

Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: The Effects of Practice Under OPTIMAL Conditions on the Perceptual Costs of Movement in Older Adults: Changes in Movement Self-Consciousness, Mental Effort, and Physical Fatigue

Authors: Zahra Khalaji¹, Hamid Salehi^{1,*}

1. *Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.*

***Corresponding Author:** Hamid Salehi, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: Salehi@spr.ui.ac.ir

To appear in: **Salmand: Iranian Journal of Ageing**

Received date: 2026/05/02

Revised date: 2026/07/13

Accepted date: 2026/07/22

First Online Published: 2026/07/26

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Salmand: Iranian Journal of Ageing provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

Khalaji Z, Salehi H. [The Effects of Practice Under OPTIMAL Conditions on the Perceptual Costs of Movement in Older Adults: Changes in Movement Self-Consciousness, Mental Effort, and Physical Fatigue (Persian)]. Salmand: Iranian Journal of Ageing. Forthcoming 2026. Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2026.438.2>

Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2026.438.2>

نسخه پذیرفته‌شده پیش از انتشار

عنوان: تأثیر تمرین در شرایط اپتیمال بر هزینه‌های ادراکی حرکت سالمندان: تغییرات خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی جسمانی

نویسندگان: زهرا خلجی^۱، حمید صالحی^{۱*}

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

***نویسنده مسئول:** حمید صالحی، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. ایمیل: Salehi@spr.ui.ac.ir

نشریه: سالمند: مجله سالمندی ایران

تاریخ دریافت: 1405/02/12

تاریخ ویرایش: 1405/04/22

تاریخ پذیرش: 1405/04/31

این نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرایند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرایند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه سالمند گزینه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرایند آماده‌سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیطه مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این‌گونه استناد شود:

Khalaji Z, Salehi H. [The Effects of Practice Under OPTIMAL Conditions on the Perceptual Costs of Movement in Older Adults: Changes in Movement Self-Consciousness, Mental Effort, and Physical Fatigue (Persian)]. Salmand: Iranian Journal of Ageing. Forthcoming 2026. Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2026.438.2>

Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2026.438.2>

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Abstract

Background and Objectives: Despite extensive evidence supporting the benefits of physical exercise for older adults, the role of motivational and attentional conditions during practice in shaping their perceptual experience has received limited attention. This study aimed to examine the effects of implementing OPTIMAL practice conditions on perceived costs of movement in older adults, including movement self-consciousness, mental effort, and perceived physical fatigue.

Methods: In this randomized controlled trial conducted in Autumn 2025 at the Mohammad Amin Charity Institute in Isfahan, Iran, 50 older women (Mage = 67.19 ± 4.45 years) were randomly assigned to either an OPTIMAL exercise group or a control group. Both groups participated in an eight-week short-stick exercise program for fall prevention, consisting of three sessions per week. The OPTIMAL group practiced under conditions based on the OPTIMAL theory, including autonomy support, enhanced expectancies, and an external focus of attention, whereas the control group performed the same exercises under conventional instructional conditions. Movement self-consciousness, mental effort, and perceived fatigue were assessed at the end of the first and twenty-fourth training sessions.

Results: At the end of the intervention, the OPTIMAL group demonstrated lower levels of movement self-consciousness (3.76 ± 0.22 vs. 4.61 ± 0.26), mental effort (45.20 ± 14.47 vs. 55.20 ± 14.75), and perceived fatigue (3.52 ± 0.51 vs. 5.28 ± 0.54) compared with the control group. Moreover, reductions in these variables across the training period were significantly greater in the OPTIMAL group than in the control group ($p < 0.05$).

Conclusion: Optimizing the motivational-attentional conditions of exercise can reduce the perceived costs associated with movement execution in older adults and may offer a practical strategy for enhancing the exercise experience in fall-prevention programs.

Keywords: Motivation; Attention; Aging; OPTIMAL Theory; Physical Exercise

چکیده

هدف: با وجود شواهد فراوان درباره فواید تمرینات جسمانی برای سالمندان، نقش شرایط انگیزشی و توجهی حاکم بر تمرین در تجربه ادراکی آنان کمتر بررسی شده است. این پژوهش با هدف تعیین اثر به کارگیری شرایط اپتیمال حین اجرای یک برنامه تمرینی بر هزینه‌های ادراکی سالمندان، شامل خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی جسمانی ادراک شده انجام شد.

روش‌شناسی: در این کارآزمایی تصادفی کنترل شده، که در پاییز ۱۴۰۴ در مؤسسه خیریه محمد امین اصفهان انجام شد، ۵۰ زن سالمند ($67/19 \pm 4/45$ ساله) به صورت تصادفی در دو گروه تمرین اپتیمال و کنترل قرار گرفتند. هر دو گروه به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته، در یک برنامه تمرینات چوب کوتاه شرکت کردند. در گروه اپتیمال، اصول نظریه اپتیمال شامل حمایت از خودمختاری، تقویت انتظار موفقیت و هدایت توجه بیرونی اعمال شد؛ گروه کنترل تمرینات مشابه را تحت شرایط مرسوم دریافت کرد. خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی در پایان جلسات اول و بیست و چهارم سنجیده شد.

یافته‌ها: در پایان دوره تمرین، گروه اپتیمال نسبت به گروه کنترل سطوح پایین‌تری از خودآگاهی حرکتی ($3/76 \pm 0/22$) در برابر $45/20 \pm 14/47$ تلاش ذهنی ($45/20 \pm 14/47$) در برابر $55/20 \pm 14/75$ و خستگی جسمانی ادراک شده ($3/52 \pm 0/51$) در برابر $5/28 \pm 0/54$ نشان داد. کاهش این متغیرها در طول دوره تمرین در گروه اپتیمال بیشتر از گروه کنترل بود. ($p > 0/05$)

نتیجه‌گیری: بهینه‌سازی شرایط انگیزشی توجهی تمرین می‌تواند هزینه‌های ادراکی مرتبط با اجرای حرکت را در سالمندان کاهش دهد و راهبردی کاربردی برای ارتقای تجربه تمرینی در برنامه‌های تمرینی فراهم آورد.

کلیدواژه‌ها: انگیزش؛ توجه؛ سالمندی؛ نظریه اپتیمال؛ تمرین جسمانی

سالمندی با تغییرات تدریجی در سامانه‌های جسمانی، شناختی و ادراکی همراه است که می‌توانند اجرای فعالیت‌های حرکتی را دشوارتر و پرهزینه‌تر سازند. در نتیجه، سالمندان هنگام انجام تکالیف حرکتی نه تنها با محدودیت‌های عملکردی بیشتری مواجه می‌شوند، بلکه اغلب سطوح بالاتری از خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی را نیز تجربه می‌کنند [۲، ۳]. این متغیرها بازتابی از ابعاد مختلف تجربه ذهنی فرد از اجرای حرکت هستند و می‌توانند بر کیفیت عملکرد، میزان مشارکت در فعالیت بدنی و تداوم حضور در برنامه‌های تمرینی اثرگذار باشند. از این‌رو، شناسایی عواملی که بتوانند هزینه‌های شناختی-ادراکی مرتبط با اجرای حرکت را کاهش دهند، از منظر ارتقای تجربه تمرینی و افزایش اثربخشی مداخله‌های حرکتی در سالمندان اهمیت ویژه‌ای دارد.

اگرچه اثربخشی تمرینات جسمانی در بهبود تعادل، کاهش خطر سقوط و ارتقای عملکردهای حرکتی سالمندان به خوبی مستند شده است [۴، ۵]، ولی تجربه ذهنی سالمندان از مشارکت در این فعالیت‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. انجام تمرینات جسمانی می‌تواند با درجات متفاوتی از خودآگاهی نسبت به حرکت، تلاش ذهنی و خستگی جسمانی ادراک شده همراه باشد؛ عواملی که ممکن است بر میزان درگیری فرد در تمرین، احساس شایستگی و حتی تمایل او به ادامه مشارکت در فعالیت بدنی اثر بگذارند [۶]. از این منظر، کیفیت شرایطی که تمرینات حرکتی در آن اجرا می‌شود، ممکن است به اندازه محتوای تمرین در شکل‌دهی به تجارب حرکتی و تمرینی سالمندان اهمیت داشته باشد.

یکی از چارچوب‌های نظری که در سال‌های اخیر توجه قابل توجهی را در حوزه یادگیری و عملکرد حرکتی به خود جلب کرده است، نظریه ایتیمال است که توسط ولف و لوئیت [۷] ارائه شد. این نظریه بیان می‌کند که شرایطی نظیر حمایت از خودمختاری، ارتقای انتظارات موفقیت (انتظارات بهبودیافته) و تمرکز توجه بیرونی می‌توانند از طریق افزایش انگیزش درونی و تسهیل فرایندهای کنترل خودکار حرکت، عملکرد و یادگیری حرکتی را بهبود بخشند. بر اساس این دیدگاه، فراهم کردن شرایط تمرینی ایتیمال (بهینه) می‌تواند، با افزایش خودکاری کنترل حرکت [۸] و کاهش پردازش‌های شناختی آگاهانه، نه تنها یادگیری و عملکرد حرکتی یادگیرنده را بهبود بخشد، بلکه با کاهش بار شناختی و عصبی-عضلانی، هزینه‌های ادراکی مرتبط با اجرای حرکت - از جمله خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی [۹] - را نیز تعدیل کند و با آزادسازی منابع شناختی برای اجرای مؤثر تکلیف، تجربه ذهنی فرد از انجام تکلیف را مثبت‌تر سازد [7, 10, 11].

