Mot. Behav, 2026, 18(63): 154-171. https://doi.org/10.22089/mbj.2025.16330.2148.

Motor Behavior

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

Article Type: Reseach

Effect of Contextual interference training using Medicine ball on Anticipatory postural adjustments in Elderly

Maryam Ahdi Aghdam[1], Parisa Hejazi[1], Davoud Fazeli* [2]

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
2. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran (Corresponding Author)

Received: 17/04/2024, Accepted: 26/01/2025, Published: 21/03/2026

* Corresponding Author: Davoud Fazeli, E-mail: d.fazeli@shirazu.ac.ir

How to Cite: Ahdi Aghdam M., Hejazi Dinan P., Fazeli D. Effect of Contextual interference training using Medicine ball on Anticipatory postural adjustments in Elderly. Motor Behavior, 2026; 18(63): 154-171. https://doi.org/10.22089/mbj.2025.16330.2148.

Extended Abstract

Background and Purpose

One of the key mechanisms involved in maintaining postural stability is anticipatory postural adjustment (APA), a feedforward control process that prepares the body for expected perturbations before movement execution. Research has shown that older adults often exhibit delayed and diminished APAs, resulting in reduced postural stability and a greater dependence on compensatory responses after perturbations occur. Recent evidence suggests that medicine-ball throwing and catching exercises can improve anticipatory postural control by exposing individuals to predictable internal and external perturbations. However, the influence of practice organization on the effectiveness of such training remains unclear. Contextual interference theory proposes that randomly organized practice may produce stronger learning effects than repetitive blocked practice. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of contextual interference training using on anticipatory postural adjustments during gait initiation in older adults.

Methods

This study employed a quasi-experimental pretest–posttest design. Thirty healthy older adults between 60 and 75 years of age were recruited through convenience sampling and randomly assigned to either a random-practice group or a blocked-practice group (n = 15 per group). All participants were physically healthy according to self-report measures and possessed normal or corrected-to-normal vision.

To assess anticipatory postural adjustments, participants performed a gait-initiation task on two Kistler force plates. During the pretest, participants stood barefoot on the force plates and initiated walking voluntarily after maintaining a stationary standing position. Three trials were completed, and

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

the onset of gait was identified using a foot switch placed beneath the dominant foot. Ground reaction force data were sampled at 1000 Hz and used to calculate center-of-mass displacement during gait initiation.

Following the pretest, participants completed a medicine-ball throwing task involving three different ball weights (1 kg, 2 kg, and 3 kg). Training consisted of three blocks of 36 trials with two-minute rest intervals between blocks. In the random-practice condition, participants threw medicine balls in a random order such that no weight was repeated on two consecutive trials and each ball weight was used equally within each block. In the blocked-practice condition, participants performed all trials with one ball weight before progressing to the next weight. Half of the participants practiced from heavy to light balls, whereas the remainder followed the reverse order.

Thirty minutes after completion of the acquisition phase, participants performed a posttest identical to the pretest. Two dependent variables were analyzed: APA timing and APA amplitude. APA timing was defined as the interval between the onset of anticipatory center-of-mass displacement and foot lift-off. APA amplitude was defined as the maximum mediolateral center-of-pressure displacement toward the swing limb during the anticipatory phase. Data were analyzed using a 2 (group: random vs. blocked) × 2 (test: pretest vs. posttest) mixed-design analysis of variance with repeated measures on the second factor.

Results

The analysis of anticipatory postural adjustment (APA) timing revealed that the main effect of group was not significant, $F(1, 30) = 3.70$, $p = .06$, $\eta^2_p = .11$, indicating that overall APA timing did not differ significantly between the random- and blocked-practice groups when pretest and posttest scores were combined. However, a significant main effect of test phase was observed, $F(1, 30) = 8.06$, $p = .008$, $\eta^2_p = .21$, showing an overall change in APA timing from pretest to posttest. More importantly, the Group × Test interaction was significant, $F(1, 30) = 7.10$, $p = .01$, $\eta^2_p = .19$, indicating that the magnitude of improvement differed between the two practice conditions.

Post hoc comparisons demonstrated that the groups did not differ significantly during the pretest ($p > .05$), confirming baseline equivalence. In the posttest, however, the random-practice group showed significantly earlier APAs than the blocked-practice group ($p < .05$). The mean APA timing values in the posttest were 382.75 ms for the random-practice group and 417.48 ms for the blocked-practice group. Furthermore, only the random-practice group demonstrated a significant within-group improvement from pretest to posttest ($p < .05$), whereas the blocked-practice group did not show a statistically significant change.

