختلالات عصب‌شناختی مختلف ازجمله سکته مغزی و پارکینسون اثرات مثبتی را به همراه داشته است (۲۰، ۱۹)؛ به عنوان مثال، لی و شین[7] تأثیر تحریکات موزون حسی-پیکری و شنیداری را بر بهبود عملکرد و کاهش تنوع راه‌رفتن بیماران مبتلا به سکته مزمن نشان دادند. این اثرات در افزایش سرعت راه‌رفتن یا طول گام بیماران مبتلا به سکته مشاهده شد (۱۹)؛ با این حال، به نظر می‌رسد، از دیدگاه علمی هنوز اثرات این دسته از تمرینات به‌عنوان یک برنامه توان‌بخشی کاربردی در سالمندان به‌خوبی بررسی نشده است. کو[8] و همکاران به بررسی تأثیر تحریک ارتعاشی مبتنی بر پاسخ قشر حسی-حرکتی در بالارفتن از پله در سالمندان پرداختند. نتایج نشان داد که تحریک ارتعاشی مبتنی بر پاسخ قشر حسی-حرکتی اثر کمک عملکردی در حرکت افراد مسن دارد و ممکن است در پژوهش‌های توان‌بخشی برای افرادی با عملکردهای بدنی کاهش‌یافته مفید باشد (۲۱)؛ اما آنچه این پژوهش را از دیگر مطالعات که به بررسی اثر تحریکات حسی-پیکری بر عملکرد سالمندان پرداخته‌اند (۲۱) متمایز می‌سازد، استفاده از علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری است؛ روشی غیرتهاجمی، کم‌هزینه و ساده‌ای که می‌تواند به‌عنوان مداخله مستقر در خانه یا هر مکان دیگر به طور مؤثر استفاده شود و امروزه در روش‌های توان‌بخشی مدنظر قرار گرفته است و بر پایه هم‌زمان‌سازی قدم با علامت حسی بیرونی است؛ لذا تا آنجایی که می‌دانیم، این پژوهش احتمالاً از معدود مطالعاتی است که به بررسی تأثیر علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری بر عملکرد حرکتی سالمندان با استفاده از الکترومایوگرافی پرداخته است؛ بر این اساس، با توجه به محدودبودن ادبیات پژوهشی و نبود پژوهش در سالمندان و نیز با عنایت به سازوکار اثربخشی این نوع مداخله، به مطالعات و شواهد بیشتر و باکیفیت‌تری نیاز است تا بتوان با قطعیت درمورد اثربخشی این نوع تمرینات در سالمندان نظر داد؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر یک دوره تمرین راه‌رفتن با علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی بود

روش پژوهش

پژوهش حاضر نیمه‌تجربی و کاربردی با طرح پژوهش پیش‌آزمون-پس آزمون همراه با گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل سالمندان ۷۰ سال و بیشتر شهرستان زابل بود. نمونه آماری این پژوهش شامل ۲۹ مرد سالمند سالم بود که به شیوه نمونه‌گیری دردسترس و هدفمند برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از توان ۸۰ درصد، آلفای ۰/۰۵ و اندازه اثر متوسط (۰/۲۵) حداقل ۱۲ شرکت‌کننده در هر گروه تعیین شد (نرم‌افزار جی‌پاور، نسخه ۳،۱،۹،۷، دانشگاه کیل، آلمان)، با در نظر گرفتن احتمال ریزش آزمودنی‌ها، ۱۴ آزمودنی در هر گروه بررسی شد (درمجموع ۲۹

3. Prefrontal Cortex
2. Primary Motor Area
5. Premotor Area
4. Supplementary Motor Area
5. Basal Ganglia
6. Cerebellum
7. Lee
8. Ko