مطالعات تجربی حمایت قوی از این نظریه ارائه می‌دهند. در پژوهش چوپاکوفسکی و همکاران [۱۲]، سالمندان طی تمرین یک تکلیف تعادلی روی سکوی ناپایدار با کانون توجه بیرونی یا کانون توجه درونی آموزش دیدند. نتایج آزمون یادداری نشان داد در گروه کانون توجه بیرونی عملکرد تعادل به‌طور معناداری بهتری بود که بیانگر بهبود خودکاری حرکتی و کاهش عوامل مرتبط با خطر سقوط است. همچنین، در مطالعه لسا و همکاران [۱۳]، اثر بازخورد هنجاری بر یادگیری یک تکلیف حرکتی در سالمندان بررسی شد؛ ارائه این بازخورد با افزایش انتظار موفقیت منجر به یادگیری پایدارتر و عملکرد حرکتی بهتر شد. در پژوهش دیگری توسط لسا و چوپاکوفسکی [۱۴]، تمرین خودکنترل باعث شد سالمندان عملکرد حرکتی بهتری نسبت به گروه کنترل داشته باشند، که نقش کلیدی مؤلفه حمایت خودمختاری در بهینه‌سازی یادگیری و عملکرد حرکتی سالمندان را نشان می‌دهد. همانطور که مرور شد، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد هر یک از مولفه‌های لحاظ شده در نظریه ایتیمال (AS)، EE و EF حتی ترکیب سه‌گانه متوالی آن‌ها [۱۵] بر توانمندی‌های حرکتی سالمندان تأثیر گذار است. با این حال، این شواهد منحصر بر شاخص‌های عملکردی و یادگیری حرکتی متمرکزند و نقش این متغیرهای سه‌گانه در تعدیل تلاش ذهنی و جسمانی، به‌ویژه در جمعیت سالمندان، هنوز به‌طور نظام‌مند بررسی نشده است.

سقوط یکی از شایع‌ترین و پرهزینه‌ترین مشکلات سلامت در سالمندان به شمار می‌رود و پیامدهای آن فراتر از آسیب‌های جسمانی، ابعاد شناختی و اجتماعی زندگی این افراد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش استقلال عملکردی، محدود شدن مشارکت اجتماعی و افت کیفیت زندگی از جمله پیامدهایی هستند که می‌توانند به چرخه‌ای معیوب از کاهش فعالیت بدنی و تشدید ناتوانی منجر شوند [۶]. در این میان، برنامه‌های تمرینی پیشگیری از سقوط به‌عنوان یکی از مؤثرترین راهبردهای غیردارویی، جایگاه ویژه‌ای در ارتقای سلامت سالمندان دارد [۵]. پژوهش‌هایی نشان داده‌اند که تمرینات چوب کوتاه (SSEs) می‌تواند توانمندی‌های حرکتی و تعادل در سالمندان را بهبود بخشد [۱۶]. این تمرینات شامل حرکاتی هدفمند برای تقویت تعادل، هماهنگی و کنترل عضلانی است و به سالمندان امکان می‌دهد مهارت‌های حرکتی را در شرایط ایمن تمرین کنند. شواهد نشان می‌دهد که بهره‌گیری از این تمرینات در قالب برنامه‌های منظم باعث بهبود سرعت واکنش، تعادل و کاهش خطر سقوط در سالمندان می‌شود [۱۶، ۱۷]. با این حال، چالش اصلی فقط انجام «چه تمرینی» نیست، بلکه اینکه «تمرین در چه شرایطی اجرا شود» نیز نقشی تعیین‌کننده در اثربخشی این برنامه‌ها دارد. طبق پیش‌بینی‌های نظریهٔ اپتیمال، می‌توان انتظار داشت که تمرین تحت شرایط اپتیمال، با کاهش بار شناختی و افزایش کارایی پردازش حرکتی، افزون‌بر تأثیرگذاری بر توانمندی‌های سالمندان، این ظرفیت را دارد که منجر به کاهش تدریجی تلاش ذهنی ادراک‌شده در سالمندان شود.

با وجود اهمیت موضوع، اغلب پژوهش‌های پیشین یا بر پیامدهای عملکردی تمرینات و مداخله‌های مشابه تمرکز داشته‌اند [۱۸] یا خستگی را صرفاً از منظر فیزیولوژیک، بدون لحاظ نقش شرایط انگیزشی-توجهی تمرین، بررسی کرده‌اند [۱۹]. مطالعات اندکی به‌طور هم‌زمان خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی ادراک‌شده را در بستر یک برنامهٔ تمرینی یکسان و با دست‌کاری شرایط انگیزشی-توجهی مورد بررسی قرار داده‌اند [۲۰، ۲۱]. این خلأ پژوهشی به‌ویژه در حوزهٔ سالمندان، که به‌دلیل کاهش ذخایر شناختی و حرکتی مرتبط با سن، حساسیت بالاتری نسبت به بار شناختی و خستگی دارند، مشهودتر است [۲۲] و پرداختن آن می‌تواند مبنای کاربردی روشن‌تری برای طراحی برنامه‌های تمرینی سالمندمحور فراهم آورد. به نظر می‌رسد هرگونه رویکرد تمرینی که بتواند وابستگی به کنترل آگاهانه حرکت را کاهش دهد و استفادهٔ کارآمدتری از منابع شناختی را امکان‌پذیر سازد، و همزمان موجب خستگی ذهنی کمتر شود، ممکن است مزایای بیشتری برای این گروه سنی فراهم آورد.

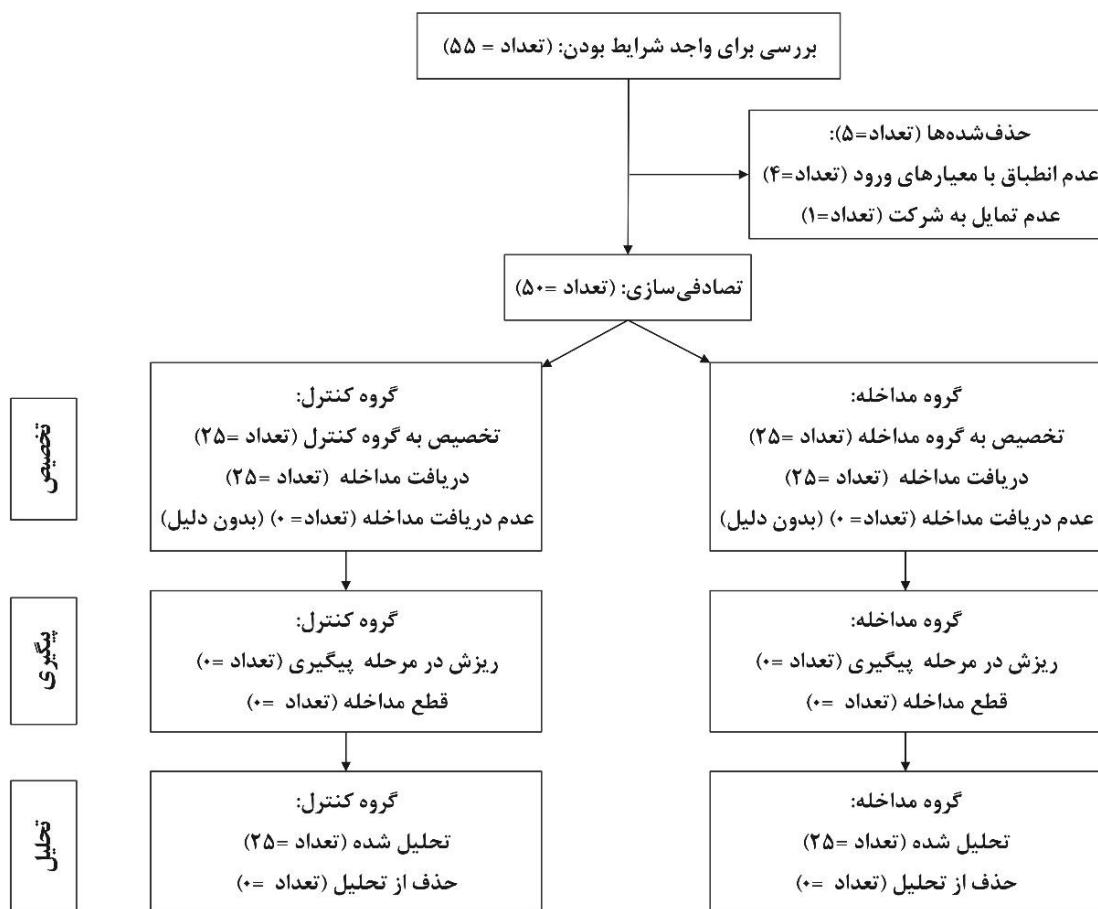
بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این سوال انجام شد که آیا به‌کارگیری شرایط اپتیمال حین اجرای یک برنامهٔ تمرین جسمانی می‌تواند هم به‌صورت فوری (در پایان جلسهٔ نخست تمرین) و هم به‌صورت بلندمدت (در پایان جلسات تمرین) منجر به کاهش هزینه‌های ادراکی در سالمندان شود یا خیر. به این منظور، خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی جسمانی دو گروه از سالمندان که در یک برنامهٔ تمرینی پیشگیری از سقوط مبتنی بر تمرینات چوب کوتاه، تحت شرایط اپتیمال و شرایط مرسوم (غیراپتیمال) شرکت کردند، در دو مقطع زمانی، شامل پایان جلسهٔ اول و پایان جلسهٔ بیست‌و‌چهارم تمرین، مورد سنجش قرار گرفت. انتظار می‌رود یافته‌های این پژوهش شواهد جدیدی دربارهٔ نقش شرایط اجرای تمرین -فراتر از محتوای آن- در تعدیل هزینه‌های ادراکی سالمندان در کوتاه‌مدت و بهینه‌سازی تجربهٔ تمرینی آنان در بلندمدت فراهم آورد و افق‌های تازه‌ای برای طراحی برنامه‌های مؤثرتر و پایدارتر تمرینی برای این گروه بگشاید.