For APA amplitude, the ANOVA results showed that the main effect of group was not significant, $F (1, 30) = 1.45$, $p = .23$, $\eta^2_p = .04$, indicating no overall difference between groups across testing phases. A significant main effect of test phase was found, $F (1, 30) = 4.60$, $p = .04$, $\eta^2_p = .13$, suggesting an overall increase in APA amplitude from pretest to posttest. Importantly, the Group × Test interaction was also significant, $F (1, 30) = 14.59$, $p = .001$, $\eta^2_p = .32$, indicating that changes in APA amplitude differed substantially between the random- and blocked-practice groups.

Post hoc analyses showed no significant differences between groups in the pretest ($p > .05$), whereas significant differences emerged in the posttest ($p < .05$). The random-practice group exhibited greater APA amplitudes than the blocked-practice group, with posttest means of 20.32 mm and 16.77 mm, respectively. Additionally, only the random-practice group demonstrated a significant pretest-to-posttest increase in APA amplitude ($p < .05$).

Together, these findings indicate that contextual interference generated through random practice produced superior improvements in both the timing and amplitude of anticipatory postural adjustments during gait initiation in older adults.

Conclusion

The findings of this study demonstrate that contextual interference can effectively improve anticipatory postural adjustments during gait initiation in older adults. Specifically, random practice involving unpredictable changes in ball weight resulted in earlier and larger anticipatory postural adjustments compared with blocked practice. These improvements suggest enhanced feedforward control mechanisms and greater postural stability before movement execution. The results support theoretical explanations derived from contextual interference theory, including elaboration and reconstruction processes, which propose that random practice strengthens memory representations and motor planning. The findings are also consistent with dynamic systems and differential learning perspectives, which emphasize the beneficial role of variability and movement-related noise in facilitating adaptive motor behavior. Given the simplicity, low cost, and practical applicability of medicine-ball exercises, random-practice protocols may represent an effective intervention for improving balance control, reducing fall risk, and maintaining functional mobility among older adults.

Key Words: Contextual interference, medicine ball, anticipatory postural adjustments, elderly.

Article message

This study demonstrated that a single session of medicine-ball training organized with high contextual interference (random practice) can significantly enhance anticipatory postural adjustments during gait initiation in older adults. Compared with blocked practice, random practice produced earlier and larger anticipatory postural responses, indicating more effective feedforward balance control. These findings suggest that introducing variability and unpredictability into balance-training programs may improve postural stability and reduce fall risk in the elderly. Given its simplicity, low cost, and ease of implementation, random medicine-ball training can be considered a practical strategy for promoting functional mobility and independence among older adults.

Ethical Considerations

Written informed consent was obtained from all participants before data collection. Participation was entirely voluntary, and participants were free to withdraw from the study at any stage without penalty. The confidentiality and anonymity of participants' personal information were strictly maintained throughout the research process.

Authors' Contributions

Conceptualization: Davoud Fazeli, Parisa Hejazi, Maryam Ahdi Aghdam
Data Collection: Maryam Ahdi Aghdam, Parisa Hejazi
Data Analysis: Davoud Fazeli, Parisa Hejazi, Maryam Ahdi Aghdam
Manuscript Writing: Davoud Fazeli, Parisa Hejazi, Maryam Ahdi Aghdam
Review and Editing: Davoud Fazeli, Parisa Hejazi, Maryam Ahdi Aghdam
Responsible for funding: No funding
Literature Review: Davoud Fazeli, Parisa Hejazi, Maryam Ahdi Aghdam
Project Manager: Davoud Fazeli, Parisa Hejazi, Maryam Ahdi Aghdam
Any other Contributions: non

Conflict of Interest
No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Acknowledgments
The authors would like to express their sincere gratitude to all participants who generously volunteered their time and effort to take part in this study.