نفر). معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه عبارت بود از: به دست آوردن امتیاز بیشتر از ۲۱ در پرسشنامه استاندارد وضعیت‌شناختی[1] (MMSE)؛ سالمندان دارای اختلال عملکردی متوسط در آزمون بلندشدن و راه‌رفتن زمان‌دار[2] (TUG)؛ توانایی راه‌رفتن مستقل؛ نداشتن سابقه شکستگی در اندام تحتانی در یک سال گذشته؛ نداشتن آسیب‌های عصبی-عضلانی؛ نداشتن مشکلات ارتوپدی در شش ماه گذشته؛ نداشتن سابقه جراحی در ناحیه ران و زانو؛ مصرف نکردن داروهای اعصاب بود (۲۴-۲۲، ۹). افراد واجد شرایط و داوطلب پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه آگاهانه وارد پژوهش شدند و به صورت تصادفی در دو گروه تجربی (۱۶ نفر تمرین راه‌رفتن با علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری) و گروه کنترل (۱۳ نفر بدون هرگونه تمرین) تقسیم شدند. برای همگن کردن گروه‌ها از لحاظ وضعیت‌شناختی و عملکردی، از آزمون MMSE و آزمون TUG استفاده شد. این پژوهش در کارگروه کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه مازندران به شناسه: IR.UMZ.REC.1401.045 تأیید شد.

در این پژوهش شرکت‌کنندگان گروه تجربی پس از اجرای پیش‌آزمون، به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه (۲۵) تمرین راه‌رفتن با علامت موزون حسی-پیکری را با استفاده از طراحی و ساخت یک سیستم میکروپروسسوری که قابلیت تنظیم میزان اعمال پالس از طریق ویبراتور به صورت موزون و قابلیت تنظیم قدرت ویبره را داشت و در ناحیه مچ پا متصل می‌شد، انجام دادند. در ابتدای اولین جلسه تمرین، پالس خروجی دستگاه ۱۰ درصد بیشتر از آهنگ ترجیحی راه‌رفتن برای هر شرکت‌کننده تنظیم شد. برای مشخص‌کردن آهنگ ترجیحی راه‌رفتن شرکت‌کنندگان از آزمون ۱۰ متر راه‌رفتن در سرعت ترجیحی استفاده شد (۲۶). در این آزمون شرکت‌کنندگان مسیر ۱۰ متری را با سرعت ترجیحی طی کردند. تعداد قدم و زمان پیمودن مسافت مذکور ثبت شد و تعداد قدم‌های انجام‌شده در مدت‌زمان یک دقیقه به‌عنوان آهنگ ترجیحی راه‌رفتن هر شرکت‌کننده محاسبه شد. پس از تعیین آهنگ ترجیحی هر شرکت‌کننده، دستگاه با پالس ۱۰ درصد بیشتر از آهنگ ترجیحی راه‌رفتن برای هر شرکت‌کننده تنظیم شد و از هر فرد خواسته شد تا با منطبق کردن و هم‌زمان با هر پالس خروجی دستگاه قدم بردارد. برای شرکت‌کنندگان این امکان فراهم شد که اگر ۳۰ دقیقه راه‌رفتن پشت‌سرهم برای آن‌ها دشوار بود، به بازه‌های زمانی کوچک‌تری تقسیم شود. در شروع هر هفته از هر شرکت‌کننده مجدد آزمون ۱۰ متر راه‌رفتن در سرعت ترجیحی راه‌رفتن گرفته شد و پژوهشگر اطمینان حاصل کرد که پالس خروجی دستگاه برای هر شرکت‌کننده مطابق با آهنگ ترجیحی راه‌رفتن به‌علاوه ۱۰ درصد است؛ لذا در صورت تغییر آهنگ ترجیحی راه‌رفتن شرکت‌کنندگان پالس خروجی دستگاه متعاقباً تغییر می‌کرد (۲۵). گروه کنترل هیچ‌گونه تمرینی را در این بازه زمانی انجام نداد.

برای جمع‌آوری اطلاعات، پس از پاک‌سازی پوست و تمیز کردن محل با الکل، الکترودهای سطحی یک‌بارمصرف دستگاه الکترومیوگرافی[3] (EMG)، با فاصله مرکز تا مرکز دو سانتی‌متری از یکدیگر، روی محل‌های تعیین‌شده در راستای فیبرهای عضلانی روی شکم عضلات چهارسر (پهن داخلی و خارجی)، همسترینگ (دوسررانی و نیم وتری)، ساقی-قدامی و دوقلو نصب شد. نصب الکترودها براساس روش اروپایی سنیام[4] (SENIAM) انجام شد (۲۷). برای ارزیابی هم‌انقباضی عضلات، فعالیت الکترومیوگرافی شرکت‌کنندگان طی ۲۰ متر راه‌رفتن در فضای خالی آزمایشگاه جمع‌آوری شد و سپس به اوج فعالیت همان عضله در طول آزمون نرمال‌سازی شد (۲۸)؛ به‌عبارت‌دیگر، نرمال‌سازی سیگنال‌های عضلانی براساس بیشترین سطح فعالیت ثبت‌شده هر عضله در طول دوره آزمون انجام گرفت. این نرمال‌سازی برای عضلات پهن داخلی،

