University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

The Effect of Eight Weeks of Gait Training with Somatosensory Rhythmic Stimulation on the Muscle Activity of the Lower Limbs of the Elderly

Seyyed Hassan Mousavi [1], Seyyed Esmaeil Hosseini Nejad [2], Mansoureh Shahraki [3]✉

1. Department of Motor Behavior and Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. Email: Hasanmousavi95532@gmail.com
2. Department of Motor Behavior and Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. Email: Se.hoseininejad@umz.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: Mshahraki@uoz.ac.ir

Article Info

Article type: Research

Article history:
Received:
14 June 2024
Received in revised form:
23 April 2025
Accepted:
26 April 2025
Published online:
23 September 2025

Keywords:
Elderly,
Gait,
Muscle Activity,
Somatosensory Rhythmic Stimulation.

ABSTRACT

Introduction: This study aimed to investigate the effect of eight weeks of gait training with Somatosensory rhythmic stimulation on the muscle activity of the lower limbs of the elderly.

Methods: In this semi-experimental study, 29 older adults (mean age: 71.68 ± 4.35 years) were selected through available and purposive sampling and randomly assigned to two groups: an experimental group (n = 16; gait training with somatosensory rhythmic stimulation) and a control group (n = 13; no training). The training program was conducted over eight weeks, with three 30-minute sessions per week. Electromyographic (EMG) data were collected from the lower limb muscles—including the Quadriceps (Vastus Lateralis, Vastus Medialis), Hamstring (Biceps Femoris, Semitendinosus), Tibialis Anterior, and Gastrocnemius—at both pre-test and post-test stages. Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) at a significance level of 0.05.

Rusults: The electrical activity of the vastus lateralis muscle showed a significant decrease during the loading response and swing phases ($p<0.05$). Additionally, the Tibialis Anterior muscle exhibited a significant increase in activity during the loading response and mid-stance phases, and the Gastrocnemius muscle showed significantly increased activity during the propulsion phase following the training with somatosensory rhythmic stimulation, indicating improved gait performance ($p<0.05$).

Conclusion: Increased Gastrocnemius muscle activity may contribute to improved ankle and knee joint dynamics. Furthermore, enhanced Tibialis Anterior activity during the early stance phase likely reflects improved ankle stability and reduced knee loading, possibly due to decreased Vastus Lateralis activity. Therefore, somatosensory rhythmic stimulation training can be considered a beneficial method for improving gait in older adults.

Cite this article: Mousavi, S H., Hosseininejad, S. E., & Shahraki, M. (2025). The Effect of Eight Weeks of Gait Training with Somatosensory Rhythmic Stimulation on the Muscle Activity of the Lower Limbs of the Elderly. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 17 (3), 119-135.
DOI: https://doi.org/10.22059/jsmdl.2025.378038.1783

Journal of Sports and Motor Development and Learning by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0| web site: https://jsmdl.ut.ac.ir/ | Email: jsmdl@ut.ac.ir.

© The Author (s). Publisher: University of Tehran Press.

University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

Extended Abstract

Introduction

Aging is a stage marked by natural physiological changes that occur as individuals grow older, leading to a decline in physical function. Research suggests that this decline affects the movement patterns of older adults. Such reductions in physical capabilities and associated motor impairments may be linked to changes in neuromuscular activity in the elderly. As a result, older adults often experience diminished physical abilities, movement limitations, increased health issues, and greater dependency on others. Recently, novel rehabilitation strategies, including exercises that incorporate external rhythmic sensory stimulation, have been recommended to enhance postural control and gait. These approaches provide broader benefits compared to traditional exercises. Somatosensory rhythmic stimulation during gait training involves synchronizing steps with external rhythmic cues, which influence the central nervous system. This method engages multiple motor-related brain regions, including the prefrontal cortex, primary motor cortex, premotor cortex, supplementary motor area, basal ganglia, and cerebellum. Activating these regions enhances muscle activation, leading to improved motor control. Furthermore, these cues improve gait by directing attention outward, which reduces the cognitive load on attentional resources or working memory. This process allows individuals to focus on a single external source of information, resulting in more effective movement execution. A review of the literature shows that the positive effects of rhythmic sensory stimulation have primarily been documented in studies involving patients with neurological disorders, such as Parkinson's disease. However, no studies have yet explored the impact of rhythmic somatosensory stimulation on the motor performance of older adults. Given the limited research in this area and the established mechanisms behind these interventions, there is a clear need for robust evidence to demonstrate the effects of rhythmic somatosensory stimulation on the motor performance of older adults, particularly through comprehensive baseline assessments.As this form of stimulation is a cost-effective and practical rehabilitation approach, it can also be easily implemented as a home-based intervention. Research in this field could significantly inform the design of targeted rehabilitation programs aimed at enhancing functional abilities and gait mechanics in older adults. Consequently, this study aims to investigate whether eight weeks of gait training with rhythmic somatosensory stimulation can improve lower limb muscle activity patterns in older adults.

Methods

This study utilized a quasi-experimental design with applied purposes, specifically employing a pre-test/post-test design alongside a control group. The target population consisted of adults aged 70 and older residing in Zabol, Iran. A sample of 29 elderly men was selected through both convenience and purposive sampling methods. The inclusion criteria required participants to have a score greater than 21 on the Mini-Mental State Examination (MMSE), demonstrate moderate functional impairment on the Timed Up and Go (TUG) test, and be capable of walking independently. Additional criteria included no history of lower limb fractures in the past year, no neuromuscular or orthopedic issues 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 either an experimental group (n=16), which received gait training with rhythmic somatosensory stimulation, or a control group (n=13) that received no intervention. The experimental group underwent eight weeks of gait training with rhythmic somatosensory stimulation, consisting of three 30-minute sessions per week following a pre-test. The stimulation device was adjusted to emit pulses at 10% above each participant's preferred walking cadence, and participants were instructed to synchronize their steps with these pulses. Meanwhile, the control group engaged in simple walking exercises without stimulation during the same period. Muscle activity data were collected using electromyography (EMG) during both the pre-test and post-test phases. Data analysis was conducted using SPSS software, applying an analysis of covariance (ANCOVA) with a significance level set at 0.05.

Results

The findings indicated a significant decrease in the activity of the vastus lateralis muscle during the loading response and swing phases ($p < 0.05$). In contrast, the tibialis anterior muscle displayed a significant increase in activity during the loading response and mid-stance phases. Additionally, the gastrocnemius muscle showed heightened activity during the propulsion phase after the rhythmic Somatosensory training ($p < 0.05$). These changes suggest an improvement in gait.

Conclusion

Eight weeks of gait training using rhythmic somatosensory stimulation significantly changed the activity levels of the vastus lateralis, tibialis anterior, and gastrocnemius muscles, leading to improved gait performance in older adults. The increase in gastrocnemius activity likely enhanced the dynamics of the ankle and knee joints. Likewise, the heightened activity of the tibialis anterior during the

University of Tehran Press
Journal of
Sports and Motor Development and Learning
Online ISSN: 2676-4547

early stance phase may have improved ankle stability and reduced knee strain by decreasing the activity of the vastus lateralis. These findings indicate that rhythmic somatosensory training is a valuable method for enhancing gait mechanics in older adults.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: In this study, all ethical guidelines have been adhered to. The ethics approval number is IR.UMZ.REC.1401.054.

Funding: This research did not utilize any financial resources.

Authors' contribution: All authors contributed equally to this work.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: We would like to express our gratitude to all participants in the research, as well as to the translator, Ms. Mehrnoosh Mir.

رشد و یادگیری حرکتی ورزشی
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۵۴۷
انتشارات دانشگاه تهران

تأثیر هشت هفته تمرین راه رفتن با تحریکات موزون حسی– پیکری بر فعالیت عضلانی اندام تحتانی سالمندان

سیدحسن موسوی[۱]، سیداسماعیل حسینی‌نژاد[۲]، منصوره شهرکی[۳]✉

۱. گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: Hasanmousavi95532@gmail.com
۲. گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: Se.hoseininejad@umz.ac.ir
۳. نویسندهٔ مسؤول، گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: Mshahraki@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲ /۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
سالمندان،
فعالیت عضلانی،
تحریکات موزون حسی- پیکری،
راه رفتن.