حجم نمونه پیش از آغاز پژوهش با استفاده از نرم افزار جی پاور ۳/۱ [۲۳] برآورد شد. مبنای این برآورد، طرح تحلیل واریانس آمیخته ۲ (گروه: اپتیمال در مقابل کنترل) $\times$ ۲ (زمان اندازه گیری) با تمرکز بر اثر تعاملی بود. اندازه اثر متوسط ($f = 0.25$) بر اساس یافته های پیشین درباره تأثیر تمرینات مبتنی بر نظریه اپتیمال بر متغیرهای روان شناختی مرتبط با حرکت در سالمندان انتخاب شد [۱۳، ۱۵]. محاسبه با همبستگی $r = 0.50$ بین تکرارهای اندازه گیری، سطح معناداری $\alpha = 0.05$ ، و توان آزمون $1 - \beta = 0.80$ انجام شد؛ از آنجا که عامل درون آزمودنی تنها دو سطح داشت، نیازی به اعمال اصلاح کروییت نبود. بر این اساس، حداقل حجم نمونه ی مورد نیاز ۳۴ نفر برآورد شد. برای جبران احتمال ریزش نمونه و افزایش توان آزمون، ۵۰ زن سالمند در دامنه سنی ۶۵ تا ۷۵ سال (میانگین سنی = ۶۷/۱۹ سال، انحراف استاندارد = ۴/۴۵) از طریق فراخوان در مؤسسه خیریه محمد امین اصفهان انتخاب شدند و به عنوان نمونه در نظر گرفته شدند.

ملاک های ورود شامل نداشتن محدودیت یا منع پزشکی مشهود برای مشارکت در فعالیت بدنی، برخورداری از حداقل توانایی اجرای مرحله دوم آزمون تعادل چهار مرحله ای [۲۴] به مدت حداقل ۱۰ ثانیه بدون کمک و کسب نمره بالاتر از ۲۶ در آزمون ارزیابی شناختی مونترآل بود؛ این نمره برش به عنوان شاخص سلامت شناختی در نظر گرفته می شود [۲۵، ۲۶]. معیارهای خروج شامل غیبت بیش از سه جلسه تمرینی و یا بروز بیماری حاد یا آسیب اسکلتی عضلانی در طول دوره مداخله بود که مانع ادامه مشارکت فرد در پژوهش می شد. پیش از آغاز مداخله، تمامی شرکت کنندگان ارزیابی های پایه شامل پرسشنامه اطلاعات پزشکی ورزشی و آزمون تعادل چهار مرحله ای را تکمیل کردند.

شرکت کنندگان به صورت تصادفی در دو گروه مداخله (اپتیمال) و کنترل تخصیص یافتند. بدین منظور، ابتدا فهرست شرکت کنندگان بر اساس حروف الفبا تهیه شد و سپس به هر فرد یک شناسه عددی اختصاص یافت. توالی تصادفی سازی با استفاده از نرم افزار اکسل و توابع RANDARRAY و SORTBY توسط پژوهشگری مستقل از فرایند ارزیابی تولید شد. اطلاعات مربوط به گروه بندی تا پایان مراحل جمع آوری داده ها در اختیار ارزیاب پیامدها قرار نداشت. به دلیل ماهیت مداخله، کورسازی مری امکان پذیر نبود؛ با این حال، شرکت کنندگان، ارزیابان پیامدها در پیش آزمون و پس آزمون و تحلیل گر داده ها نسبت به تخصیص گروه ها کور بودند. تمامی ارزیابی ها در شرایط استاندارد و یکسان برای هر دو گروه انجام شد. مراحل شناسایی، غربالگری، تخصیص تصادفی، پیگیری و تحلیل شرکت کنندگان در کار آزمایی تصادفی کنترل شده در شکل ۱ نشان داده شده است.

مشارکت داوطلبانه بود و شرکت کنندگان از اهداف واقعی دستکاری ها بی اطلاع نگه داشته شدند؛ پس از پایان جمع آوری داده ها، توضیح کامل اهداف پژوهش برای تمامی شرکت کنندگان ارائه شد. پژوهش با رعایت منشور اخلاق پژوهش دانشگاه اصفهان به تصویب (شناسه IR.UI.REC.1404.106) رسید و از همه شرکت کنندگان رضایت نامه آگاهانه اخذ شد. ویژگی های جمعیت شناختی شرکت کنندگان در جدول ۱ خلاصه شده است.



شکل ۱. نمودار جریان CONSORT شامل مراحل شناسایی، غربالگری، تخصیص تصادفی، پیگیری و تحلیل شرکت کنندگان در کارآزمایی تصادفی کنترل شده.

ابزارها و شاخص‌های اندازه‌گیری

ابزار تمرین: از یک چوب سبک به طول ۵۵ سانتی‌متر، قطر ۲/۵ سانتی‌متر و وزن ۲۰۰ گرم و صندلی جهت نشستن حین اجرای تمرین استفاده شد [۱۶]. همچنین، به منظور فراهم‌سازی امکان انتخاب در چهار چوب مؤلفه حمایت خودمختاری، برچسب‌هایی در چهار رنگ مختلف (آبی، قرمز، سبز یا بنفش) روی چوب‌ها نصب شد تا شرکت‌کنندگان بتوانند چوب مورد نظر خود را انتخاب کنند (شکل ۲).



شکل ۲. نحوه اجرای تمرینات چوب کوتاه

پردازش حرکتی آگاهانه . (MS-C) برای اندازه‌گیری سطوح پردازش حرکتی آگاهانه به هنگام اجرای تکلیف تمرینی، از خرده‌مقیاس پردازش حرکتی آگاهانه/هشیار از مقیاس بازگماری ویژه حرکتی استفاده شد که توسط مسترز و همکاران [۲۷] توسعه یافته است. در گویه‌های این خرده‌مقیاس خوداظهاری از فرد درخواست می‌شود روی یک طیف لیکرت شش ارزشی (۱= هرگز تا ۶ = همیشه) ادراک خود را از میزان خودآگاهی در مورد حرکات و نگرانی در مورد اینکه چگونه برای دیگران ظاهر می‌شوند مشخص کنند. نمونه گویه‌های این خرده‌مقیاس شامل «وقتی در حال حرکت هستم نسبت به ظاهر خود آگاه هستم» و «من نگران سبک حرکت هستم» است. از این خرده‌مقیاس در تحقیقات گذشته برای ارزیابی پردازش‌های حرکتی هشیار حین انجام اعمال حرکتی پارسی‌زبانان استفاده شده است [۲۸]. همسانی درونی پنج گویه (MS-C (Cronbach's alpha = 0.73 بدست آمد که بر اساس معیار پذیرش ۰/۷ مطلوب بوده است. [29]

تلاش ذهنی ادراک شده . (RSME) برای سنجش میزان تلاش شرکت‌کنندگان حین اجرای تمرین از مقیاس رتبه‌بندی تلاش ذهنی ادراک شده [۳۰] استفاده شد؛ ابزاری یک‌بعدی (VAS) برای سنجش بار ذهنی ادراک شده که از یک خط عمودی به طول ۱۵۰ میلی‌متر تشکیل شده و در فواصل یک‌سانتری متری درجه‌بندی شده است. روی این خط، ۹ نقطه لنگری با برچسب‌های کلامی توصیفی مشخص شده‌اند که از «اصلاً تلاشی لازم نداشت» (نزدیک به امتیاز ۲) تا «حداکثر تلاش را لازم داشت» (نزدیک به امتیاز ۱۱۲) را پوشش می‌دهند [۳۰، ۳۱]. هر شرکت‌کننده نقطه‌ای را روی خط مشخص می‌کند که به بهترین نحو نشان‌دهنده تلاش ذهنی ادراک شده وی در حین اجرا باشد.