1. Mini-Mental State Examination
2. Timed Up and Go test
3. Electromyography
2. SENIAM

پهن خارجی، دوسررانی، نیم‌وتری، ساقی-قدامی و دوقلو صورت گرفت. تمام اندازه‌گیری‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. سیگنال‌های EMG در فرکانس ۲۰۰۰ داده در هر ثانیه نمونه‌گیری و استخراج شد. پس از استخراج داده‌ها، داده‌های اضافی و نادرست در نرم‌افزار متلب (R۲۰۲۲b) شناسایی و سپس حذف شد. برای محاسبه هم‌انقباضی عضلات از تحلیل پوشش خطی [۱]استفاده شد؛ به گونه‌ای که پس از استخراج داده‌ها در مرحله اول از داده‌ها قدرمطلق گرفته شد و سپس روی داده‌ها فیلتر پایین‌گذر ۵۰ هرتز اعمال شد (۲۹) . پس از اینکه تحلیل پوشش خطی روی داده‌ها اعمال شد، برای محاسبه هم‌انقباضی از فرمول زیر استفاده شد (۳۰، ۲۹).

$$\text{Co-contraction} = 2\times\frac{\boldsymbol{common\ area\ AB}}{\textbf{area A+area B}} \times 100$$

ناحیه :A ناحیه زیر منحنی EMG عضله A

ناحیه B: ناحیه زیر منحنی EMG عضله B

ناحیه مشترک A وB ناحیه زیر منحنی‌هایی است که هر دو عضله A و عضله B در یک گام متوسط به اشتراک گذاشته‌اند.

از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لوین برای همگنی واریانس‌ها استفاده شد. آزمون آنالیز کوواریانس (گروه [تجربی و کنترل] × زمان [پیش‌آزمون، پس‌آزمون]) برای مشاهده اثربخشی مداخله پژوهش استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تجزیه و تحلیل شد.

مشخصات فردی شرکت‌کنندگان در گروه‌ها شامل سن، قد و وزن در جدول (۱) آورده شده است.

4 Linear envelope

جدول ۱- مشخصات فردی شرکت‌کنندگان در دو گروه تجربی و کنترل

Table1- Demographic characteristics in the experimental and control groups

گروه Groups	میانگین سن (سال) Average age(yaer)	میانگین قد (سانتی‌متر) Average height(cm)	میانگین جرم (کیلوگرم) Average mass(kg)	BMI (kg/m2)
کنترل Control group	71.69 ± 4.51	170.61 ± 4.50	71.61 ± 2.84	24.66 ± 1.88
تجربی Experimental group	71.75 ± 5.38	162.62 ± 5.71	67.18 ± 5.96	25.44 ± 2.40

نتایج

جدول (۲) اطلاعات توصیفی هم‌انقباضی عضلات چهارسر و همسترینگ، ساقی-قدامی و دوقلو در گروه‌های کنترل و تجربی در دوره‌های زمانی پیش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۲- اطلاعات توصیفی هم‌انقباضی عضلات منتخب اندام تحتانی در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Table2- Descriptive statistic of co-contraction in selected lower limb muscles during Pre-test and Post-test phases

گروه‌ها Group	شرایط Conditions	هم‌انقباضی عضلات پهن‌داخلی و نیم‌وتری Co-contraction of the vastus medialis and semitendinosus muscles	هم‌انقباضی عضلات پهن‌داخلی دوسررانی Co-contraction of the vastus medialis and biceps femoris muscles	هم‌انقباضی عضلات پهن‌خارجی و نیم‌وتری Co-contraction of the vastus lateralis and semitendinosus muscles	هم‌انقباضی عضلات پهن‌خارجی ودوسررانی Co-contraction of the vastus lateralis and semitendinosus muscles	هم‌انقباضی عضلات ساقی‌قدامی و دوقلو Co-contraction of the tibialis anterior and gastrocnemius muscles