چکیده

مقدمه: هدف این پژوهش، تعیین تأثیر هشت هفته تمرین راه رفتن با تحریکات موزون حسی- پیکری بر فعالیت عضلانی اندام تحتانی سالمندان بود.

روش پژوهش: در این تحقیق نیمه‌تجربی ۲۹ سالمند ((سن ۴/۳۵ ± ۷۱/۶۸ سال) به شیوهٔ نمونه‌گیری در دسترس و هدفمند استفاده شدند و به‌صورت تصادفی در دو گروه تجربی (۱۶ نفر؛ تمرین راه رفتن با تحریک 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، چهارسر (پهن داخلی و خارجی)، همسترینگ (دوسر رانی و نیم‌وتری)، ساقی-قدامی و دوقلو با دستگاه الکترومایوگرافی در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون جمع‌آوری شد. نتایج با استفاده از روش آماری کوواریانس در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شد.

یافته‌ها: فعالیت الکتریکی عضلهٔ پهن خارجی در مرحلهٔ پاسخ بارگیری و نوسان کاهش معناداری یافت ($P <$ ۰/۰۵). همچنین عضلات ساقی- قدامی در مرحلهٔ پاسخ بارگیری و سکون میانی و دوقلو در مرحلهٔ پیشران تحت تأثیر تمرین با تحریکات موزون حسی-پیکری افزایش معناداری را در جهت بهبود عملکرد راه رفتن نشان دادند ($P <$ ۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: افزایش فعالیت عضلهٔ دوقلو احتمالاً به بهبود دینامیک مفاصل مچ پا و زانو کمک می‌کند. همچنین افزایش فعالیت عضلهٔ ساقی- قدامی در نیمهٔ ابتدایی مرحلهٔ استقرار می‌تواند بیانگر افزایش ثبات مچ پا و کاهش بارگیری زانو از طریق کاهش فعالیت عضلهٔ پهن خارجی باشد. ازاین‌رو تمرینات موزون حسی- پیکری می‌تواند به‌عنوان روشی سودمند در بهبود راه رفتن سالمندان لحاظ شود.

استناد: موسوی، سید حسن؛ حسینی نژاد، سید اسماعیل و شهرکی، منصوره (۱۴۰۴). تأثیر هشت هفته تمرین راه رفتن با تحریکات موزون حسی- پیکری بر فعالیت عضلانی اندام تحتانی سالمندان. *نشریهٔ رشد و یادگیری حرکتی ورزشی*،(۳)۱۷؛ ۱۳۵-۱۱۹.

DOI: https://doi.org/10.22059/jsmdl.2025.378038.1783

این نشریهٔ علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کریتیو کامنز CC BY-NC 4.0 به نویسندگان واگذار کرده است. تارنما: https://jsmdl.ut.ac.ir | رایانامه: jsmdl@ut.ac.ir

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

سالمندی[1]دورانی است که در آن تغییرات فیزیولوژیکی طبیعی با افزایش سن رخ می‌دهد، این تغییرات موجب کاهش عملکرد فیزیکی بدن می‌شود (راقوانی و همکاران، ۲۰۱۱). از دیدگاه بیومکانیکی و فیزیولوژیکی افزایش سن سبب افت عملکرد در اندام‌ها و سیستم‌های بدن می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند کاهش عملکرد در سالمندی موجب تغییر در الگوهای حرکتی همچون کاهش در طول گام، افزایش در عرض گام، کاهش دامنهٔ حرکتی مفاصل (پاروسزای[2]و همکاران، ۲۰۰۵)، کاهش سرعت راه رفتن، افزایش زمان گام‌برداری (لو[3]و همکاران، ۲۰۱۷)، اختلال در تعادل و همچنین تغییر در قدرت عضلانی اندام تحتانی (کروز[4]و همکاران، ۲۰۱۷) می‌شود. این کاهش در عملکرد و اختلالات حرکتی می‌تواند با الگوهای فعالیت عصبی- عضلانی سالمندان مرتبط باشد (پاروسزای و همکاران، ۲۰۰۵؛ لو و همکاران، ۲۰۱۷؛ آراکاوا[5]و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهند افزایش سن موجب کاهش قدرت عضلات اندام تحتانی (نورسته و همکاران، ۲۰۱۷؛ سوگاونو[6]و همکاران، ۲۰۲۰)، ضعف عضلات دورسی فلکشن مچ پا، کاهش قدرت عضلات چهار سر و دورکننده‌های ران، ضعف عضلات بازکنندهٔ ران، ضعف بازکننده‌های زانو (نورسته و همکاران، ۲۰۱۷) و افزایش هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی (لو و همکاران، ۲۰۱۷) می‌شود. از نظر عصبی- عضلانی فعالیت عضلات دوسررانی، نیم‌وتری و دوقلو در مرحلهٔ استقرار طی راه رفتن با افزایش سن بیشتر می‌شود. این موضوع موجب می‌شود که سالمندان هم‌انقباضی عضلانی بیشتری را در اطراف مفصل زانو نشان دهند (خداویسی و همکاران، ۲۰۱۶). در واقع افراد مسن از این افزایش فعالیت عضلات در راستای سفت کردن مفاصل برای جبران کنترل پاسچر استفاده می‌کنند (بنجویا[7]و همکاران، ۲۰۰۴).

امروزه با استفاده از روش‌های دارودرمانی می‌توان تا اندازه‌ای نارسایی‌های فیزیکی ناشی از کهولت سن را برطرف کرد، اما به‌نظر می‌رسد برای مقابله با این معضل بزرگ و رو به رشد جوامع بشری باید راهکارهای مطمئن‌تر و مناسب‌تر دیگری نیز پیدا کرد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد تغییرات در فعالیت عضلانی با تمرینات بدنی بهتر می‌شود (سوگاونو و همکاران، ۲۰۲۰؛ آزادیان و همکاران، ۲۰۱۶؛ نید[8]و همکاران، ۲۰۰۲). برای نمونه استفاده از تمرینات تعادلی و ذهنی می‌تواند موجب افزایش قدرت اندام تحتانی و تسهیل هدایت عصبی- عضلانی شود (حسینی و همکاران، ۲۰۱۰). تمرینات مقاومتی موجب بهبود قدرت عضلانی و نرخ رشد نیرو می‌شود (گویزلینی[9]و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تمرینات حسی در بهبود فعالیت عصبی- عضلانی بیماران دارای اختلال حرکتی مانند بیماران پارکینسون (وان وگن[10]و همکاران، ۲۰۰۶؛ عاشوری و همکاران، ۲۰۱۵) و بیمارانی که دچار سکتهٔ مغزی شده‌اند (سونگ[11]و همکاران، ۲۰۱۶؛ گونزالز[12]و همکاران، ۲۰۲۱؛ لی[13]و همکاران، ۲۰۱۵) مؤثر بوده است. اما به‌رغم اثبات اثر مثبت انواع تمرینات در بهبود عملکرد سالمندان، نتایج پژوهش‌های اخیر نشان از مزایا و فواید گسترده‌تر و جامع‌تر تمرینات حسی نسبت به تمرینات سنتی رایج دارد (گونزالز و همکاران، ۲۰۲۱). این تمرینات شامل تمرینات موزون دیداری، شنیداری و حسی- پیکری است.