مقیاس رتبه‌بندی ادراک فشار . (RPE) به منظور سنجش خستگی ادراک شده شرکت‌کنندگان حین اجرای تمرین، از نسخه فارسی مقیاس رتبه‌بندی ادراک فشار بورگ [۳۲] استفاده شد که ابزاری معتبر ارزیابی شدت تلاش جسمانی در فعالیت‌های ورزشی و توانبخشی به شمار می‌رود و به‌طور گسترده در پژوهش‌های مرتبط با سالمندان مورد استفاده قرار گرفته است [۳۳-۳۷]. در پژوهش

حاضر از نسخه اصلاح شده ۱۰ درجه‌ای بورگ (CR-10) استفاده شد که شدت تلاش جسمانی ادراک شده را در دامنه‌ای از صفر (هیچ فشاری احساس نکردم) تا ۱۰ (حداکثر فشار را احساس کردم) اندازه‌گیری می‌کند. نمرات بالاتر در این مقیاس نشان‌دهنده ادراک فشار و خستگی بیشتر است. روایی و پایایی نسخه پارسی مقیاس بورگ در جمعیت‌های مختلف پارسی‌زبان تأیید شده است؛ پروری و همکاران [۱] روایی و پایایی نسخه‌های ۰ تا ۱۰ (CR-10) این مقیاس را در جمعیت ایرانی بررسی و تأیید کرده‌اند. کاربرد گسترده نسخه فارسی CR-10 در پژوهش‌های متأخر ایرانی [۳۸] نیز بر کاربست‌پذیری آن در جمعیت پارسی‌زبان دلالت دارد.

برنامه تمرین و شیوه اجرا

پس از انجام ارزیابی‌های پایه، شرکت‌کنندگان هر دو گروه به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه، در مجموع ۲۴ جلسه در SSEs [16] شرکت کردند. این تمرینات، به ویژه برای بهبود عملکردهای حرکتی مرتبط با کنترل وضعیت قامت و تعادل در سالمندان طراحی شده‌اند و با درگیر کردن هم‌زمان فرایندهای شناختی حرکتی، رویکردی ایمن و مؤثر برای پیشگیری از سقوط در این جمعیت محسوب می‌شوند [۱۶]. هر جلسه تمرینی شامل پنج دقیقه گرم کردن (شامل بلند کردن دست‌ها و بالا بردن چوب، ضربه زدن به شانه‌ها، گام برداشتن همراه با نگه‌داشتن چوب در دست، چرخش تنه، عبور دادن چوب از پشت و غلتاندن چوب)، ۲۰ دقیقه تمرین اصلی (تمرین چوب کوتاه شامل: پرتاب چوب با یک دست، پرتاب با دو دست، تمرینات تعادلی با چوب، چرخاندن و رها کردن چوب) و پنج دقیقه تمرینات سرد کردن شامل کشش‌های غیرفعال اندام‌های فوقانی و تحتانی بود. تمرینات در قالب سه بلوک تمرینی طراحی شده بود و شرکت‌کنندگان گروه اپتیمال دستورالعمل‌های سه‌گانه را در هر بلوک جداگانه دریافت می‌کردند. در بلوک حمایت خودمختاری (AS)، شرکت‌کنندگان امکان انتخاب چوب کوتاه مورد استفاده در تمرین (آبی، قرمز، سبز یا بنفش) را داشتند. در پایان بلوک انتظارات بهبود یافته (EE)، یک بازخورد روی کوشش‌های موفق ارائه شد که در آن بر بهترین عملکردهای آن‌ها (کمترین خطا یا افتادن چوب) تأکید می‌شد. در بلوک توجه بیرونی (EF)، دستورالعمل توجهی به‌گونه‌ای ارائه شد که شرکت‌کنندگان تمرکز خود را در طول اجرای حرکات بر برجسته‌گذاری شده روی چوب حفظ کنند. هیچ‌یک از دستورالعمل‌های EE، AS و EF به گروه کنترل ارائه نشد؛ هر یک از شرکت‌کنندگان این گروه با یکی از شرکت‌کنندگان گروه اپتیمال جفت شدند و موظف به اجرای تمرینات با همان رنگ چوبی بودند که همتایشان در گروه اپتیمال در دسته کوشش AS انتخاب کرده بود. شرکت‌کنندگان گروه کنترل بدون دریافت دستورالعمل خاصی، صرفاً تمرینات را به شیوه معمول اجرا کردند. تمام شرکت‌کنندگان بین بلوک‌های تمرینی، یک استراحت یک تا دو دقیقه‌ای دریافت می‌کردند.

در پایان جلسه نخست (T1) و جلسه بیست و چهارم (T24) تمرین، از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا تجربه ذهنی خود از فعالیت را با استفاده از MS-C و همچنین میزان تلاش ذهنی ادراک شده را با استفاده از RSME گزارش دهند. علاوه بر این، خستگی ادراک شده در پایان همین جلسات با استفاده از RPE ارزیابی شد. تمامی ارزیابی‌ها توسط دو ارزیاب آموزش‌دیده همجنس با شرکت‌کننده که نسبت به اهداف مطالعه و تخصیص گروهی شرکت‌کنندگان بی‌اطلاع بودند، انجام گرفت.

روش‌های آماری

برای مقایسه متغیرهای جمعیت‌شناختی شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی بین گروه‌های طرح تحقیق از آزمون تی استودنت (t) برای نمونه‌های مستقل استفاده شد.

متغیرهای وابسته اصلی طرح تحقیق خودآگاهی حرکتی (MS-C)، تلاش ذهنی (RSME) و خستگی ادراک شده (RPE) بودند. برای بررسی آثار گروه (اپتیمال، کنترل)، زمان اندازه‌گیری (T1)، T24 و تعامل این دو بر هر یک از این متغیرها، از تحلیل

واریانس آمیخته 2×2 با طرح اندازه‌گیری مکرر برای عامل زمان استفاده شد. در صورت معنادار بودن اثر تعاملی، مقایسه‌های زوجی برنامه‌ریزی شده برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها در هر یک از دو زمان اندازه‌گیری (T1) و (T24) به‌طور جداگانه انجام شد. به‌منظور کنترل تورم خطای نوع اول ناشی از انجام مقایسه‌های زوجی متعدد، سطح معناداری این مقایسه‌ها با روش گام‌به‌گام هولم-بونفرونی صحیح شد. [39]

برای گزارش اندازه اثر تفاوت‌های بین‌گروهی در هر یک از زمان‌های اندازه‌گیری، از شاخص اتا اسکوتر جزئی (η_p^2) برای آثار اصلی و تعاملی، و از فرمول $\eta^2 = t^2 / (t^2 + df)$ برای مقایسه‌های زوجی استفاده شد [40]. مقادیر ۰.۰۱، ۰.۰۶ و ۰.۱۴ به ترتیب به‌عنوان اندازه اثر کوچک، متوسط و بزرگ تفسیر شدند [41]. تمامی تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Jamovi (Version 2.6) انجام شد [42] و سطح معناداری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج مقایسه ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پایه نمونه (جدول ۱) نشان داد که گروه‌های طرح تحقیق از نظر سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. $ts(48) \leq 1.16, ps \geq .250$ بنابراین، گروه‌ها از نظر این متغیرها همگن بوده و از این حیث قابل مقایسه بودند.

جدول ۱. آمار توصیفی برای متغیرهای جمعیت‌شناختی بر اساس گروه

گروه	N(تعداد)	سن (سال)	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر ^۲)
اپتیمال	۲۵	۶۶٫۵۲±۴٫۷۶	۱٫۶۴±۰٫۰۶	۷۰٫۶۴±۷٫۴۳	۲۶٫۴۴±۳٫۲۸
کنترل	۲۵	۶۷٫۸۸±۴٫۲۱	۱٫۶۲±۰٫۰۷	۶۹٫۰۰±۶٫۱۰	۲۶٫۵۷±۳٫۴۱
کل	۵۰	۶۷٫۲۰±۴٫۵۰	۱٫۶۳±۰٫۰۶	۶۹٫۸۲±۶٫۷۸	۲۶٫۵۰±۳٫۳۲

یادداشت: مقادیر به صورت میانگین (انحراف معیار) ارائه شده‌اند.

یادداشت: مقادیر به صورت میانگین (انحراف معیار) ارائه شده‌اند.