تجربی Experimental group	پیش‌آزمون Pre-test	60.64 ± 11.89	± 9.004 60.64	61.58 ± 9.74	62.43 ± 6.92	52.20 ± 10.60
	پس‌آزمون Post-test	58.80 ± 10.84	56.40 ± 9.69	60.92 ± 14.10	57.53 ± 8.46	47.29 ± 9.41
کنترل Control group	پیش‌آزمون Pre-test	66.14 ± 9.85	± 10.72 56.81	71.53 ± 9.80	60.29 ± 9.20	62.81 ±13.44
	پس‌آزمون Post-test	63.79 ± 10.75	± 10.95 61.28	60.92 ± 14.10	57.53 ± 8.46	47.29 ± 9.41

جدول ۳- نتایج تحلیل کوواریانس فعالیت هم‌انقباضی عضلات چهار سرو همسترینگ/ساقی-قدامی و دوقلو

Table3-Results of the analysis of covariance of the cocontraction activity of the quadriceps, hamstrings/anterior gluteus maximus and gastrocnemius muscles

η^2	مقادیر p P-value	F	عضلات Muscle
0.054	0.233	1.489	هم‌انقباضی عضله پهن داخلی و نیم‌وتری Co-contraction of the vastus medialis and semitendinosus muscles
0.055	0.229	1.52	هم‌انقباضی عضله پهن داخلی و دوسررانی Co-contraction of the vastus medialis and biceps femoris muscles
0.001	0.884	0.022	هم‌انقباضی عضله پهن خارجی و نیم‌وتری Co-contraction of the vastus lateralis and semitendinosus muscles
0.002	0.827	0.049	هم‌انقباضی عضله پهن خارجی و دوسررانی Co-contraction of the vastus lateralis and semitendinosus muscles
0.003	0.794	0.70	هم‌انقباضی عضله ساقی-قدامی و دوقلو Co-contraction of the tibialis anterior and gastrocnemius muscles

سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

در جدول (۳)، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس روی هم‌انقباضی عضلات چهارسر، همسترینگ، ساقی-قدامی و دوقلو تحت‌تأثیر مداخله پژوهش و مقادیر p گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد، هم‌انقباضی عضلات چهارسر و همسترینگ (هم‌انقباضی عضله پهن داخلی و نیم‌وتری، عضله پهن داخلی و دوسررانی، پهن خارجی و نیم‌وتری، پهن خارجی و دوسررانی) نسبت به یکدیگر تحت‌تأثیر تمرینات علامت‌گذاری موزون حسی پیکری اثر معناداری را نشان نداد (p>۰/۰۵).