تمرینات حسی می‌توانند موجب بهبود پاسخ‌های فیزیولوژیکی، افزایش تحمل درد، ایجاد انگیزه برای انجام فعالیت بدنی، افزایش انگیختگی، افزایش حافظه و توجه، بهبود روابط اجتماعی و ارتباطی شوند (گونزالز و همکاران، ۲۰۲۱). تأثیرات برنامهٔ توانبخشی بر اساس تحریکات

1. Elderly
2. Paróczai
3. Lo
4. Cruz
5. Arakawa
6. Sugaono
7. Benjuya
8. Nied
9. Guizelini
10. van Wegen
11. Song
12. Gonzalez
13. Lee

موزون حسی–پیکری در بیماران پارکینسون بررسی شده است و نتایج تأثیرات مثبتی را بر طول گام، طول قدم و سرعت راه رفتن این بیماران نشان می‌دهد (وان وگن و همکاران، ۲۰۰۶؛ پونگ مالا[1]و همکاران، ۲۰۱۰). تحریکات حسی- پیکری اعمال‌شده بر اندام‌ها، قشر حسی- حرکتی را از طریق الیاف آوران تحت تأثیر قرار می‌دهد (لوپز[2]و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین می‌تواند روی شبکه عصبی از طریق تحریک گیرنده‌های حسی در ساختارهایی همچون پوست، عضلانی تاندونی و مفصلی اثر بگذارد (اکبری و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، تحریکات موزون حسی- پیکری در تمرین راه رفتن شامل همزمان شدن علائم موزون و حرکت است که روی سیستم عصبی مرکزی اثر می‌گذارد و نواحی حرکتی مختلفی از مغز شامل قشر جلو مغز، ناحیه حرکتی اولیه، ناحیهٔ پیش‌حرکتی، ناحیهٔ مکمل حرکتی[3](SMA)، قشر عقده‌های قاعده‌ای و مخچه را درگیر می‌کند (بنجویا و همکاران، ۲۰۰۴؛ اکبری و همکاران، ۲۰۱۴؛ مک هان[4]و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین این علائم از طریق هدایت توجه به بیرون موجب بهبود راه رفتن می‌شوند، زیرا در این شرایط بار کمتری بر منابع توجهی یا حافظهٔ کاری اعمال می‌شود، چراکه اجراکننده تنها یک منبع از اطلاعات آنچه نسبت به اجراکنندهٔ بیرونی است را پردازش می‌کند و در نتیجه به اجرای بهتر حرکت منجر می‌شود (معمارمقدم و همکاران، ۲۰۱۸).

بررسی ادبیات پیشینهٔ پژوهش نشان می‌دهد، به‌رغم اثبات تأثیرات مثبت انواع تمرینات در بهبود عملکرد سالمندان، راهکارهای جدید کنترل حرکتی استفاده از تمرینات مداخله‌ای با تحریکات موزون حسی بیرونی (شنیداری، دیداری، حسی–پیکری) را برای بهبود کنترل قامت و راه رفتن توصیه می‌کنند. روشی غیرتهاجمی، کم‌هزینه و ساده، که می‌تواند به‌عنوان مداخلهٔ مستقر در خانه یا هر مکان دیگر نیز به‌طور مؤثر استفاده شود که امروزه در روش‌های توانبخشی مورد توجه قرار گرفته است و بر پایهٔ همزمان سازی گام با ریتم علامت حسی بیرونی است. استفاده از تحریکات موزون حسی–پیکری در افراد با اختلالات عصب‌شناختی از جمله بیماران پارکینسون تأثیرات مثبتی را در پی داشته است (وان وگن و همکاران، ۲۰۰۶؛ پونگ مالا و همکاران، ۲۰۱۰)، لیکن به‌نظر می‌رسد از دیدگاه علمی، هنوز پتانسیل کامل این دسته از مداخلات به‌عنوان یک برنامهٔ کاربردی به‌خوبی در سالمندان بررسی و مشخص نشده است. احتمالاً این تحقیق اولین تحقیقی است که به بررسی تأثیر تحریکات موزون حسی- پیکری بر عملکرد حرکتی سالمندان پرداخته است. ازاین‌رو به جست‌وجوی ما با عنایت به ادبیات پژوهشی محدود و نبود پژوهش در سالمندان و نیز با توجه به سازوکار اثربخشی این تحریکات، نیاز به شواهدی که بتواند به‌طور محکم و پایدار تأثیرات تحریکات موزون حسی- پیکری را بر عملکرد حرکتی سالمندان به‌ویژه با استفاده از یک سنجش زیربنایی نشان دهد، ضرورت می‌یابد. بدون تردید انجام پژوهش در این زمینه می‌تواند در طراحی مداخلات توانبخشی ویژهٔ سالمندان جهت افزایش توانایی عملکردی و مکانیک راه رفتن آنها یاری‌کننده باشد. ازاین‌رو پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به این پرسش است که آیا هشت هفته تمرین راه رفتن با تحریکات موزون حسی- پیکری می‌تواند بر بهبود فعالیت عضلانی اندام تحتانی سالمندان مؤثر باشد؟

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

پژوهش حاضر، نیمه‌تجربی و به لحاظ هدف کاربردی است. طرح تحقیق پیش‌آزمون — پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعهٔ آماری شامل سالمندان ۷۰ سال به بالای شهرستان زابل بود. نمونهٔ آماری پژوهش ۲۹ سالمند مرد بودند که به شیوهٔ نمونه‌گیری در دسترس و هدفمند

[1]. Pongmala
[2]. Lopez
[3]. Supplementary motor area
[4]. McKhann

جهت شرکت در پژوهش انتخاب شدند. معیارهای ورود به تحقیق شامل سالمندان دارای امتیاز بالاتر از ۲۱ در پرسشنامهٔ استاندارد وضعیت شناختی[1](MMSE)، سالمندان دارای اختلال عملکردی متوسط در آزمون بلند شدن و راه رفتن زمان‌دار[2](TUG)، توانایی راه رفتن مستقل، نداشتن سابقهٔ شکستگی در اندام تحتانی در یک سال گذشته، نداشتن آسیب‌های عصبی–عضلانی، نبود مشکلات ارتوپدی در شش ماه گذشته، نداشتن سابقهٔ جراحی در ناحیهٔ ران و زانو و عدم مصرف داروهای اعصاب بود (لو و همکاران، ۲۰۱۷؛ رحمانی و همکاران، ۲۰۲۰؛ عظیم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۸؛ حسین‌پور و همکاران، ۲۰۱۸). افراد واجد شرایط و داوطلب پس از تکمیل برگهٔ رضایت‌نامهٔ آگاهانه وارد پژوهش شدند و به‌صورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۶ نفر تمرین راه رفتن با تحریک موزون حسی- پیکری) و گروه کنترل (۱۳ نفر بدون هرگونه تمرین) تقسیم شدند. برای همگن کردن گروه‌ها از لحاظ وضعیت شناختی و عملکردی، از آزمون MMSE و آزمون TUG استفاده شد.

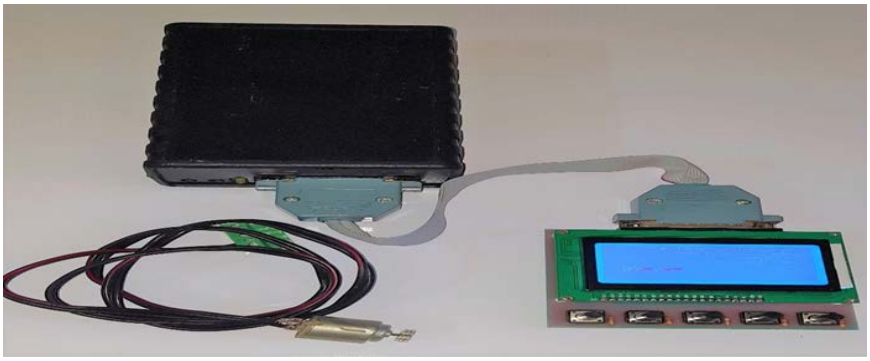
این پژوهش در کارگروه کمیتهٔ اخلاق در پژوهش دانشگاه مازندران به شناسهٔ IR.UMZ.REC.1401.045 تأیید شد.