رفتار حرکتی، بهار ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۶۳، صص ۱۷۱-۱۵۴. https://doi.org/10.22089/mbj.2025.16330.2148

رفتار حرکتی

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

نوع مقاله: پژوهشی

تاثیر تمرین تداخل زمینه‌ای با استفاده از توپ طبی بر تعدیلات قامتی پیش‌بین افراد سالمند

مریم عهدی اقدم[۱]، پریسا حجازی[۱]، داود فاضلی*[۲]

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

۲. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰، تاریخ انتشار:۱۴۰۵/۰۱/۰۱

*نویسنده مسئول: داود فاضلی، E-mail: d.fazeli@shirazu.ac.ir

How to Cite: Ahdi Aghdam M., Hejazi Dinan P., Fazeli D. Effect of Contextual interference training using Medicine ball on Anticipatory postural adjustments in Elderly. Motor Behavior, 2026; 18(63): 154-171. https://doi.org/10.22089/mbj.2025.16330.2148.

چکیده

هدف این پژوهش مطالعه تاثیر تمرین تداخل زمینه‌ای با استفاده از توپ طبی بر تعدیلات قامتی پیش‌بین سالمندان بود. برای این منظور ۳۰ سالمند به صورت نمونه‌گیری در دسترس (دامنه سنی ۶۰-۷۵ سال) انتخاب شدند و به صورت تصادفی به دو گروه تصادفی و قالبی تقسیم شدند. ابتدا در یک پیش‌آزمون تعدیلات قامتی شرکت‌کنندگان با استفاده از دو صفحه نیرو در هنگام شروع راه‌رفتن مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس شرکت‌کنندگان بر اساس گروه‌بندی انجام شده، به پرتاب و دریافت توپ طبی با وزن‌های مختلف پرداختند (سه بلوک ۳۶ کوششی). ۳۰ دقیقه بعد از آخرین کوشش تمرینی یک پس‌آزمون مشابه با پیش‌آزمون اجرا شد. یافته‌های پژوهش نشان داد گروه‌ها در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری ندارند، P>۰/۰۵. اما تفاوت‌ها در پس‌آزمون معنی‌دار بودند، P<۰/۰۵. نتایج نشان داد که گروه تصادفی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون پیشرفت معنی‌داری داشته است P<۰/۰۵. هم از نظر زمان و هم از نظر دامنه تعدیلات قامتی پیش‌بین، گروه تصادفی بهتر از گروه قالبی عمل کرد، P<۰/۰۵. این نتایج بر اساس ایجاد بازنمایی قوی‌تر بر اثر تمرین تصادفی و همچنین بر اساس نقش نوفه در رفتار جست و جوی فضای راه حل توجیه شدند.

واژگان کلیدی: تداخل زمینه ای، توپ طبی، تعدیلات قامتی پیش بین، سالمند.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

وضـعیت عمودی انسـان به خاطر موقعیت بالای مرکز جرم[1] ناحیه حمایتی کوچک، و وجود مفاصـل متعدد بین پاها و مرکز جرم بدن، ذاتاً ناپایدار است (۱). درکل انسان‌ها اغلب دو نوع عمده اختلالات تعادل را هنگام ایستادن یا راه رفتن تجربه می‌کنند. آشفتگی نوع اول به صورت داخلی القا می‌شود چون با حرکات ناشی از بخش‌های بدن مانند بلند کردن سریع بازو یا خم شدن تنه در ارتباط است. نوع دوم اختلال بدن به طور خارجی القا می‌شود، مثلا زمانی که یک فرد در اتوبوس در حال حرکت ایستاده است، و یا زمانی که توسط فرد دیگری هنگام راه رفتن مورد اصابت قرار می‌گیرد. هر دو نوع اختلال وضـعیتی، نیروهای ایجاد می‌کنند که مرکز جرم بدن را به محدوده‌های سـطح اتکا[2] نزدیک‌تر می‌کنند، در نتیجه ثبات بدن را به خطر می‌اندازند (۲).