همچنین با توجه به نتایج، هم‌انقباضی عضله ساقی-قدامی و دوقلو تغییرات معناداری را تحت‌تأثیر مداخله نشان نداد (p>۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش تعیین تأثیر تمرین راه‌رفتن با علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی سالمندان بود. با توجه به بررسی ادبیات پژوهش، به نظر می‌رسد این مطالعه اولین پژوهشی است که به بررسی اثر تمرین راه‌رفتن با علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری بر الگوی هم‌انقباضی عضلات منتخب در سالمندان پرداخته است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که با وجود تغییرات مثبت در الگوی هم‌انقباضی عضلات منتخب شامل پهن داخلی و نیم‌وتری، پهن داخلی و دوسررانی، پهن خارجی و نیم وتری و پهن خارجی و دوسررانی، ساقی-قدامی و دوقلو، تحت‌تأثیر تمرین راه‌رفتن با علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری، این تغییرات از نظر آماری معنادار نبود (p>۰/۰۵). هم‌انقباضی عضلانی عبارت است از انقباض هم‌زمان عضلات موافق و مخالف اطراف یک مفصل. فعال‌شدن هم‌زمان عضلات موافق و مخالف در بسیاری از فعالیت‌ها ازجمله کنترل وضعیت بدن، راه‌رفتن و دویدن رخ می‌دهد (۱۰). افزایش سن با کاهش تحرک و تعادل همراه است که ممکن است منجر به زمین‌خوردن و از دست‌دادن عملکرد مستقل شود. یکی از مکانیسم‌های احتمالی این اختلالات در افراد مسن، افزایش انقباض عضلات اندام تحتانی است. افراد مسن‌تر در مقایسه با همتایان جوان خود سطوح بالاتری از انقباض عضلات اندام تحتانی را در طول راه‌رفتن و تعادل ایستا نشان می‌دهند (۳۱). علاوه بر این، افراد مسن ممکن است ناخودآگاه از انقباض مشترک برای سفت کردن مفاصل استفاده کنند تا بدتر شدن کنترل وضعیتی و پردازش حسی را جبران کنند؛ با این حال، به نظر می‌رسد سطوح بالای هم‌انقباضی پیامدهای منفی داشته باشد. انقباض هم‌زمان مصرف انرژی را افزایش می‌دهد و مانع حرکت می‌شود که منجر به هزینه زیاد خستگی راه‌رفتن، کاهش عملکرد فیزیکی و زمین‌خوردن می‌شود. سایر اثرات منفی بالقوه، افزایش نیروهای اطراف مفاصل است که باعث تخریب غضروف و مفاصل می‌شود؛ بنابراین ممکن است کاهش انقباض اندام تحتانی در افراد مسن به‌منظور بهبود بیومکانیک راه‌رفتن و تعادل و درنتیجه کاهش خطر ناتوانی حرکتی و افتادن در آن‌ها مهم باشد (۹).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی شرکت‌کنندگان پس از یک دوره تمرین با وجود تغییرات مثبت از نظر آماری معنادار نبود. اندازه اثر (ضریب اتا) هم‌انقباضی عضلات پهن داخلی و نیم‌وتری ۰/۰۵۴، عضلات پهن داخلی و دوسررانی ۰/۰۵۵، عضلات پهن خارجی و نیم‌وتری ۰/۰۰۱، عضلات پهن خارجی و دوسررانی ۰/۰۰۲ و عضلات ساقی-قدامی و دوقلو ۰/۰۰۳ است که این مقادیر اثر اتا در آزمون کوواریانس، اثر ضعیف مداخله را نشان می‌دهد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش حسینی و همکاران که به بررسی هم‌انقباضی عضلات پهن‌داخلی و دوسررانی، پهن‌خارجی دوسررانی، ساقی- قدامی و نعلی به دنبال یک دوره تمرین راه‌رفتن با علامت‌گذاری موزون شنیداری و دیداری پرداخته‌اند، همخوانی دارد. در مطالعه دیگر حسینی و همکاران، میزان اعمال پالس خروجی براساس آزمون ۱۰ متر راه رفتن با سرعت ترجیحی تعیین شد (۳۵، ۳۴). در این پژوهش نیز برای ثبت داده‌های EMG عضلات از شرکت‌کنندگان سالمند استفاده شد و برای ارزیابی هم‌انقباضی دیتای RVC جمع‌آوری شد (۳۳، ۳۲).

علامت‌گذاری موزون حسی-پیکری در تمرین راه‌رفتن بر سیستم عصبی مرکزی اثر می‌گذارد و نواحی حرکتی مختلفی از مغز شامل قشر جلو مغز، ناحیه حرکتی اولیه، ناحیه پیش‌حرکتی، ناحیه مکمل حرکتی، قشر عقده‌های قاعده‌ای و مخچه را درگیر می‌کند. فعال‌سازی نواحی مختلف حرکتی مغز باعث بهبود فعال‌سازی عضلانی شده و به کنترل حرکتی