آماره‌های توصیفی مربوط به متغیرهای وابسته اصلی پژوهش شامل خودآگاهی حرکتی (MS-C)، تلاش ذهنی (RSME) و خستگی جسمانی ادراک شده (RPE) در زمان آغاز مداخله (T1) و در پایان برنامه تمرینی (T24) برای گروه اپتیمال و گروه کنترل در جدول ۲ ارائه شده است.

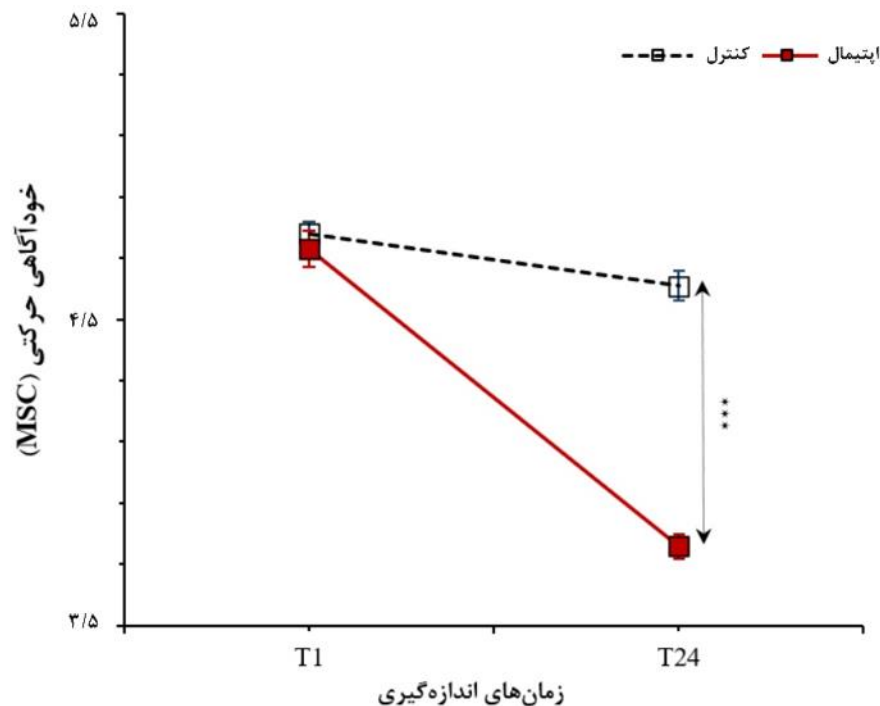
جدول ۲. آماره‌های توصیفی متغیرهای وابسته اصلی طرح تحقیق در پایان جلسه نخست (T1) و جلسه بیست و چهارم (T24) تمرین در شرایط کنترل و اپتیمال

زمان اندازه‌گیری	گروه	میانگین	انحراف استاندارد	حد پایین	حد بالا	فاصله اطمینان ۹۵ درصد
T1	کنترل	۴,۷۸۴	۰,۱۸۲	۴,۷۰۹	۴,۸۵۹	خودآگاهی حرکتی (MS-C)
	اپتیمال	۴,۷۲۸	۰,۲۹۴	۴,۶۰۷	۴,۸۴۹	
T24	کنترل	۴,۶۰۸	۰,۲۵۵	۴,۵۰۳	۴,۷۱۳	خستگی جسمانی ادراک شده (Borg's RPE)
	اپتیمال	۳,۷۶۰	۰,۲۲۴	۳,۶۶۸	۳,۸۵۲	
T1	کنترل	۵,۵۶۰	۰,۵۰۷	۵,۳۵۱	۵,۷۶۹	تلاش ذهنی ادراک شده (RSME)
	اپتیمال	۴,۴۸۰	۰,۵۴۲	۴,۲۷۰	۴,۶۹۱	
T24	کنترل	۵,۰۲۸	۰,۵۴۲	۵,۰۵۶	۵,۵۰۴	
	اپتیمال	۳,۰۵۲	۰,۵۱۰	۳,۳۱۰	۳,۷۳۱	
T1	کنترل	۵۷,۶۰۰	۳۵۱,۱۵	۲۶۳,۵۱	۹۳۷,۶۳	
	اپتیمال	۸۰۰,۵۴	۱۰۴,۱۶	۱۵۳,۴۸	۴۴۷,۶۱	
T24	کنترل	۲۰۰,۵۵	۱۴۴,۷۵	۱۱۰,۴۹	۲۹۰,۶۱	
	اپتیمال	۴۵,۲۰۰	۴۵۴,۱۴	۲۲۸,۳۹	۵۱۲,۱۷	

= پس آزمون (بعد از پایان مداخله) T2 = پیش آزمون (قبل از مداخله) و T1 یادداشت:

یادداشت = T1: پیش آزمون (قبل از مداخله) و T2 = پس آزمون (بعد از پایان مداخله)

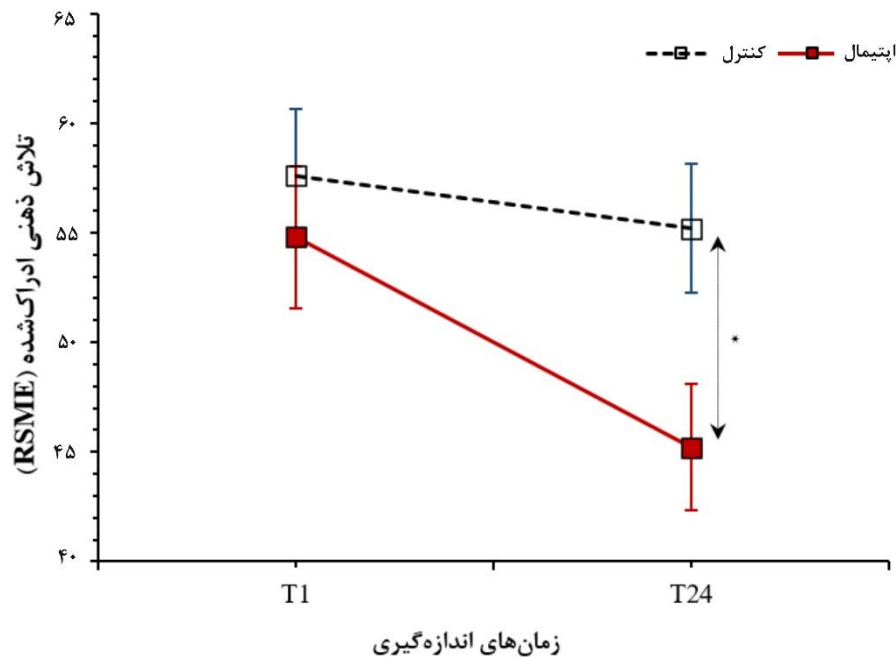
نتایج تحلیل واریانس برای متغیر خودآگاهی حرکتی (MS-C) نشان داد که اثر اصلی گروه، $F(1, 48) = 94.937, p < .001, \eta_p^2 = 0.664$ ، اثر اصلی زمان اندازه‌گیری، $F(1, 48) = 129.152, p < .001, \eta_p^2 = 0.729$ ، و اثر تعاملی زمان × گروه، $F(1, 48) = 61.901, p < .001, \eta_p^2 = 0.563$ همگی معنی‌دار بودند. مقایسه‌های برنامه‌ریزی شده نشان داد که در T1 تفاوت معناداری بین دو گروه از نظر خودآگاهی حرکتی مشاهده نشد، $t = .811, p = .422, \eta_p^2 = .014$. در T24 گروه اپتیمال سطح پایین‌تری از خودآگاهی حرکتی نسبت به گروه کنترل گزارش کرد، $t = 12.507, p < .001, \eta_p^2 = .765$. معنادار بودن اثر تعاملی نشان می‌دهد که میزان تفاوت بین دو گروه از T1 تا T24 تغییر کرده است. بررسی میانگین‌ها نشان داد که اختلاف گروهی از $\Delta = 0.056$ در T1 به $\Delta = 0.848$ در T24 افزایش یافته، به‌طوری که اختلاف در تفاوت‌ها برابر با ۰.۷۹۲ بوده است (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه خودآگاهی حرکتی (MS-C) در پاسخ به تمرینات چوب کوتاه در شرایط اپتیمال و کنترل، پس از جلسات نخست (T1) و پایانی تمرین (T24).

توضیح: میله‌های خطا بیانگر ± 1 خطای استاندارد میانگین (SE) هستند.
 $p < 0.001$ *** برای سطح معناداری تفاوت بین گروهی در T24.