به منظور حفظ تعادل، سیستم عصبی مرکزی از دو نوع تغییر در فعالیت ماهیچه‌های بدن استفاده می‌کند. نوع اول به عنوان تعدیلات قامتی پیش‌بین توصـیف شـده اسـت (۳). تعدیلات قامتی پیش‌بین، موقعیت مرکز جرم بدن را با فعال کردن ماهیچه‌های تنه و پا قبل از شـروع اختلالات بدن کنترل می‌کنند، در نتیجه خطر از دسـت دادن تعادل را به حداقل می‌رسانند (۱). پس نقش آن‌ها به حداقل رساندن پیامدهای منفی یک وضعیت پیش‌بینی شده است (۱, ۴). و اما نوع دوم که به عنوان واکنش‌های جبرانی، یا تعدیلات قامتی جبرانی توصیف می شود، با فعالیت عضلات وضعیتی با اختلالات واقعی (اختلالاتی که رخ داده‌اند) سـر و کار دارد. تعدیلات قامتی جبرانی چون توسـط سـیگنال‌های بازخورد حسی کنترل می‌شوند (۵, ۶)، به عنوان یک مکانیزم بازیابی موقعیت مرکز جرم بدن پس از بروز آشفتگی عمل می‌کنند (۵-۷). پس بر این اساس، تفاوت واضحی در عملکردهای تعدیلات قامتی پیش‌بین و تعدیلات قامتی جبرانی وجود دارد (۸, ۹).

در مورد اختلال‌های غیرمنتظره (غیر قابل پیش‌بینی برای فرد) وضعیت بدن، تعدیلات قامتی جبرانی تنها مکانیزم مورد اسـتفاده توسـط مغز برای بازگرداندن تعادل اسـت. برعکس، زمانی که آشـفتگی قابل‌پیش‌بینی اسـت، تعدیلات قامتی پیش‌بین به عنوان اولین خط دفاعی عمل می‌کند که بدن را برای آشـوب‌های آینده آماده می‌کند و پس از آن توسـط تعدیلات قامتی جبرانی دنبال می شود که فرآیند بازیابی تعادل را کامل می‌کند. استفاده از تعدیلات قامتی پیش‌بین به طور قابل‌توجهی نیاز به تعدیلات قامتی جبرانی بزرگ را کاهش می‌دهد و منجر به ثبات وضعیتی بیشتر می‌شود (۱۰). اندازه تعدیلات قامتی پیش‌بین به جهت (۱۱, ۱۲) و بزرگی یک آشـوب (۱۱) و همچنین ثبات بدن بسـتگی دارد. همچنین تعدیلات قامتی پیش‌بین تحت تاثیر ویژگی‌های عمل مورد استفاده برای ایجاد اختلال (۱۱, ۱۳) وضعیت بدن (۱۳) و ترس از افتادن قرار می‌گیرند.

با بررسی گروه‌های سنی مختلف در زمینه حفظ و بازیابی تعادل مشخص شده است که اختلال تعادل و ناپایدار شدن وضعیت بدنی در افراد با اختلالات عصبی، بیماران پارکینسون و مولتیپل اسکلروزیس و سالمندان شایع است. ازجمله دلایل ضعیف شدن یا از بین رفتن سیستم کنترل تعادل در سالمندان فعالیت کم (۱۴)، از دست دادن مقدار قابل توجه تحرک (۱۵)، عدم تحرک بدنی (۱۶) و افزایش ترس از زمین خوردن (۱۷) در آنها می‌باشـد. همچنین در افراد مسـن توانایی حفظ تعادل با افزایش سن از بین می‌رود، زیرا منابع حسی و حرکتی مورد نیاز برای ثبات وضعیتی و جهت‌گیری با پیری کاهش می‌یابد، در نتیجه فرد با از دست دادن حس عمقی و دهلیزی به ورودی‌های بینایی خود اتکا می‌کند که رفته رفته خود بینایی نیز تحت تاثیر فرآیند پیری قرار می‌گیرد. کاهش قدرت عضلانی، قدرت و تحرک مفاصل همراه با اختلال در یکپارچگی حسی- حرکتی نیز باعث کنترل وضعیت ضعیف در سالمندان می شود، این تغییرات بر توانایی

1. Center of Mass
2. Base of Support

حل تعارضات حسی و ایجاد پاسخ‌های عضلانی مناسب به منظور حفظ یا بازیابی تعادل تاثیر می‌گذارند (۱۸, ۱۹). اخیرا مشخص شده که در سالمندان در مقایسه با بزرگسالان جوان برای مقابله با اختلالات قابل پیش‌بینی خارجی، عضلات پیش بینی شده با تاخیر فعالیت می‌کنند، به طوری که ماهیچه‌ها یا دیر فعال می‌شوند و یا خیلی نزدیک به زمان آشوب روشن می‌شوند (۲۰, ۲۱).