روند اجرای پژوهش

در این تحقیق شرکت‌کنندگان گروه تجربی پس از اجرای پیش‌آزمون به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه (معمارمقدم و همکاران، ۲۰۱۸) تمرین راه رفتن با تحریک موزون حسی- پیکری را با استفاده از طراحی و ساخت یک سیستم میکروپروسسوری که قابلیت تنظیم میزان اعمال پالس از طریق ویبراتور به‌صورت موزون و قابلیت تنظیم قدرت ویبره را داشت و در ناحیهٔ مچ پا متصل می‌شد، انجام دادند (شکل ۱). پیش از شروع تمرینات و در اولین جلسهٔ تمرین پژوهشگر توضیحاتی دربارهٔ مدت زمان پژوهش و روش اجرای تمرینات به شرکت‌کنندگان ارائه داد و یک بار شیوهٔ اجرای تمرین را به‌منظور آشنایی به نمایش گذاشت. در ابتدای اولین جلسهٔ تمرین، پالس خروجی دستگاه ۱۰ درصد بالاتر از آهنگ ترجیحی راه رفتن برای هر شرکت‌کننده تنظیم شد. برای مشخص کردن آهنگ ترجیحی راه رفتن شرکت‌کنندگان از آزمون ۱۰ متر راه رفتن در سرعت ترجیحی استفاده شد (معمارمقدم و همکاران، ۲۰۱۸) . در این آزمون، شرکت‌کنندگان، مسیر ۱۰ متری را با سرعت ترجیحی طی کردند، تعداد قدم و زمان پیمودن مسافت مذکور ثبت و تعداد قدم‌های انجام‌شده در مدت زمان یک دقیقه به‌عنوان آهنگ ترجیحی راه رفتن هر شرکت‌کننده محاسبه شد. پس از تعیین آهنگ ترجیحی هر شرکت‌کننده، دستگاه با پالس ۱۰ درصد بالاتر از آهنگ ترجیحی راه رفتن برای هر شرکت‌کننده تنظیم شد و از هر شرکت‌کننده 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 راه رفتن پشت سر هم برای آنها دشوار بود، به بازه‌های زمانی کوچک‌تری تقسیم شود. در شروع هر هفته از هر شرکت‌کننده مجدداً آزمون ۱۰ متر راه رفتن در سرعت ترجیحی راه رفتن گرفته می‌شد و پژوهشگر اطمینان حاصل می‌کرد که پالس خروجی دستگاه برای هر شرکت‌کننده مطابق با آهنگ ترجیحی راه رفتن به‌علاوهٔ ۱۰ درصد است. از این‌رو در صورت تغییر آهنگ ترجیحی راه رفتن شرکت‌کنندگان پالس خروجی دستگاه متعاقباً تغییر می‌کرد (معمارمقدم و همکاران، ۲۰۱۸) . گروه کنترل بدون هرگونه تحریک تنها تمرین راه رفتن ساده را در همین بازهٔ زمانی انجام داد.

[1]. Mini-Mental State Examination

[2]. Timed Up and Go test



شکل ۱. اندازه‌گیری فعالیت عضلانی (EMG)

ابزار

برای جمع‌آوری اطلاعات، پس از پاک‌سازی پوست و تمیز کردن محل با الکل، الکترودهای دستگاه الکترومیوگراف[1](EMG) سطحی یک‌بار مصرف با فاصلهٔ مرکز به مرکز دو سانتی‌متری از مرکز 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 بر اساس روش اروپایی سنیام[2](SENIAM) انجام شد. داده‌های فعالیت EMG شرکت‌کنندگان طی ۲۰ متر راه رفتن در فضای خالی آزمایشگاه جمع‌آوری شد (شکل ۲) . پس از مقایسهٔ داده‌ها، دو روش برای نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شد. یک بار داده‌ها به اوج فعالیت خود (زاکارون و همکاران، ۲۰۱۶) و بار دیگر داده‌ها به فعالیت ارادی مرجع[3](RVC) نرمال شدند (لو و همکاران، ۲۰۱۷؛ یو و همکاران، ۲۰۱۵؛ جرچی و همکاران،۲۰۱۴). با توجه به الگوی بهتر داده‌های نرمال‌شده به اوج فعالیت در مقایسه با ادبیات پژوهشی، تصمیم گرفته شد از داده‌هایی که به اوج فعالیت نرمال شده‌اند، استفاده شود (سوزوکی و همکاران، ۲۰۱۹). این مراحل در دو نوبت 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

شکل ۲. دستگاه تحریک موزون حسی–پیکری

[1]. Electromyography

[2]. Surface Electro Myo Graphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles

[3]. Reference Voluntary Contraction

نرم‌افزار متلب (R2022b) شناسایی و سپس حذف شد. به‌منظور مقایسهٔ بهتر داده‌ها، گام‌ها به فازهای مختلف تقسیم شدند. هر گام شامل فاز پاسخ بارگیری (۰ تا ۱۰ درصد)، فاز سکون میانی (۱۱ تا ۳۰ درصد)، فاز پیشران (۳۱ تا ۶۰ درصد) و فاز نوسان (۶۱ تا ۱۰۰) است (توورپسلی و همکاران، ۲۰۱۶). برای محاسبهٔ میزان فعالیت عضلات از تحلیل پوشش خطی[1] استفاده شد. به‌گونه‌ای که پس از استخراج داده‌ها، در مرحلهٔ اول از داده‌ها قدر مطلق گرفته شد و سپس روی داده‌ها فیلتر پایین‌گذر ۵۰ هرتز اعمال شد (سیکر، ۲۰۱۴).

روش آماری

از آزمون شاپیروویک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لون[2] برای همگنی واریانس‌ها استفاده شد. از آنالیز کوواریانس (گروه [تجربی و کنترل] × زمان [پیش‌آزمون، پس‌آزمون]) برای مشاهدهٔ اثربخشی مداخلهٔ پژوهش استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس. پی اس. اس. نسخهٔ ۲۶ تجزیه‌وتحلیل شد.

یافته‌های پژوهش

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

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

گروه	میانگین سن (سال)	میانگین قد (سانتی‌متر)	میانگین جرم (کیلوگرم)	BMI (kg/m2)
کنترل	۷۱/۶۹ ± ۴/۵۱	۱۷۰/۶۱ ± ۴/۵۰	۷۱/۶۱ ± ۲/۸۴	۲۴/۶۶ ± ۱/۸۸
تجربی	۷۱/۷۵ ± ۵/۳۸	۱۶۲/۶۲ ± ۵/۷۱	۶۷/۱۸ ± ۵/۹۶	۲۵/۴۴ ± ۲/۴۰

Error! Reference source not found.جدول ۲ اطلاعات توصیفی میانگین فعالیت عضلات منتخب اندام تحتانی سالمندان در دو گروه کنترل و تجربی نسبت به اوج انقباض خود طی بازه‌های مختلف گام‌برداری، در دوره‌های زمانی پیش و پس‌آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۲. اطلاعات توصیفی فعالیت عضلات منتخب اندام تحتانی در گروه‌ها طی بازه‌های مختلف گام برداری در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون

مراحل چرخه گام	فعالیت عضلات (٪)	کنترل (میانگین ± انحراف استاندارد)	تجربی (میانگین ± انحراف استاندارد)	کنترل (میانگین ± انحراف استاندارد)	تجربی (میانگین ± انحراف استاندارد)
		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
پاسخ بارگیری (بازهٔ ۰ تا ۱۰ درصد)	پهن داخلی	۵۱/۷۳ ± ۱۲/۴۱	۵۷/۱۴ ± ۱۴/۰۰۵	۵۹/۲۷ ± ۸/۵۹	۵۸/۷۳ ± ۷/۹۵
	پهن خارجی	۵۶/۲۸ ± ۸/۸۸	۶۱/۲۲ ± ۸/۰۳	۶۵/۱۵ ± ۷/۹۰	۵۷/۹۸ ± ۸/۱۶
	نیم‌وتری	۳۹/۹۴ ± ۱۶/۷۰	۳۹/۴۱ ± ۱۶/۳۶	۵۱/۵۹ ± ۱۳/۷۱	۴۵/۳۶ ± ۱۲/۹۵
	دوسررانی	۴۱/۵۸ ± ۱۴/۶۶	۴۰/۶۵ ± ۱۶/۲۲	۴۶/۳۸ ± ۱۲/۸۴	۴۰/۶۹ ± ۱۳/۶۳
	ساقی قدامی	۳۶/۰۶ ± ۱۴/۶۸	۴۶/۷۲ ± ۷/۸۰۱	۳۷/۶۷ ± ۱۳/۵۶	۵۱/۲۱ ± ۱۰/۹۶