بهتر منجر می‌شود (۱۸-۱۶)؛ لذا شاید یکی از دلایل معنادار نشدن نتایج این پژوهش با وجود کاهش هم‌انقباضی این باشد که علامت موزون حسی-پیکری برای سازگاری با شاخص‌های عصبی-عضلانی در سالمندان، به زمان بیشتری نیاز داشته باشد؛ بنابراین شاید اگر دوره تمرینی این پژوهش طولانی‌تر بود، تأثیرات معنادار آشکار می‌شد؛ زیرا مهم‌ترین عامل یادگیری مقدار تمرین است؛ به نحوی که اگر تلاش‌های تمرینی بیشتری وجود داشته باشد، یادگیری بیشتری نیز اتفاق خواهد افتاد (۳۴). یادگیری به نوبه خود موجب تغییرات در ارتباطات آناتومیکی و کارایی در مسیرهای عصبی می‌شود (۳۵). به نظر می‌رسد، احتمالاً یکی دیگر از دلایل معنادار نشدن نتایج پژوهش حاضر با وجود کاهش هم‌انقباضی، این باشد که شرکت‌کنندگان در این پژوهش در دامنه سنی سالمندی اولیه قرار داشتند و این احتمال وجود دارد که تغییر مسیر مدارهای عصبی از ناحیه خودکار در زیرقشر به ناحیه قشری هنوز کمتر جایگزین شده باشد و درگیری عوامل شناختی مانند توجه به راه‌رفتن هنوز بارز نیست؛ به‌عبارتی هرچه منابع شناختی کمتر علائم بیرونی را درک و تفسیر کند، باعث می‌شود به‌م رور زمان با سازگاری دوره تمرینی، تغییراتی معنادارتر و محکمی را نشان دهد (۳۶).

زاکارون و همکاران نشان دادند که فعالیت هم‌زمان سطوح هم‌انقباضی عضلات پهن خارجی و دوسران در وضعیت‌ها و گشتاورهای مختلف، متفاوت است، اما در حالت کلی در سیکل راه‌رفتن هرچه انقباض هم‌زمان آن‌ها کمتر شود، می‌تواند به نفع کنترل افراد باشد؛ زیرا افزایش آن موجب دورشدن بیش از حد زانو می‌شود که خود دلیلی بر بی‌ثباتی خواهد بود (۳۷، ۲۸). نتایج جدول (۲) درخصوص کاهش هم‌انقباضی عضلات پهن خارجی و دوسران در گروه تجربی، در راستای همین مطلب است. همچنین درمورد هم‌انقباضی عضلات ساقی-قدامی و دوقلو نیز تمریناتی بهتر است که اثر کاهشی بر فعالیتشان داشته باشند (۳۸). کاهش هم‌انقباضی عضلات مذکور در پژوهش حاضر در همین راستاست (جدول ۲).

پیام مقاله

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین با علامت‌گذاری موزون حسی پیکری بر الگوی هم‌انقباضی اندام تحتانی در راه‌رفتن سالمندان از نظر آماری معنادار نبود. به عقیده ما، اگر دوره تمرین به مدت طولانی اعمال شود، شاهد اثرات این مداخلات بر فعالیت هم‌انقباضی بهتر عضلات از طریق بهبود مسیرهای حرکتی در واحدهای عضلانی و همچنین بهبود در مسیرهای عصبی‌شناختی سالمندان خواهیم بود؛ بنابراین به محققان آینده پیشنهاد می‌شود که تأثیر این نوع مداخله را در جلسات بیشتر و مدت‌زمان طولانی‌تر بررسی کنند. همچنین تأثیر این مداخلات را دوران سالمندی ثانویه که تخریب حرکتی و شناختی بیشتر است، مطالعه نمایند.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش در کارگروه کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه مازندران به شناسه: IR.UMZ.REC.1401.045 تأیید شد.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در انجام این پژوهش مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از شرکت‌کنندگان در پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Michel JP, Leonardi M, Martin M, Prina M. WHO's report for the decade of healthy ageing 2021–30 sets the stage for globally comparable data on healthy ageing. Lancet Heal Longev. 2021;2(3):e121–2. https://doi.org/10.1016/S2666-7568(21)00002-7

2. sori, A., Shabani Moghadam, K., Soury, R. The Effect of physical activity on quality of life in elder women in Kermanshah Province. Applied Research of Sport Management, 2016;4(4):75-84. [In Persian].

3. Saint-Maurice PF, Coughlan D, Kelly SP, Keadle SK, Cook MB, Carlson SA, et al. Association of leisure-time physical activity across the adult life course with all-cause and cause-specific mortality. JAMA Netw Open. 2019;2(3):1–12. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.0355

4. Khatmi Nasab N, Shamshiri M, Zamani U. The study of oral health status and its related quality of life in elderly people supported by welfare organization in Ardabil city. J Heal Care. 2019;21(4):308–18. [In Persian].