تاخیر در فعالیت عضلانی پیش بینی شده در افراد مسن منجر به جابجایی‌های بزرگتر مرکز جرم پس از اختلال می‌شود، که نشان‌دهنده ناپایداری وضعیتی بیشتر آن‌ها است (۲۰, ۲۲). این یافته‌ها اهمیت تعدیلات قامتی پیش‌بین را در کنترل حالت بدنی برجسته می‌کند و به وجود رابطه بین اجزای پیش‌بینی و جبرانی کنترل وضعیت اشاره می‌کند. به عبارت ساده‌تر وقتی که تعدیلات قامتی پیش‌بین به طور ناکارآمد عمل نمایند فرد مجبور است از تعدیلات قامتی جبرانی بزرگتری استفاده نماید که ممکن است قابلیت مقابله با آشوب را به صورت کامل نداشته باشند. بنابراین، مطالعات قبلی برای بررسی تعدیلات قامتی پیش‌بین در افراد مسن (که عمدتاً مبتنی بر استفاده از حرکات خودآغاز بود) نشان داده است که آن‌ها به طور قابل‌توجهی در افراد مسنِ سالم به تاخیر می‌افتند، به طوری که عضلات وضعیتی نزدیک به زمان ایجاد آشوب (۲۳-۲۶) و یا حتی بعد از ایجاد آشوب (۲۶) عمل می‌کنند.

مشکلات مربوط به سن در تعدیلات قامتی پیش‌بین، پژوهشگران را بر آن داشته که به جست و جوی راه‌هایی برای بهبود این متغیر مهم بپردازند. یکی از روش‌هایی که اخیرا برای بهبود تعدیلات قامتی پیش‌بین مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است استفاده از پرتاب و دریافت توپ طبی است. به عنوان مثال نشان داده شده است که یک جلسه تمرین پرتاب کردن (و دریافت) توپ طبی در سالمندان می‌تواند موجب بهبود تعدیلات قامتی پیش‌بین در سطح فعالیت عضلانی و در سطح جابجایی مرکز فشار بدن شود (۲۷). این نتایج در پژوهشی دیگر که بر روی سالمندان دارای اختلالات متوسط شناختی بودند نیز تکرار شد و نشان داده شد که پرتاب توپ طبی می‌تواند موجب بهبود تعدیلات قامتی پیش‌بین شود (۲۸). استدلال پژوهشگران این است که پرتاب توپ طبی شامل تشویش‌هایی است که توسط خود فرد آغاز می‌شود و دریافت کردن توپ شامل تشویش‌هایی است که از محیط بیرون به فرد القا می‌شود. هر دو تکلیف نیازمند به کارگیری تعدیلات قامتی پیش‌بین جهت حفظ تعادل در حین اجرای آن‌ها می‌باشد (۲۹). همچنین تشویش‌های ایجاد شده توسط پرتاب یا دریافت توپ طبی قابل پیش‌بینی هستند، و فقط تشویش‌های قابل پیش‌بینی می‌توانند تعدیلات قامتی پیش‌بین را تحریک نمایند (۱۰, ۱۲, ۲۰). این نوع تمرین تا حدی موثر است که نشان داده شده است که پرتاب فقط ۱۲۰ توپ می‌تواند در بهبود تعدیلات قامتی پیش‌بین موثر باشد (۲۷).

اگرچه پژوهش‌های قبلی اثربخشی روش تمرینی ذکر شده را نشان داده‌اند، اما با توجه به ماهیت متغیر محیط و همچنین ماهیت متغیر حرکات بدن این احتمال وجود دارد که اگر تمرینی به افراد داده شود که شامل تغییرپذیری در ساختار خود باشد، احتمال بیشتری وجود دارد که فرد قابلیت تعمیم به شرایطی را داشته باشد که قبلا آن را تمرین نکرده است. این موضوع هم از دیدگاه پردازش اطلاعات و هم از دیدگاه سیستم‌های پویا مورد حمایت قرار می‌گیرد. بر اساس فرضیه تغییرپذیری تمرین (۳۰)، تمرین پارامترهای مختلفی از یک تکلیف از طریق ایجاد قوانینی گسترده‌تر جهت درونیابی پارامترها موجب بهبود قابلیت تعمیم‌پذیری آن به شرایط جدید خواهد شد. همچنین بر اساس دیدگاه تداخل زمینه‌ای (۳۱) که به نوعی برآمده از فرضیه تغییرپذیری تمرین است، تمرین تکالیف مختلف (و یا گونه‌های مختلفی از یک تکلیف) با ترتیب تصادفی نسبت به تمرین با ترتیب قالبی موجب اکتساب ضعیف اما یادداری قوی‌تری خواهد شد. علاوه بر این، بر اساس دیدگاه سیستم‌های پویا، تغییرپذیری به معنای جست و جوی سیستم برای یک حالت ثبات جدید و یا بهینه می‌باشد (۳۲). بر اساس این دیدگاه تغییرپذیری موجود در سیستم به معنای قابلیت انعطاف‌پذیری است؛ به این معنا که سیستم این قابلیت را دارد در حالتی که راه‌حلی به دلیل تغییرات بیرونی(محیطی-