[1]. Linear envelope

[2]. Leven

	دوقلو	۱۱/۴۶ ± ۷/۰۳	۱۴/۸۲ ± ۷/۲۳	۱۷/۰۵ ± ۱۱/۱۰	۱۲/۳۰ ± ۵/۲۰
سکون میانی (بازه ۱۱تا ۳۰ درصد)	پهن داخلی	۳۷/۳۶ ± ۱۲/۳۸	۳۶/۴۶ ± ۱۴/۹۳	۳۵/۸۲ ± ۱۴/۵۳	۴۲/۳۶ ± ۱۲/۹۲
	پهن خارجی	۳۶/۱۸ ± ۱۲/۲۱	۳۷/۹۹ ± ۱۳/۱۹	۴۲/۹۰ ± ۱۲/۲۶	۴۳/۵۹ ± ۱۱/۰۰۲
	نیم‌وتری	۲۲/۰۳ ± ۱۱/۳۳	۳۰/۴۸ ± ۱۲/۰۹	۲۶/۹۲ ± ۱۱/۵۸	۲۵/۷۳ ± ۱۶/۸۸
	دوسررانی	۳۱/۱۱ ± ۱۶/۰۳	۲۳/۶۱ ± ۱۴/۷۷	۲۷/۴۸ ± ۱۶/۲۹	۲۴/۹۶ ± ۱۷/۷۱
	ساقی قدامی	۱۸/۳۰ ± ۱۱/۰۵	۱۴/۶۲ ± ۷/۱۳	۸/۱۴ ± ۵/۹۰	۱۳/۵۴ ± ۵/۲۲
	دوقلو	۲۲/۲۲ ± ۱۰/۵۲	۲۹/۵۸ ± ۱۰/۳۱	۲۲/۳۲ ± ۷/۴۷	۲۴/۱۳ ± ۸/۵۵
پیشران (۳۱ تا ۶۰ درصد)	پهن داخلی	۱۸/۶۳ ± ۹/۱۳	۱۵/۵۴ ± ۹/۹۰	۱۴/۹۴ ± ۱۳/۲۶	۱۲/۹۸ ± ۹/۱۸
	پهن خارجی	۱۳/۶۶ ± ۴/۱۹	۱۲/۳۹ ± ۹/۱۴	۱۴/۹۳ ± ۹/۱۹	۱۱/۷۸ ± ۵/۵۶
	نیم‌وتری	۱۰/۸۷ ± ۷/۹۲	۱۰/۲۲ ± ۹/۰۶	۸/۵۰ ± ۷/۰۶	۱۱/۶۹ ± ۱۲/۹۳
	دوسررانی	۱۴/۵۷ ± ۶/۹۶	۱۰/۲۶ ± ۱۱/۳۱	۸/۳۱ ± ۶/۸۴	۷/۴۸ ± ۵/۸۸
	ساقی قدامی	۲۴/۴۶ ± ۱۲/۰۵	۱۳/۴۶ ± ۵/۰۸	۱۶/۹۹ ± ۷/۷۷	۱۱/۲۶ ± ۵/۸۶
	دوقلو	۲۹/۲۰ ± ۶/۶۲	۳۳/۸۳ ± ۹/۲۶	۳۶/۴۳ ± ۴/۶۲	۴۲/۵۴ ± ۵/۹۹
نوسان (بازهٔ ۶۱ تا ۱۰۰درصد)	پهن داخلی	۱۰/۸۷ ± ۳/۸۰	۱۴/۵۰ ± ۵/۷۱	۱۲/۶۶ ± ۷/۰۱	۸/۷۶ ± ۶/۲۳
	پهن خارجی	۱۴/۷۳ ± ۶/۵۰	۱۲/۴۶ ± ۵/۳۱	۱۰/۹۷ ± ۳/۲۱	۷/۷۰ ± ۳/۲۲
	نیم وتری	۲۵/۶۶ ± ۹/۵۷	۲۲/۱۷ ± ۷/۲۶	۲۰/۸۹ ± ۶/۹۰	۲۱/۹۵ ± ۴/۹۱
	دوسررانی	۲۱/۹۵ ± ۶/۳۹	۲۴/۵۵ ± ۵/۵۸	۲۰/۴۰ ± ۶/۴۳	۱۹/۹۵ ± ۴/۴۲
	ساقی قدامی	۳۳/۶۶ ± ۱۰/۰۴	۳۴/۹۴ ± ۹/۵۲	۳۳/۳۲ ± ۱۶/۰۵	۲۹/۶۹ ± ۱۰/۹۷
	دوقلو	۷/۳۸ ± ۵/۵۳	۱۵/۶۸ ± ۹/۲۸	۱۵/۵۰۸ ± ۹/۶۵	۱۳/۹۳ ± ۹/۶۶

در (جدول) نتایج حاصل از آزمون کوواریانس میانگین فعالیت عضلات پهن داخلی، پهن خارجی، نیم‌وتری، دوسررانی، ساقی- قدامی و دوقلو در بازه‌های مختلف چرخهٔ گام‌برداری تحت تأثیر مداخلهٔ پژوهش و مقادیر P گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که عضلهٔ پهن خارجی با کاهش در فعالیت خود با مقدار اثر ۱۶درصد (P=۰/۰۳۳) و ساقی- قدامی با افزایش در فعالیت، با مقدار اثر ۲۲ درصد (P=۰/۰۱۱)، در مرحلهٔ پاسخ بارگیری تغییر معناداری داشته‌اند. در ادامه عضلهٔ ساقی- قدامی با مقدار اثر ۱۹ درصد در مرحلهٔ سکون میانی افزایش معناداری در فعالیت خود داشته است (P=۰/۰۱۸). در مرحلهٔ پیشران تنها عضلهٔ دوقلو با افزایش در فعالیت خود، با مقدار اثر ۲۳ درصد اثر معناداری نشان داد (P=۰/۰۱۱). در مرحلهٔ نوسان، فعالیت عضلهٔ پهن خارجی با مقدار اثر ۲۱ درصد کاهش معناداری در فعالیت خود نشان داد (P=۰/۰۱۸).

جدول ۳. نتایج آزمون کوواریانس؛ میانگین فعالیت عضلات در بازه‌های مختلف چرخهٔ گام‌برداری، الف)۰ تا ۱۰ درصد مرحلهٔ پاسخ بارگیری، ب) ۱۱ تا ۳۰ درصد مرحلهٔ سکون میانی، ج) ۳۱ تا ۶۰ درصد مرحلهٔ پیشران و ت) ۶۱ تا ۱۰۰ درصد مرحلهٔ نوسان