5. Borzuola R, Giombini A, Torre G, Campi S, Albo E, Bravi M, et al. Central and peripheral neuromuscular adaptations to ageing. J Clin Med. 2020;9(3). https://doi.org/10.3390/jcm9030741

6. Monteiro D, Silva LP da, Sá PO de, Oliveira ALR de, Coriolano M das GW de S, Lins OG. Prática mental após fisioterapia mantém mobilidade funcional de pessoas com doença de Parkinson. Fisioter e Pesqui. 2018;25(1):65–73. https://doi.org/10.1590/1809-2950/17192425012018

7. Nascimento CMM, Lucena L de O, Lima ÁR de, Lima JC de, Lins CC dos SA, Coriolano M das GW de S. Immediate effect of rhythmic auditory stimulation on the spatio- temporal parameters of gait in old people: a pilot study. Rev Bras Geriatr e Gerontol. 2020;23(3):1–10. https://doi.org/10.1590/1981-22562020023.200121

8. Caetano MJD, Lord SR, Allen NE, Brodie MA, Song J, Paul SS, et al. Stepping reaction time and gait adaptability are significantly impaired in people with Parkinson's disease: Implications for fall risk. Park Relat Disord. 2018;47:32–8. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.11.340

9. Lo J, Lo OY, Olson EA, Habtemariam D, Iloputaife I, Gagnon MM, et al. Functional implications of muscle co-contraction during gait in advanced age. Gait Posture. 2017;53:110–4. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.01.010

10. 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):1–9. https://doi.org/10.1186/s40101-017-0149-3

11. Strazza A, Mengarelli A, Fioretti S, Burattini L, Agostini V, Knaflitz M, et al. Surface-EMG analysis for the quantification of thigh muscle dynamic co-contractions during normal gait. Gait Posture. 2017;51:228–33. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.003

12. 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;322:251–61. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.02.036

13. Khodaveisi H, Anbarian M, Khodaveisi M. Comparison of electromyographic acivity patern of knee two-joint muscles between youngs and olders in gait diferent speeds. 2015;98:324-33. [In Persian]

14. Benjuya N, Melzer I, Kaplanski J. Aging-Induced Shifts From a Reliance on Sensory Input to Muscle Cocontraction During Balanced Standing. Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci. 2004;59(2):M166–71. https://doi.org/10.1093/gerona/59.2.M166

15. Gonzalez-Hoelling S, Bertran-Noguer C, Reig-Garcia G, Suñer-Soler R. Effects of a music-based rhythmic auditory stimulation on gait and balance in subacute stroke. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(4):1–14. https://doi.org/10.3390/ijerph18042032

16. Nombela C, Hughes LE, Owen AM, Grahn JA. Into the groove: Can rhythm influence Parkinson's disease? Neurosci Biobehav Rev. 2013;37(10):2564–70. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.08.003

17. Fjell AM, McEvoy L, Holland D, Dale AM, Walhovd KB. What is normal in normal aging? Effects of aging, amyloid and Alzheimer's disease on the cerebral cortex and the hippocampus. Prog Neurobiol. 2014;117:20–40. https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2014.02.004

18. Faulkner JA, Larkin LM, Claflin DR, Brooks S V. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. Clin Exp Pharmacol Physiol. 2007;34(11):1091–6. https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x

19. Lee Y, Shin S. Improvement of Gait in Patients with Stroke Using Rhythmic Sensory Stimulation: A Case-Control Study. J Clin Med. 2022;11(2). https://doi.org/10.3390/jcm11020425

20. Tan SY, Strazzulla LC, Li X, Park JJ, Lee SJ, Kim CC. Association of clinicopathological features of melanoma with total naevus count and a history of dysplastic naevi: a cross-sectional retrospective study within an academic centre. Clin Exp Dermatol. 2018;43(5):566–72. https://doi.org/10.1111/ced.13393

21. Ko S, Kwak K, Pomrop M, Kim D. Vibratory somatosensory stimulus improves neuromechanical task of stair climbing by the elderly. Sensors Mater. 2021;33(8):2747–61. https://doi.org/10.18494/SAM.2021.3354

22. Rahmani M, Darvishpour A, Pourghane P, Atrkarroushan Z. Archive of SID Application of MoCA, MMSE and AMTs Tests in diagnosing the cognitive status of the elderly under hemodialysis in medical centers of guilan university of medical sciences in 2019. 2020;5(2). [In Persian].