نتایج برای تلاش ذهنی (RSME) نشان داد که اثر اصلی زمان اندازه‌گیری، $F(1, 48) = 18.981, p < .001$ ، $\eta_p^2 = 0.283$ ، و اثر متقابل زمان $\times$ گروه، $F(1, 48) = 6.833, p = .012, \eta_p^2 = 0.125$ معنی‌دار شدند، در حالی که اثر اصلی گروه به سطح معنی‌داری نرسید، $F(1, 48) = 2.476, p = .122, \eta_p^2 = 0.049$. این الگو نشان می‌دهد که دو گروه به‌طور کلی (صرف‌نظر از زمان) از نظر میزان تلاش ذهنی تفاوت ثابتی نداشتند، اما این تفاوت به‌مرور زمان و در نتیجه تمرین شکل گرفت و واگرایی بین آن‌ها صرفاً در پی تجربه تدریجی تمرین تحت شرایط اپتیمال در مقابل شرایط کنترل پدیدار شد. مقایسه‌های برنامه‌ریزی‌شده نشان داد که در T1 تفاوت معنی‌داری بین دو گروه از نظر RSME وجود نداشت، $t = 0.629, p = .532, \eta_p^2 = .008$. با این حال، در T24 گروه اپتیمال تلاش ذهنی کمتری نسبت به گروه کنترل گزارش کرد، $t = 2.42, p = .019, \eta_p^2 = .109$ معنادار بودن اثر تعاملی بیانگر آن است که تفاوت اپتیمال-کنترل در تلاش ذهنی در در طول دوره تمرین افزایش یافته است. میانگین‌ها نشان داد که اختلاف گروهی از $\Delta = 2.800$ در T1 به $\Delta = 10.000$ در T24 افزایش یافته و اختلاف در تفاوت‌ها برابر با ۷.۲۰۰ بوده است (شکل ۳).

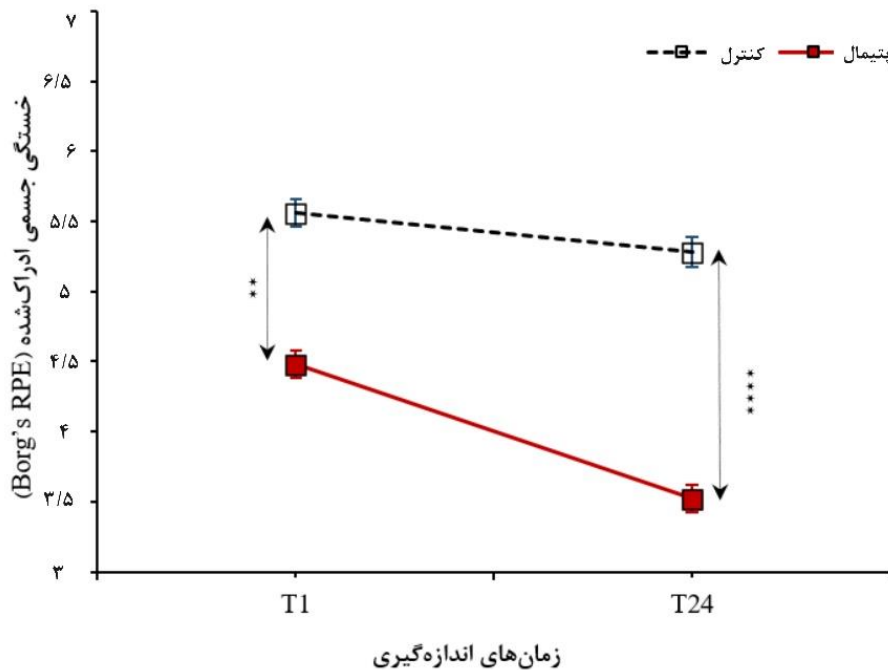


شکل ۳. مقایسه تلاش ذهنی (RSME) در پاسخ به تمرینات چوب کوتاه در شرایط اپتیمال و کنترل، پس از جلسات نخست (T1) و پایانی تمرین (T24).

توضیح: در مقیاس RSME نمرات پایین‌تر نشان‌دهنده تلاش ذهنی کمتر هستند. میله‌های خطا بیانگر ± 1 خطای استاندارد میانگین (SE) هستند.

$p < 0.05$ * برای سطح معناداری تفاوت بین گروهی در T24.

در خصوص خستگی جسمانی ادراک‌شده (RPE)، نتایج نشان داد که اثر اصلی گروه، $F(1, 48) = 117.010, p < .001, \eta_p^2 = 0.709$ ، اثر اصلی زمان اندازه‌گیری، $F(1, 48) = 92.256, p < .001, \eta_p^2 = 0.658$ ، و اثر تعاملی زمان $\times$ گروه، $F(1, 48) = 27.744, p < .001, \eta_p^2 = 0.366$ ، همگی معنی‌دار بودند. مقایسه‌های برنامه‌ریزی‌شده نشان داد که در T1، گروه کنترل خستگی بیشتری نسبت به گروه اپتیمال گزارش کرد، $t = 7.513, p < .001, \eta_p^2 = .54$. این تفاوت در T24 تشدید شد، به‌طوری‌که گروه اپتیمال خستگی به‌مراتب کمتری نسبت به گروه کنترل گزارش کرد، $t = 11.830, p < .001, \eta_p^2 = .745$. معنی‌دار بودن اثر تعاملی نشان‌دهنده افزایش فاصله بین دو گروه در طول دوره تمرین است. بررسی میانگین‌ها نشان داد که اختلاف گروهی از $\Delta = 1.080$ در T1 به $\Delta = 1.760$ در T24 افزایش یافته و اختلاف در تفاوت‌ها برابر با ۰.۶۸ بوده است (شکل ۴).



شکل ۴. مقایسه خستگی جسمانی ادراک شده (مقیاس RPE) در پاسخ به تمرینات چوب کوتاه در شرایط اپتیمال و کنترل، پس از جلسات نخست (T1) و پایانی تمرین (T24).

توضیح: در مقیاس RPE نمرات پایین‌تر نشان‌دهنده خستگی کمتر هستند. میله‌های خطا بیانگر ± 1 خطای استاندارد میانگین (SE) هستند. $p < 0.01$ ؛ $p < 0.0001$ ؛ $***$ ، به ترتیب برای سطح معناداری تفاوت بین گروهی در T1 و T24.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی این بود که آیا به‌کارگیری شرایط اپتیمال حین اجرای یک برنامه تمرینی یکسان می‌تواند بر هزینه‌های ادراکی در سالمندان، هم به‌صورت فوری و هم در بلندمدت، تأثیرگذار باشد یا خیر. نتایج نشان داد که تمرین تحت شرایط اپتیمال به کاهش خودآگاهی حرکتی در گروه اپتیمال منجر شد، به این معنا که سالمندان در گروه اپتیمال کمتر بر حرکات خود متمرکز شدند و کنترل حرکت آن‌ها خودکارتر شد. این کاهش در درگیری آگاهانه با حرکت دقیقاً همان فرآیندی است که نظریه اپتیمال پیش‌بینی می‌کند و نشان‌دهنده بهبود استفاده از منابع توجهی در طول تمرین است [۷، ۱۰، ۱۱]. یافته‌های قبلی نیز نشان داده‌اند که هدایت توجه به سمت آثار حرکت (EF) می‌تواند عملکرد مهارت‌های دیداری حرکتی را در سالمندان افزایش دهد و این بهبود عملکرد با کاهش نیاز به کنترل آگاهانه و افزایش خودکارسازی مطابقت دارد، حتی در جمعیت‌های سالمندی که تحت درمان‌های جسمانی قرار گرفته‌اند [۴۳]. افزون‌براین، شواهد مستقیم‌تری از سازوکارهای عصبی حرکتی نشان می‌دهد که هدایت توجه به بیرون نه تنها عملکرد حرکتی را بهبود می‌بخشد، بلکه موجب خودکارسازی حرکت می‌شود، به‌طوری که حرکات روان‌تر، منظم‌تر و با مدت زمان اجرای کوتاه‌تر انجام می‌گیرند و در نتیجه نیاز به کنترل آگاهانه کاهش می‌یابد [۴۴]. این یافته‌ها با پیش‌بینی‌های فرضیه عمل محدود نیز همسو است و نشان می‌دهد که توجه بیرونی می‌تواند فرآیندهای کنترل حرکت را به سمت خودکارتر شدن هدایت کند [۴۵]. این تغییر در خودآگاهی حرکتی می‌تواند یک سازوکار احتمالی برای کاهش تدریجی تلاش ذهنی باشد، زیرا با افزایش خودکاری و آزاد شدن منابع توجهی، اجرای حرکات بدون بار شناختی اضافی امکان‌پذیر می‌شود. [12]