مراحل چرخهٔ گام	عضلات	مقدار F	مقادیر p	اندازهٔ اثر (ضریب اتا)
پاسخ بارگیری	پهن داخلی	۰/۰۲۷	۰/۸۷۲	۰/۰۰۱
	پهن خارجی	۵/۰۷۸	۰/۰۳۳*	۰/۱۶۳
	نیم‌وتری	۱/۶۶	۰/۲۰۸	۰/۰۶۰
	دوسر رانی	۱/۲۸۵	۰/۲۶۷	۰/۰۴۷
	ساقی قدامی	۷/۴۶	۰/۰۱۱*	۰/۲۲۳
	دوقلو	۱/۸۴۷	۰/۱۸۶	۰/۰۶۹
سکون میانی	پهن داخلی	۱/۷۷	۰/۱۹۵	۰/۰۶۴
	پهن خارجی	۰/۰۲۷	۰/۸۷۱	۰/۰۰۱
	نیم‌وتری	۰/۴۱	۰/۸۴۲	۰/۰۰۲
	دوسر رانی	۰/۱۴۳	۰/۷۰۹	۰/۰۰۵
	ساقی قدامی	۶/۳۲۵	۰/۰۱۸*	۰/۱۹۶
	دوقلو	۰/۳۰۷	۰/۵۸۵	۰/۰۱۲
پیشران	پهن داخلی	۰/۱۹۷	۰/۶۶۱	۰/۰۰۸
	پهن خارجی	۱/۱۶۷	۰/۲۹۰	۰/۰۴۵
	نیم‌وتری	۰/۵۸۳	۰/۴۵۲	۰/۰۲۳
	دوسر رانی	۰/۰۹۵	۰/۷۶۱	۰/۰۰۴
	ساقی قدامی	۳/۵۴۷	۰/۰۷۱	۰/۱۲۰
	دوقلو	۷/۴۹۳	۰/۰۱۱*	۰/۲۳۱
نوسان	پهن داخلی	۱/۹۲۴	۰/۱۷۸	۰/۰۷۴
	پهن خارجی	۶/۵۰۴	۰/۰۱۸*	۰/۲۱۳
	نیم‌وتری	۰/۲۲۱	۰/۶۴۲	۰/۰۰۸
	دوسر رانی	۰/۰۴۵	۰/۸۳۳	۰/۰۰۳
	ساقی قدامی	۰/۵۹۲	۰/۴۴۹	۰/۰۲۲
	دوقلو	۰/۱۱۸	۰/۷۳۴	۰/۰۰۵

* سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد طی مرحلهٔ پاسخ بارگیری فعالیت عضلهٔ پهن خارجی کاهش معنادار و فعالیت عضلهٔ ساقی–قدامی افزایش معناداری یافته است. این موضوع می‌تواند به عملکرد بهتر زانو و حفظ ثبات مچ پا و همچنین پایداری و هدایت پا به مرحلهٔ بعدی کمک کند. در مرحلهٔ سکون میانی عضلهٔ ساقی– قدامی فعالیت خود را افزایش معناداری داده، در واقع فعالیت خود را با توجه به بار وارده تنظیم کرده است. طی مرحلهٔ پیشران فعالیت عضلهٔ دوقلو افزایش معناداری از خود نشان داد، این افزایش فعالیت عضله تأثیر مستقیمی در خم شدن زانو و پلانتارفلکشن مچ پا دارد. می‌توان گفت که طی این مرحله وظیفهٔ ثبات و عملکرد بهتر مفاصل زانو و مچ پا بر عهدهٔ عضلهٔ دوقلوست. در ادامهٔ حرکت طی مرحلهٔ نوسان فعالیت عضله پهن خارجی روند کاهشی زیادی را به‌دنبال دارد، این عملکرد کاهشی می‌تواند به‌علت افزایش کارایی عملکرد باشد (مساد[1] و همکاران، ۲۰۱۰). در همین زمینه مسا و همکاران به بررسی کاهش هزینهٔ انرژی راه رفتن

[1]. Massaad

همی‌پارتیک با استفاده از بازخورد در پایین نگه‌داشتن مرکز ثقل پرداختند و مشاهده کردند که پس از یک دورهٔ درمانی ارتفاع مرکز ثقل و به‌دنبال آن انرژی مصرفی در اندام طی فعالیت کاهش یافت و فعالیت عضلات چهارسر ران پس از تمرین بازخورد کلامی به‌دلیل افزایش کارایی عملکرد ۱۵ درصد کاهش یافت، ولی در هم‌انقباضی تغییری مشاهده نکردند.در این پژوهش فعالیت عضلهٔ پهن خارجی کاهش یافت که می‌تواند نتیجهٔ تمرینات مداخله‌ای که موجب عملکرد بهتر به‌دلیل کاهش مصرف انرژی در این عضله می‌شود، باشد. یافته‌های پژوهش حاضر افزایش معنادار فعالیت عضلهٔ ساقی–قدامی و دوقلو پس از دوره تمرین را نشان می‌دهد. نقش عضلهٔ ساقی–قدامی در کنترل و کشیدن ساق پا به سمت جلوست، افزایش فعالیت عضلهٔ ساقی— قدامی طی مرحلهٔ پاسخ بارگیری و سکون میانی، موجب شده تا عضلهٔ چهارسر فعالیت کاهشی را طی این مراحل نشان دهد، در واقع موجب بهینه‌تر شدن عملکرد در راه رفتن شده است، به این دلیل که عضلهٔ ساقی–قدامی مقدار مصرف انرژی را افزایش داده، در مقابل به‌علت جبران کار توسط این عضله مصرف انرژی عضلهٔ پهن خارجی کاهش یافته است (مساد و همکاران، ۲۰۱۰)

پژوهشی دیگر نشان داد که فعالیت عضلات پلانتارفلکسور (عضلات دوقلو و نعلی) در سالمندان با افزایش سرعت راه رفتن به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. بر اساس تحقیقات انجام‌شده، فعالیت پلانتارفلکسورهای سالمندان بیشتر از جوانان تحت تأثیر سرعت قرار می‌گیرد. عامل سرعت بیشتر از عامل سن، تأثیر بیشتری بر فعالیت عضلات پایین بدن دارد و ترکیب این دو عامل با هم، تأثیرات بزرگ‌تری را ایجاد می‌کند (هورتبگی[1] و همکاران ۲۰۰۹؛ پترسون[2] و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه آزمودنی‌های تحقیق ما تحت تأثیر افزایش ۱۰ درصدی سرعت تمرینات موزون حسی–پیکری در هر هفته قرار گرفتند، این موضوع شاید دلیل افزایش فعالیت عضلات ساقی –قدامی و دوقلو باشد. همچنین افزایش فعالیت عضلهٔ دوقلو طی مرحلهٔ پیشران، برای پایداری مچ پا از دلایل دیگری است که باید به آن توجه کرد (مساد و همکاران، ۲۰۱۰؛ اشمیت[3] و همکاران، ۲۰۰۹). عضله ساقی– قدامی در مرحله پاسخ بارگیری و سکون میانی و عضله دوقلو طی مرحله پیشران انقباض بیشتری پس از تمرین نشان دادند، این افزایش فعالیت طی این مراحل به کنترل پلانتار فلکشن و پایداری مچ پا می‌تواند کمک کند (دی ندرو[4] و همکاران، ۲۰۱۵). محققان در پژوهش دیگری به بررسی تأثیر تحریک ارتعاشی مبتنی بر پاسخ قشر حسی–حرکتی در بالا رفتن از پله توسط سالمندان از طریق اندازه‌گیری زاویهٔ مفاصل و فعالیت عضلات پرداختند. کو بیان می‌کند ویژگی‌های بیومکانیکی مفاصل ران و مچ پا برای جبران کار مفصل زانو ایجاد شد و مفصل مچ پا از طریق انتقال انرژی از مفصل زانو به مفصل مچ پا از نظر عملکردی بهبود یافت (کو[5] و همکاران، ۲۰۲۱) . سازوکار اثر تحریکات نشان می‌دهد که تحریک ارتعاشی مبتنی بر پاسخ قشر حسی حرکتی در کمک به حرکت افراد مسن مؤثر است، که این نتیجه می‌تواند به سازوکار اثر تحریکات پژوهش ما و پاسخ مغز نسبت به این مداخلات نزدیک باشد.

بوک[6] و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تغییرات قدرت و دامنهٔ حرکتی مچ پا با افزایش سن و اینکه قدرت یا دامنهٔ حرکتی مچ پا به تعادل کمک می‌کند، پرداختند. ثبات، فعالیت پلانتارفلکسور مچ پا و دامنهٔ حرکتی اورژن در سه گروه با دامنهٔ سنی متفاوت در اثر افزایش سن کاهش یافت. علاوه بر این، قدرت پلانتارفلکسور مچ پا و دامنهٔ حرکتی اورژن به‌طور شایان توجهی با ثبات تعادل در ارتباط است (بوک و همکاران، ۲۰۱۳). یافته‌های ما نشان می‌دهد عملکرد عضلهٔ دوقلو طی مرحلهٔ پیشران متعاقب تمرین افزایش یافت، با توجه به نتایج تحقیق بوک و همکاران شاید بتوان افزایش فعالیت این عضله را مثبت و در راستای بهبود تعادل سالمندان تلقی کرد.