23. Hosseinpour S, Behpour N, Tadibi V, Ramezankhani A. Effect of Cognitive-Motor Exercises On Physical Health And Cognitive Status In Elderly. J Heal Educ Heal Promot. 2018;05(04):336–44. [In Persian].

24. Azimzadeh E, Faghihi V, Ghasemi A. The effect of dual-task training on balance of elderly women: with the motor and cognitive approach. Research In Sport Management & Motor Behavior (Journal of Movement Science & Sports). 2018;8(16):103-10. [In Persian].

25. Memar Moghaddam M., Shahraki M. The effect of rhythmic auditory stimulation during gait training on kinematic parameters of gait in patients with multiple sclerosis. Motor Behavior (Research on Sport Science). 2018;10(33):149-64. [In Persian].

26. Rochester L, Nieuwboer A, Baker K, Hetherington V, Willems AM, Chavret F, et al. The attentional cost of external rhythmical cues and their impact on gait in Parkinson's disease: Effect of cue modality and task complexity. J Neural Transm. 2007;114(10):1243–8. https://doi.org/10.1007/s00702-007-0756-y

27. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy. Roessingh Res Dev. 1999;8–11.

28. 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. Fisioter em Mov. 2016;29(4):787–94. http://dx.doi.org/10.1590/1980-5918.029.004.ao15

29. Sekir U. Research methods in biomechanics. J Sport Sci Med. 2014;13(1).

30. Marques NR, Morcelli MH, Hallal CZ, Gonçalves M. EMG activity of trunk stabilizer muscles during Centering Principle of Pilates Method. J Bodyw Mov Ther. 2013;17(2):185–91. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.06.002

31. Hallal CZ, Marques NR, Vieira ER, Brunt D, Spinoso DH, Castro A, et al. Lower limb muscle coactivation levels in healthy younger and older adults during functional dual-task gait. Motriz Rev Educ Fis. 2013;19(3):620–6. https://doi.org/10.1590/S1980-65742013000300013

32. N Khatmi Nasab, M Shamshiri UZ. The study of oral health status and its related quality of life in elderly people supported by welfare organization in Ardabil city. 2019. [In Persian].

33. Hoseini Hadis, Fallah Mohammadi Z, Memarmoghaddam M, Hosseini Nejad Seyed Esmaeil. The Effect of walking training with auditory cueing on co-contraction of lower limb muscles in healthy elderly. Sport Biosciences (Harakat). 2019;11(3):327-342. [In Persian].

34. Hoseini H, Falahmohamadi Z, Memar Moghaddam M, Hosseininejad SE. Effect of a walking training period with rhythmic visual stimulation on co-contraction select muscles in older adult. Journal of Applied Exercise Physiology (Journal of Sports Science). 2020;15(30):203-212. [In Persian].

35. Schmidt RA, Lee TD, Winstein C, Wulf G, Zelaznik HN. Motor control and learning: a behavioral emphasis, 6th edition. Med Sci Sport Exerc. 2019;51(1):226–226.

36. Wilkins LW&. Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.

37. Ghai S, Ghai I. Effects of rhythmic auditory cueing in gait rehabilitation for multiple sclerosis: A mini systematic review and meta-analysis. Front Neurol. 2018;9(JUN):1–14. https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00386

38. Sun W, Liang J, Yang Y, Wu Y, Yan T, Song R. Investigating aging-related changes in the coordination of agonist and antagonist muscles using fuzzy entropy and mutual information. Entropy. 2016;18(6). https://doi.org/10.3390/e18060229

39. Massaad F, Lejeune TM, Detrembleur C. Reducing the energy cost of hemiparetic gait using center of mass feedback: A pilot study. Neurorehabil Neural Repair. 2010;24(4):338–47. https://doi.org/10.1177/1545968309349927