مانند قرار گرفتن یک مانع در مسیر حرکت) و یا درونی (محدودیت در خود سیستم-انسان- به عنوان مثال بیماری) در دسترس نباشد، می‌تواند راه‌حلی دیگر را به عنوان جایگزین در اختیار بگیرد (۳۳). در اصل وجود تغییرپذیری در سیستم حرکت نشان دهنده تمایل سیستم به جستجوی فضای تکلیف به منظور انتخاب راه‌حلی بهینه و همچنین راه‌حل‌های جایگزین می‌باشد (۳۲). بر همین اساس اگر روش تمرینی بتواند این قابلیت جست و جو را تسهیل نماید و میزان تغییرات در سیستم را بالا ببرد احتمالا موجب بهبود قابلیت سازگاری با محیط و همچنین کشف راه‌حل مبتنی بر قیود خود سیستم خواهد شد (۳۴). بر اساس این استدلال‌ها این احتمال وجود دارد که ارائه تمرینی با ساختار متغیر نسبت به تمرینی با ساختار قابل پیش‌بینی موجب بهبود بیشتر تعدیلات قامتی پیش‌بین شود.

اگرچه شواهد پژوهشی نشان دهنده تاثیر تمرین با تداخل بالا در تکالیف حرکتی "اختیاری" بوده‌اند (۳۵-۴۰)؛ اما بر اساس جست و جوی ما تا کنون پژوهشی به بررسی تاثیر تغییرپذیری در تمرین بر روی تعدیلات قامتی پیش‌بین (به عنوان مکانیزمی زیر سطح هوشیاری) نپرداخته است. همچنین در پژوهش‌های قبلی محدودیت‌هایی وجود دارد که انجام پژوهش در این زمینه را ضروری می‌کند. در تمام پژوهش‌های قبلی تعدیلات قامتی پیش‌بین فقط در حالت ایستاده (حفظ تعادل) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این در حالی است که بیشتر سالمندان در تکلیف راه‌رفتن مشکل دارند و قسمتی از مشکلات آنها به دلیل افتادن و یا سقوط در حین راه‌رفتن (به دلیل یک تشویش ناگهانی) می‌باشد (۴۱). به عقیده پژوهشگران عملکرد کنترل حرکتی در لحظه شرع راه‌رفتن نسبت به سایر مراحل دیگر پیچیده‌تر است و نیازمند استفاده از قابلیت‌های پیش‌بینانه برای حفظ قامت عمودی می‌باشد (۴۲) زیرا در این وضعیت فرد باید از حالت ایستاده ساکن به حالت متحرک درآید و این حالت متحرک موجب ایجاد تشویش در قامت خواهد شد. علی‌رغم اهمیت این مرحله تاکنون تاثیر این نوع تمرینات بر روی شروع راه‌رفتن مورد بررسی قرار نگرفته است. تعادل در زندگی سالمندان جزئی بسیار مهم از قابلیت استقلال آن‌ها می‌باشند، تا آنجا که ممکن است عدم تعادل منجر به سقوط و متعاقب آن از دست رفتن قابلیت تحرک و در نهایت مرگ فرد شود. به همین دلیل پرداختن به روش‌هایی که می‌تواند بهبود تعادل در سالمندا را در پی داشته باشد موضوعی ضروری به نظر می‌رسد. لذا در این پژوهش سعی بر آن است که تاثیر تمرین با تداخل بالا (تمرین تصادفی) بر روی تعدیلات قامتی در حین شروع راه‌رفتن مورد بررسی قرار گیرد.