---

1. Hortobágyi
2. Peterson
3. Schmitz
4. Di Nardo
5. Ko
6Bok

سازوکار اصلی مداخلات حسی در تمرین راه رفتن این‌گونه است که از طریق همزمان شدن این علائم موزون و حرکت، روی سیستم عصبی مرکزی اثر می‌گذارد و نواحی حرکتی مختلفی از مغز شامل قشر جلو مغز[1] ناحیهٔ حرکتی اولیه[2] ناحیهٔ پیش‌حرکتی[3] ناحیهٔ مکمل حرکتی (SMA)[4] قشر عقده‌های قاعده‌ای[5] و مخچه[6] را درگیر می‌کند (نومبلا[7] و همکاران، ۲۰۱۳؛ فاول کنر[8] و همکاران، ۲۰۰۷؛ اف جل[9] و همکاران، ۲۰۱۴)، فعال‌سازی نواحی مختلف حرکتی مغز موجب بهبود فعال‌سازی عضلانی شده و به کنترل حرکتی بهتر منجر می‌شود (فاول کنر و همکاران، ۲۰۰۷؛ اف جل و همکاران، ۲۰۱۴؛ ویس کورای و همکاران، ۲۰۱۶؛ نایت و همکاران، ۲۰۱۷). علاوه بر این، تحریکات حسی پیکری، حس عمقی عضلات را درگیر کرده و نوسانات فیزیولوژیک عصبی را تعدیل می‌کند و تحریک‌پذیری قشر حسی حرکتی اولیه را افزایش می‌دهد (لوپز و همکاران، ۲۰۱۷) و همچنین می‌تواند روی شبکهٔ عصبی از طریق تحریک گیرنده‌های حسی در ساختارهایی همچون پوست، عضلانی‌تاندونی و مفصلی اثر بگذارد (اکبری و همکاران، ۲۰۱۴؛ کوو همکاران، ۲۰۲۱). این علائم از طریق هدایت توجه به بیرون موجب بهبود راه رفتن می‌شوند زیرا در این شرایط بار کمتری بر منابع توجهی یا حافظهٔ کاری اعمال می‌شود، چراکه اجراکننده تنها یک منبع از اطلاعات آنچه نسبت به اجراکنندهٔ بیرونی است را پردازش می‌کند و در نتیجه به اجرای بهتر حرکت منجر می‌شود (معمارمقدم و همکاران، ۲۰۱۸).

تغییرات مشاهده‌شده در فعالیت بعضی عضلات در تحقیق ما می‌تواند اثر این مداخلات را در جهت بهبود اختلالات عصب‌شناختی گزارش کند. از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم کنترل الگوی تغذیه، الگوی فعالیت روزمره و استراحت سالمندان، عدم همسانی و تشابه وضعیت اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و بهداشتی سالمندان و عدم کنترل مشکلات روحی روانی، خصوصیات خانوادگی و سطح انگیزش سالمندان اشاره کرد. به‌نظر می‌رسد اگر دوره تمرین به مدت طولانی اعمال یا حتی در طول روز این تمرینات انجام شود، می‌توان شاهد آثار بهتر بر فعالیت عضلات از طریق بهبود مسیرهای حرکتی در واحدهای عضلانی و همچنین بهبود در مسیرهای عصب‌شناختی بود.

نتایج نشان داد فعالیت عضلات پهن خارجی، ساقی- قدامی و دوقلو تحت تأثیر هشت هفته تمرین با تحریکات موزون حسی-پیکری تغییر معناداری در جهت بهبود عملکرد راه رفتن دارند. فعالیت عضلهٔ دوقلو در اثر تمرین افزایش پیدا کرد که ممکن است به بهبود دینامیک مفاصل مچ پا و زانو کمک کرده باشد. افزایش فعالیت عضلهٔ ساقی-قدامی در نیمهٔ ابتدایی مرحلهٔ استقرار احتمالاً به افزایش ثبات مچ پا و کاهش بارگیری زانو از طریق کاهش فعالیت عضلهٔ پهن خارجی منجر شده است. این تغییرات نشان می‌دهند که تمرینات موزون حسی-پیکری می‌توانند به‌عنوان روشی سودمند در بهبود گام‌برداری سالمندان لحاظ شوند.

تقدیر و تشکر

از تمامی سالمندان عزیزی که در این تحقیق با ما همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

1. Prefrontal cortex
2. Primary motor area
3. Premotor area
4. Supplementary motor area
5. Basal ganglia
6. Cerebellum
7. Nombela
8. Faulkner
9. Fjell

References

Akbari, Asian, & Farimah. (2014). Comparing the effects of static and vibration stretching exercises on postural stability indices in healthy women. *Scientific Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, *13*(1), 27-40. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17353165.1393.13.1.4.5 (In Persian)

Arakawa, T., Otani, T., Kobayashi, Y., & Tanaka, M. (2021). 2-D forward dynamics simulation of gait adaptation to muscle weakness in elderly gait. *Gait & Posture*, *85*, 71-77. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.01.011

Ashoori, A., Eagleman, D. M., & Jankovic, J. (2015). Effects of auditory rhythm and music on gait disturbances in Parkinson's disease. *Frontiers in neurology*, *6*, 169297. https://doi.org/10.3389/fneur.2015.00234

Azadian, E, Taheri Torbati, H, Saberi Kakhki, A. (2016). Muscular activity of elderly people with impaired balance in walking with dual task. *Sports Biomechanics Quarterly*, *2*(2), 5-15. (In Persian)

Azim Zadeh, Faqihi, Ghasemi, & Abdullah. (2018). The effect of dual task training on the balance of elderly women: with the approach of cognitive and motor tasks. *Research in sports management and movement behavior*, *8*(15), 103-110. http://dx.doi.org/10.29252/JRSM.8.15.103 (In Persian)

Benjuya, N., Melzer, I., & Kaplanski, J. (2004). Aging-induced shifts from a reliance on sensory input to muscle cocontraction during balanced standing. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *59*(2), M166-M171. https://doi.org/10.1093/gerona/59.2.M166

Bok, S. K., Lee, T. H., & Lee, S. S. (2013). The effects of changes of ankle strength and range of motion according to aging on balance. *Annals of rehabilitation medicine*, *37*(1), 10. https://doi.org/10.5535/arm.2013.37.1.10

Cruz-Jimenez, M. (2017). Normal changes in gait and mobility problems in the elderly. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, *28*(4), 713-725. https://doi.org/10.1016/j.pmr.2017.06.005

Di Nardo, F., Mengarelli, A., Maranesi, E., Burattini, L., & Fioretti, S. (2015). Assessment of the ankle muscle co-contraction during normal gait: A surface electromyography study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *25*(2), 347-354. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.10.016

Faulkner, J. A., Larkin, L. M., Claflin, D. R., & Brooks, S. V. (2007). Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, *34*(11), 1091-1096. https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x

Fjell, A. M., McEvoy, L., Holland, D., Dale, A. M., Walhovd, K. B., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2014). What is normal in normal aging? Effects of aging, amyloid and Alzheimer's disease on the cerebral cortex and the hippocampus. *Progress in neurobiology*, *117*, 20-40. https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2014.02.004

Gonzalez-Hoelling, S., Bertran-Noguer, C., Reig-Garcia, G., & Suñer-Soler, R. (2021). Effects of a music-based rhythmic auditory stimulation on gait and balance in subacute stroke. *International journal of environmental research and public health*, *18*(4), 2032. https://doi.org/10.3390/ijerph18042032

Guizelini, P. C., de Aguiar, R. A., Denadai, B. S., Caputo, F., & Greco, C. C. (2018). Effect of resistance training on muscle strength and rate of force development in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, *102*, 51-58. https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.11.020

Hortobágyi, T., Solnik, S., Gruber, A., Rider, P., Steinweg, K., Helseth, J., & DeVita, P. (2009). Interaction between age and gait velocity in the amplitude and timing of antagonist muscle coactivation. *Gait & posture*, *29*(4), 558-564. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.12.007