نتایج مربوط به تلاش ذهنی ادراک شده نشان داد که اگرچه در پایان جلسه نخست تمرین تفاوت معناداری بین گروه اپتیمال و کنترل مشاهده نشد، اما در پایان دوره تمرین، گروه اپتیمال کاهش معناداری در تلاش ذهنی نسبت به گروه کنترل تجربه کرد. این الگو نشان می‌دهد که اثر شرایط اپتیمال بر تلاش ذهنی ماهیتی تدریجی دارد و احتمالاً از طریق همان سازوکارهای خودکارسازی که پیش‌تر مطرح شد، عمل می‌کند. شایان ذکر است که الگوی آماری مربوط به تلاش ذهنی با دو متغیر دیگر پژوهش تفاوتی ظریف داشت: در حالی که برای خودآگاهی حرکتی و خستگی جسمانی ادراک شده، اثر گروه (صرف‌نظر از زمان اندازه‌گیری) متفاوت بود، برای تلاش ذهنی این اثر کلی معنادار نبود و تنها اثر تعاملی معنادار شد. این الگو نشان می‌دهد که برخلاف خودآگاهی حرکتی و خستگی جسمانی ادراک شده که از ابتدای دوره تمرین (در سطح کلی) بین دو گروه واگرا بودند، تفاوت اپتیمال-کنترل در تلاش ذهنی صرفاً به‌مرور زمان شکل گرفت و نه به‌صورت یک تفاوت پایدار و مستقل از زمان؛ این یافته با ماهیت تدریجی اثر شرایط اپتیمال بر تلاش ذهنی، که پیش‌تر تفسیر شد، همخوانی دارد. عدم تفاوت در جلسه نخست را می‌توان به اضافه‌بار شناختی اولیه در سالمندان نسبت داد. سالمندان هنگام مواجهه با تکلیف جدید، به دلیل ناآشنایی و وابستگی بیشتر به کنترل آگاهانه حرکت، منابع شناختی بیشتری مصرف می‌کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سالمندان حتی در سطوح مشابه دشواری تکلیف، تلاش ذهنی بیشتری نسبت به بزرگسالان جوان صرف می‌کنند و این امر با اتکای بیشتر آنان به منابع شناختی برای حفظ عملکرد حرکتی مرتبط است. [2, 3]

در مقابل، کاهش معنادار تلاش ذهنی در گروه اپتیمال در پایان دوره تمرین نشان می‌دهد که تمرین بلندمدت تحت شرایط اپتیمال می‌تواند به بهینه‌سازی موثرتر فرایندهای کنترلی و کاهش هزینه‌های شناختی اجرای حرکت منجر شود. این یافته با مطالعات قبلی همسو است که نشان می‌دهند تلاش ذهنی نه صرفاً پیامد شدت تکلیف، بلکه نتیجه تعامل بین تقاضاهای شناختی، تجربه قبلی و راهبردهای کنترلی فرد است. در مطالعه‌ای نشان داده شد که سالمندان هنگام اجرا نسبت به بزرگسالان جوان، تلاش ذهنی بیشتری صرف می‌کنند و سطح این تلاش به شدت تحت تأثیر تجربه قبلی و راهبردهای کنترلی فرد قرار دارد [۳]. بنابراین احتمالاً تمرین بلندمدت تحت شرایط اپتیمال و آشنایی با تکلیف می‌تواند این هزینه‌های شناختی را کاهش دهد. از منظر نظریه اپتیمال، هدایت توجه یادگیرنده به علائم بیرونی (EF)، تقویت انتظار موفقیت (EE) و افزایش احساس خودمختاری (AS) می‌توانند به خودسازمان‌دهی کارآمدتر سیستم حرکتی کمک کرده و نیاز به فرایندهای توجهی آگاهانه را کاهش دهند. در نتیجه، اجرای تکلیف با تلاش ذهنی کمتر و تجربه تمرینی کارآمدتر همراه می‌شود و این فرایند می‌تواند کاهش بلندمدت تلاش ذهنی ادراک شده را تبیین کند.

خستگی جسمانی ادراک شده نیز در گروه اپتیمال نسبت به گروه کنترل کاهش بیشتری داشت. به نظر می‌رسد کاهش خودآگاهی حرکتی و آزاد شدن منابع توجهی، نه تنها تلاش ذهنی را بهبود می‌بخشد، بلکه باعث کاهش ادراک فشار و خستگی نیز می‌شود. به این ترتیب، سالمندان قادر شدند تمرین را راحت‌تر و با تجربه‌ای مثبت‌تر ادامه دهند. این تفسیر با پژوهش‌هایی هم‌خوان است که نشان داده‌اند تمرکز توجه بیرونی و به دنبال آن خودکاری حرکتی، نه تنها عملکرد حرکتی را بهبود می‌بخشد، بلکه ادراک فشار و خستگی را نیز کاهش می‌دهد. برای مثال، مطالعات مرتبط با تکالیف ایستا [۹] و استقامتی [۴۶] نشان داده‌اند که راهبردهای توجهی (مثل تمرکز بیرونی) می‌توانند زمان رسیدن به واماندگی را افزایش دهند و فشار ادراک شده را کاهش دهند، حتی زمانی که بار فیزیکی تکلیف ثابت باقی می‌ماند. این شواهد تأکید می‌کنند که نحوه اجرای تمرین، به اندازه محتوای آن، در شکل‌دهی تجربه خستگی نقش دارد.

ترکیب یافته‌ها درباره خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و فشار و خستگی ادراک شده نشان می‌دهد که احتمالاً شرایط اپتیمال می‌تواند تجربه تمرینی سالمندان را به شکل چندبعدی بهبود بخشد. این شرایط با کاهش پردازش‌های آگاهانه و افزایش

خودکاری کنترل حرکت، تجربه ذهنی و جسمانی مثبت‌تری ایجاد می‌کند و می‌تواند انگیزش، مشارکت و ایمنی سالمندان را در طول دوره تمرین افزایش دهد [۱۲، ۱۵]. نکته نظری مهم در این الگوی یافته‌ها آن است که ممکن است شرایط اپتیمال، لزوماً در مواجهه نخست با تکلیف باعث کاهش تلاش ذهنی در سالمندان نشود، اما با تداوم تمرین، به شکل‌گیری الگوهای کنترلی کارآمدتر، سازگاری شناختی و کاهش بار ذهنی منجر می‌شوند. این تفسیر کاملاً با چهارچوب نظری اپتیمال و سازوکارهای انگیزشی توجیهی آن هم‌راستا است. [7, 10, 11]

نتایج پژوهش حاضر باید با در نظر گرفتن برخی محدودیت‌ها تفسیر شوند. نخست آن‌که ارزیابی تلاش ذهنی و خستگی مبتنی بر ابزارهای خودگزارشی بود که می‌تواند تحت تأثیر برداشت‌های فردی و سوگیری پاسخ قرار گیرد. افزون بر این، مداخله پژوهش به یک نوع برنامه تمرینی خاص (تمرینات چوب کوتاه) محدود بود؛ بنابراین تعمیم‌پذیری یافته‌ها به سایر انواع تمرینات نیازمند احتیاط است. همچنین، نمونه‌گیری به‌صورت در دسترس از یک مرکز سالمندان در شهر اصفهان و محدود بودن نمونه پژوهش به زنان سالمند، تعمیم نتایج به سایر سالمندان، به‌ویژه مردان سالمند را با محدودیت مواجه می‌کند.

پیام مقاله

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که اجرای یک برنامه تمرینی یکسان، تحت شرایط اپتیمال می‌تواند خودآگاهی حرکتی، تلاش ذهنی و خستگی جسمانی ادراک‌شده سالمندان را کاهش دهد؛ این بهبودها در برخی شاخص‌ها از همان جلسه نخست تمرین آشکار می‌شوند و در طول دوره تمرین تقویت می‌شوند. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که شرایط اجرای تمرین، فراتر از محتوای آن، نقش مهمی در بهبود تجربه ادراکی، افزایش انگیزش و ارتقای پایداری مشارکت سالمندان در برنامه‌های حرکتی دارد و می‌تواند مبنای کاربردی روشنی برای طراحی مداخله‌های تمرینی اثربخش‌تر در این گروه سنی فراهم آورد.

ملاحظات اخلاقی

شرکت‌کنندگان با رضایت و تکمیل فرم رضایت نامه در این پژوهش مشارکت نمودند. این مطالعه دارای تأییدیه کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه اصفهان با شناسه IR.UI.REC.1404.106 بوده است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همراهی صمیمانه و همکاری ارزشمند سالمندان شرکت‌کننده در این پژوهش که با صبر و تعهد خود امکان اجرای این مطالعه را فراهم ساختند، صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین قابل ذکر است این اثر تحت حمایت مادی بنیاد ملی علم ایران (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۴۰۴۶۹۴۴» انجام شده است.