روش پژوهش

این پژوهش از نظر نوع تحقیق نیمه تجربی بوده و طرح آن از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون بود. شرکت‌کنندگان در این پژوهش ۳۰ نفر سالمند (دامنه سنی بین ۶۰-۷۵ سال) بودند که بر اساس فرم خود اظهاری از لحاظ جسمانی سالم بودند و از دید نرمال و یا نرمال شده برخوردار بودند. شرکت‌کنندگان به صورت در دسترس در سطح شهر و پارک‌ها انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه قالبی و تصادفی تقسیم شدند.

به منظور اجرای این پژوهش افراد از سه توپ طبی با وزن ۱، ۲ و ۳ کیلویی (سبک، متوسط، سنگین) استفاده شد. همچنین به منظور ثبت جابجایی مرکز فشار بدن در شروع راه رفتن از دو صفحه نیرو استفاده شد که صفحه نیرو مدل AA۹۲۶۰ ابعاد (۳۰×۵۰ سانتیمتر) و صفحه نیرو مدل BA۹۲۸۵ (ابعاد ۶۰×۴۰ سانتیمتر)، ساخت سوئیس و از شرکت (Kistler) بود. ثبت نیرو توسط صفحه نیرو که ثابت روی زمین قرار داشتند انجام می شد. از داده‌های صفحه نیرو برای پیدا کردن لحظه شروع راه رفتن استفاده شد و در طول این مدت مقادیر نیروی وارده بر زمین توسط صفحه نیرو اندازه گیری شد که این داده‌ها مبنای محاسبات بعدی قرار گرفت. فرکانس نمونه برداری صفحه نیرو بر روی ۱۰۰۰ هرتز تنظیم شد. و همچنین از ترازو دیجتالی استاندارد برای وزن کشی افراد نیز استفاده شد (۴۳).

ابتدا افراد به صورت تک نفره به آزمایشگاه فرا خوانده شدند. بعد از یک استراحت کوتاه و پر کردن فرم رضایتنامه فردی و اطلاعات فردی، در مورد نحوه‌ی اجرای پژوهش به آنها توضیح داده شد. بعد از مشخص کردن وزن افراد با استفاده از ترازو، در یک آزمون اولیه پای شروع راه رفتن هر فرد مشخص شد، برای پی بردن به این که پای برتر فرد کدام است ابتدا از او سوال شد و یا فرد به آرامی از پشت هل داده شد. فرد با هر پایی که گام برمی‌داشت به عنوان پای برتر او در نظر گرفته شد (۴۴). سپس به منظور ثبت وضعیت اولیه (قبل از تمرین) تعدیلات قامتی، افراد شرکت‌کننده سه بار عمل شروع راه رفتن را از روی صفحه نیرو شروع کردند. نحوه اجرای این آزمون به این صورت بود که افراد با پای برهنه (بدون کفش) بر روی صفحه نیروقرار گرفتند، سپس با فرمان آزمونگر، و بعد از گذشت ۳۰ ثانیه از ایستادن فرد بر روی صفحه نیرو، به صورت خود خواسته (بدون وجود محرک خارجی) عمل راه رفتن را شروع کردند و یک فاصله ۳ متری را به منظور طبیعی بودن فرایند راه رفتن قدم زدند. این فرایند سه بار اجرا شد. لحظه شروع راه رفتن با استفاده از فوت سوئیچی که در زیر پای برتر فرد قرار داشت مشخص شد (۴۵).

پس از این آزمون افراد وارد فرایند تمرین شدند. در این مرحله هر فرد بر اساس گروه‌بندی خود تمرین داشت. گروه تصادفی به این صورت تمرین کرد که فرد سه بلوک ۳۶ کوششی (دو دقیقه استراحت در بین بلوک‌ها) را اجرا نمود (به پرتاپ توپ پرداخت) و هر بار باید به صورت تصادفی توپی را با وزن متفاوت از ارتفاع شانه به یک فاصله ۲ متری پرتاب می‌کرد. ترتیب استفاده از وزن توپ‌ها به صورت کاملا تصادفی بود با این قید که هیچ وزنی دوبار پشت سر هم تکرار نشود و در هر بلوک نیز حتما ۱۲ بار از هر توپ استفاده شود. گروه قالبی به دو نیمه تقسیم شدند. فرد در هر بلوک فقط به پرتاب یک توپ پرداخت (۳۶ بار فقط یک توپ را پرتاب کرد). نیمی از شرکت‌کنندگان در این گروه ابتدا توپ سنگین را پرتاب کردند (۳ کیلویی) و بعد توپ متوسط (۲ کیلویی) و در انتها توپ (۱ کیلویی)، اما نیمی دیگر با ترتیب معکوس تمرین نمودند؛ به این صورت که ابتدا به پرتاب توپ سبک، سپس متوسط و در انتها توپ سنگین پرداختند. نیم ساعت بعد از آخرین کوشش تمرین پس‌آزمون گرفته شد که مشابه با پیش‌آزمون بود.