Hosseini, S. S. , Rostamkhany, H. , Naghiloo, Z. & lotfi, N. (2010). The effects of balance, mental and concurrent training on balance in healthy older males. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, *6*(2), -. https://doi.org/10.22122/jrrs.v6i2.133 (In Persian)

Hosseinpour, S., Behpour, N., Tadibi, V. & Ramezankhani, A. (2018). The effect of cognitive motor exercises on physical and cognitive health status in the elderly. *Iranian Journal of Health Education and Health Promotion*, *5*(4), 336-344. (In Persian)

Jarchi, D., Wong, C., Kwasnicki, R. M., Heller, B., Tew, G. A., & Yang, G. Z. (2014). Gait parameter estimation from a miniaturized ear-worn sensor using singular spectrum analysis and longest common subsequence. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *61*(4), 1261-1273. https://doi.org/10.1109/TBME.2014.2299772

Khodavisi, H., Anbarian, M., & Khodavisi, M. (2016). Comparison of the electromyographic activity pattern of biceps knee muscles between the young and the elderly at different walking speeds. *Jrehab*, *16* (4) :324-333. (In Persian)

Knight, J., & Nigam, Y. (2017). Anatomy and physiology of ageing 5: the nervous system. *Nursing times*, *113*(6), 55-58. http://cronfa.swan.ac.uk/Record/cronfa35708

Ko, S., Kwak, K., Pomrop, M., & Kim, D. (2021). Vibratory Somatosensory Stimulus Improves Neuromechanical Task of Stair Climbing by the Elderly. *Sensors & Materials*, *33*. https://doi.org/10.18494/SAM.2021.3354

Lee, D. K., Kim, J. S., Kim, T. H., & Oh, J. S. (2015). Comparison of the electromyographic activity of the tibialis anterior and gastrocnemius in stroke patients and healthy subjects during squat exercise. *Journal of physical therapy science*, *27*(1), 247-249. https://doi.org/10.1589/jpts.27.247

Lo, J., Lo, O. Y., Olson, E. A., Habtemariam, D., Iloputaife, I., Gagnon, M. M., ... & Lipsitz, L. A. (2017). Functional implications of muscle co-contraction during gait in advanced age. *Gait & posture*, *53*, 110-114. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.01.010

Lopez, S., Bini, F., Del Percio, C., Marinozzi, F., Celletti, C., Suppa, A., ... & Babiloni, C. (2017). Electroencephalographic sensorimotor rhythms are modulated in the acute phase following focal vibration in healthy subjects. *Neuroscience*, *352*, 236-248. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.03.015

Massaad, F., Lejeune, T. M., & Detrembleur, C. (2010). Reducing the energy cost of hemiparetic gait using center of mass feedback: a pilot study. *Neurorehabilitation and neural repair*, *24*(4), 338-347.https://doi.org/10.1177/1545968309349927

McKhann, G. M., Knopman, D. S., Chertkow, H., Hyman, B. T., Jack Jr, C. R., Kawas, C. H., ... & Phelps, C. H. (2011). The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimer's & dementia*, *7*(3), 263-269. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.03.005

Memarmoghadam, & Shahraki. (2018). The effect of auditory rhythmic stimulation during walking exercise on the kinematic indicators of stepping in patients with multiple sclerosis. *Motor Behavior*, *10*(33), 149-164. https://doi.org/10.22089/mbj.2018.5582.1649 (In Persian)

Nied, R. J., & Franklin, B. (2002). Promoting and prescribing exercise for the elderly. *American family physician*, *65*(3), 419-427. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11858624/

Nombela, C., Hughes, L. E., Owen, A. M., & Grahn, J. A. (2013). Into the groove: can rhythm influence Parkinson's disease?. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *37*(10), 2564-2570. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.08.003

Norasteh. A,, Zarei. H.& Pour Mahmoodian, P. (2017). Investigating the role of muscle strength and range of motion of the lower limbs in elderly falls: a systematic review. *Journal of Gerontology*, *2*(2), 76-89. http://joge.ir/article-1-158-en.html(In Persian)

Paróczai, R., Bejek, Z., & Illyés, Á. (2005). Kinematic and kinetic parameters of healthy elderly people. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, *49*(1), 63-70. https://pp.bme.hu/me/article/view/1342/746

Peterson, D. S., & Martin, P. E. (2010). Effects of age and walking speed on coactivation and cost of walking in healthy adults. *Gait & posture*, *31*(3), 355-359. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.12.005

Pongmala, C., Suputtitada, A., & Sriyuthsak, M. (2010, April). The study of cueing devices by using visual, auditory and somatosensory stimuli for improving gait in Parkinson patients. In *2010 International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology* (pp. 185-189). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICBBT.2010.5478983

Rahmani, M., Darvishpour, A., pourghane, P.& Atrkarroushan, Z. (2020). The use of MoCA, MMSE and AMTs tests in diagnosing the cognitive status of the elderly undergoing hemodialysis in the medical centers of Gilan University of Medical Sciences in 2019. *joge* , *5* (3) :64-76 . (In Persian)

Rughwani, N. (2011). Normal anatomic and physiologic changes with aging and related disease outcomes: a refresher. *Mount Sinai Journal of Medicine: A Journal of Translational and Personalized Medicine*, *78*(4), 509-514. https://doi.org/10.1002/msj.20271

Schmitz, A., Silder, A., Heiderscheit, B., Mahoney, J., & Thelen, D. G. (2009). Differences in lower-extremity muscular activation during walking between healthy older and young adults. *Journal of electromyography and kinesiology*, *19*(6), 1085-1091. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.10.008

Sekir, U. (2014). Research methods in biomechanics. *Journal of Sports Science and Medicine*, *13*(1), i-i.

Song, G. B., & Ryu, H. J. (2016). Effects of gait training with rhythmic auditory stimulation on gait ability in stroke patients. *Journal of physical therapy science*, *28*(5), 1403-1406. https://doi.org/10.1589/jpts.28.1403

Sugaono, H., & Tecchio, J. K. (2020). Exercises training program: It's Effect on Muscle strength and Activity of daily living among elderly people. *Nursing and Midwifery*, *1*(01), 19-23. https://doi.org/10.52845/nm/1.1.5

Suzuki, K., Niitsu, M., Kamo, T., Otake, S., & Nishida, Y. (2019). Effect of exercise with rhythmic auditory stimulation on muscle coordination and gait stability in patients with diabetic peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *Open Journal of Therapy and Rehabilitation*, *7*(3), 79-91. https://doi.org/10.4236/ojtr.2019.73005

Torricelli, D., Gonzalez, J., Weckx, M., Jiménez-Fabián, R., Vanderborght, B., Sartori, M., ... & Pons, J. L. (2016). Human-like compliant locomotion: state of the art of robotic implementations. *Bioinspiration & biomimetics*, *11*(5), 051002. http://dx.doi.org/10.1088/1748-3190/11/5/051002

van Wegen, E., de Goede, C., Lim, I., Rietberg, M., Nieuwboer, A., Willems, A., ... & Kwakkel, G. (2006). The effect of rhythmic somatosensory cueing on gait in patients with Parkinson's disease. *Journal of the neurological sciences*, *248*(1-2), 210-214. https://doi.org/10.1016/j.jns.2006.05.034

Wyss-Coray, T. (2016). Ageing, neurodegeneration and brain rejuvenation. *Nature*, *539*(7628), 180-186. https://doi.org/10.1038/nature20411

Yu, L., Zhang, Q., Hu, C., Huang, Q., Ye, M., & Li, D. (2015). 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*, *27*(2), 485-487. https://doi.org/10.1589/jpts.27.485

Zacaron, K. A. M., Dias, J. M. D., Alencar, M. A., Almeida, L. L. D., Alberto Mourão-Júnior, C., & Dias, R. C. (2016). Electromyographic normalization of vastus lateralis and biceps femoris co-contraction during gait of elderly females. *Fisioterapia em Movimento*, *29*, 787-794. http://dx.doi.org/10.1590/1980-5918.029.004.AO15