- [1] Parvari R, Dehghan H, Haghi A, Rajabivardanzan H. Validity and Reliability of the Persian Version of Borg RPE in Two 10-0 and 20-6 Scales. *Journal of Health System Research*. 2013;9(8):851-8.
- [2] Ennis GE, Hess TM, Smith BT. The impact of age and motivation on cognitive effort: implications for cognitive engagement in older adulthood. *Psychology and aging*. 2013;28(2):495. [doi:10.1037/a0031255]
- [3] Albinet C, Tomporowski PD, Beasman K. Aging and concurrent task performance: cognitive demand and motor control. *Educational Gerontology*. 2006;32(9):689-706.
- [4] Sun M, Min L, Xu N, Huang L, Li X. The effect of exercise intervention on reducing the fall risk in older adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(23):12562. [doi:10.3390/ijerph182312562]
- [5] Sherrington C, Fairhall NJ, Wallbank GK, Tiedemann A, Michaleff ZA, Howard K, et al. Exercise for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane database of systematic reviews*. 2019;1(1):CD012424. [doi:10.1002/14651858.CD012424.pub2]
- [6] Huffman MK, Reed JB, Carpenter TK, Amireault S. Maintenance motives for physical activity among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Health psychology review*. 2021;15(4):593-612.
- [7] Wulf G, Lewthwaite R. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2016;23(5):1382-414. [doi:10.3758/s13423-015-0999-9]
- [8] Lohse KR, Sherwood DE. Thinking about muscles: The neuromuscular effects of attentional focus on accuracy and fatigue. *Acta psychologica*. 2012;140(3):236-45. [doi:10.1016/j.actpsy.2012.05.009]
- [9] Lohse KR, Sherwood DE. Defining the focus of attention: Effects of attention on perceived exertion and fatigue. *Frontiers in psychology*. 2011;2(332).
- [10] Wulf G, Lewthwaite R. Translating Thoughts Into Action: Optimizing Motor Performance and Learning Through Brief Motivational and Attentional Influences. *Current Directions in Psychological Science*. 2021;30(6):535-41. [doi:10.1177/09637214211046199]
- [11] Lewthwaite R, Wulf G. Optimizing motivation and attention for motor performance and learning. *Current Opinion in Psychology*. 2017;16(38-42). [doi:10.1016/j.copsyc.2017.04.005]
- [12] Chiviacowsky S, Wulf G, Wally R. An external focus of attention enhances balance learning in older adults. *Gait & posture*. 2010;32(4):572-5. [doi:10.1016/j.gaitpost.2010.08.004]

- [13] Lessa H, Tani G, Chiviawsky S. Benefits of enhanced expectancies through temporal-comparative feedback for motor learning in older adults. *International journal of sport psychology*. 2018;49(521-30. [doi:10.7352/IJSP.2018.49.521]
- [14] Lessa HT, Chiviawsky S. Self-controlled practice benefits motor learning in older adults. *Human movement science*. 2015;40(372-80. [doi:10.1016/j.humov.2015.01.013]
- [15] Khalaji Z, Nezakat Alhosseini M, Safavi Hamami S, Iwatsuki T, Wulf G. Optimizing motor learning in older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 2024;79(1):1-7. [doi:10.1093/geronb/gbad120]
- [16] Yokoi K, Yoshimasu K, Takemura S, Fukumoto J, Kurasawa S, Miyashita K. Short stick exercises for fall prevention among older adults: a cluster randomized trial. *Disability and rehabilitation*. 2015;37(14):1268-76. [doi:10.3109/09638288.2014.961660]
- [17] Kurasawa S, Yokoi K, Miyai N, Yoshimasu K, Takemura S, Miyashita K. Assessment of the exercise intensity of short stick exercises in elderly individuals. *Rehabilitation Research and Practice*. 2015;2015(1):209368.
- [18] Van Cutsem J, Marcora S, De Pauw K, Bailey S, Meeusen R, Roelands B. The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. *Sports medicine*. 2017;47(8):1569-88. [doi:10.1007/s40279-016-0672-0]
- [19] Brahms M, Heinzl S, Rapp M, Mueckstein M, Hortobagyi T, Stelzel C, Granacher U. The acute effects of mental fatigue on balance performance in healthy young and older adults—A systematic review and meta-analysis. *Acta psychologica*. 2022;225(103540. [doi:10.1016/j.actpsy.2022.103540]
- [20] Khalaji M, Dehkordi PS, Mousavian F, Alboghebeish S. Comparative analysis of mental and physical fatigue on motor coordination, visual search patterns, perceived effort, and performance outcomes in closed-loop aiming task. *Plos one*. 2025;20(7):e0324063. [doi:10.1371/journal.pone.0324063]
- [21] Mortimer H, Dallaway N, Ring C. Effects of isolated and combined mental and physical fatigue on motor skill and endurance exercise performance. *Psychology of Sport and Exercise*. 2024;75(102720. [doi:10.1016/j.psychsport.2024.102720]
- [22] Seidler RD, Bernard JA, Burutolu TB, Fling BW, Gordon MT, Gwin JT, et al. Motor control and aging: Links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2010;34(5):721-33. [doi:10.1016/j.neubiorev.2009.10.005]
- [23] Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39(2):175-91. [doi:https://doi.org/10.3758/bf03193146]

- [24] Wang T, Yang L, Li X, Su P, Meng D. Characteristics of static balance performance in 4-stage balance test in the healthy older adults. *International Journal of Neuroscience*. 2025;135(5):563-9. [doi:10.1080/00207454.2024.2312992]
- [25] Nasreddine Z, Phillips N, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2005;53(695-9. [doi:10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x]
- [26] Khatoonabadi AR, Jafari S, Modarres Zadeh A, Maroufizadeh S. Diagnostic validity of the Persian version of Montreal Cognitive Assessment – basic for cognitive screening. *Applied Neuropsychology: Adult*. 2025;1-7. [doi:10.1080/23279095.2025.2541812]
- [27] Masters RSW, Eves FF, Maxwell JP, editors. Development of a movement specific reinvestment scale. In *Proceeding of the ISSP 11th World Congress of Sport Psychology*. Editors: T.Morris, S. Gordon, S. Hanrahan, L. Ilevleva, G. Kolt, and P. Tremayne (Sydney, NSW: ISSP).2005.
- [28] Mousavi SM, Salehi H, Iwatsuki T. Gender stereotype threat and motor learning: Exploring its impact, underlying mechanisms, and attentional focus pathways for mitigation. *Human Movement Science*. 2025;101(Article 103357. [doi:10.1016/j.humov.2025.103357]
- [29] Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. 1951;16(3):297-334. [doi:10.1007/BF02310555]
- [30] Zijlstra FRH. Efficiency in work behaviour: A design approach for modern tools: TU Delft, Delft University of Technology; 1993.
- [31] Rubio S, Díaz E, Martín J, Puente JM. Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods. *Applied Psychology*. 2004;53(1):61-86. [doi:https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2004.00161.x]
- [32] Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales: Human Kinetics; 1998.
- [33] Deshayes M, Palermo A, Korchi K, Philippe AG. Influence of negative stereotype on physical activity level among older adults during a training session. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2022;4(998724. [doi:10.3389/fspor.2022.998724]
- [34] Morishita S, Tsubaki A, Nakamura M, Nashimoto S, Fu JB, Onishi H. Rating of perceived exertion on resistance training in elderly subjects. *Expert review of cardiovascular therapy*. 2019;17(2):135-42. [doi:10.1080/14779072.2019.1561278]
- [35] Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*. 2013;113(1):147-55. [doi:10.1007/s00421-012-2421-x]

- [36] Cabral LL, Lopes PB, Wolf R, Stefanello JMF, Pereira G. A systematic review of cross-cultural adaptation and validation of Borg's rating of perceived exertion scale. *Journal of Physical Education*. 2017;28(e2853. [doi:10.4025/jphyseduc.v28i1.2853]
- [37] Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2002;20(11):873-99. [doi:10.1080/026404102320761787]
- [38] Rasouli Kahaki Z, Choobineh A, Razeghi M, Ghaem H, Salehi M, Jahangiri H, Daneshmandi H. Effects of white cane handle angle and technique on upper limb biomechanics and comfort in visually impaired users. *Scientific Reports*. 2026;[doi:10.1038/s41598-026-50673-1]
- [39] Holm S. A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*. 1979;6(2):65-70.
- [40] Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol*. 2013;4(863. [doi:10.3389/fpsyg.2013.00863]
- [41] Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. New York: Academic Press; 1988.
- [42] The jamovi project. jamovi. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>. 2024.
- [43] Porter JM, Anton PM. Directing attention externally improves continuous visuomotor skill performance in older adults who have undergone cancer chemotherapy. *J Am Geriatr Soc*. 2011;59(2):369–70. [doi:10.1111/j.1532-5415.2011.03255.x]
- [44] Kal EC, van der Kamp J, Houdijk H. External attentional focus enhances movement automatization: A comprehensive test of the constrained action hypothesis. *Human Movement Science*. 2013;32(4):527-39. [doi:10.1016/j.humov.2013.04.001]
- [45] Allingham E, Wöllner C. Effects of attentional focus on motor performance and physiology in a slow-motion violin bow-control task: Evidence for the constrained action hypothesis in bowed string technique. *Journal of research in music education*. 2022;70(2):168-89.
- [46] Marchant DC, Greig M, Bullough J, Hitchen D. Instructions to adopt an external focus enhance muscular endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2011;82(3):466-73. [doi:10.1080/02701367.2011.10599779]