به منظور محاسبه تعدیلات قامتی پیش‌بین ابتدا جابجایی مرکز جرم بدن محاسبه شد. به منظور محاسبه مختصات مرکز جرم در راستای x و y ابتدا شتاب این متغیر (مرکز جرم) با استفاده از قانون دوم نیوتون از نیروی عکس‌العمل زمین (GRF) محاسبه شد. سپس سرعت و جابجایی این متغیر در راستای x و y با استفاده از روش انتگرال عددی محاسبه شد. در این مطالعه شروع تعدیلات قامتی پیش‌بین به عنوان فاصله زمانی لحظه‌ای که مقدار جابجایی مرکز جرم بدن به اندازه ۲/۵ انحراف استاندارد از میانگین جابجایی مرکز جرم در حالت پایه منحرف می‌شد (میانگین حالت پایه برای ۲۰۰ داده در حالت ایستایی) تا لحظه جدا شدن پا از روی صفحه نیرو در نظر گرفته شد. دامنه تعدیلات قامتی پیش‌بین که به عنوان حداکثر انتقال جانبی (COP) به سمت اندام نوسان در طول مدت تعدیلات قامتی پیش‌بین در نظر گرفته شده است (۴۳).

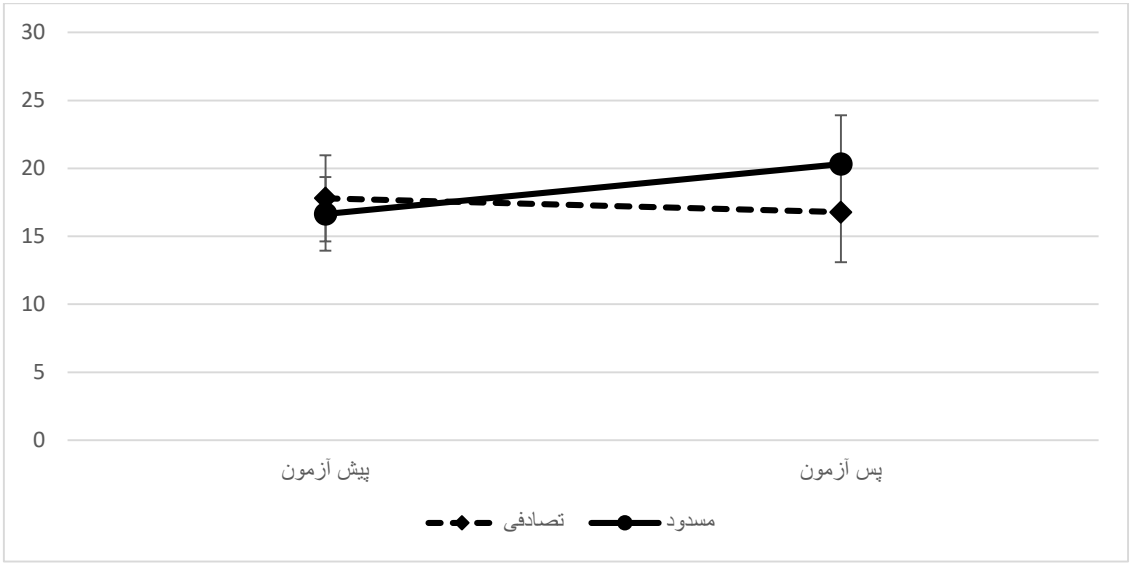
به منظور تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش داده‌های مربوط به زمان تعدیلات قامتی پیش‌بین و همچنین داده‌های مربوط به دامنه تعدیلات قامتی پیش‌بین از طرح تحلیل واریانس مرکب با ۲ (گروه‌های تمرینی، قالبی و تصادفی) × ۲ (مراحل آزمون، پیش‌آزمون و پس‌آزمون) استفاده شد که در عامل آخر دارای اندازه‌های تکراری می‌باشد.

قابل ذکر است که این پژوهش با این عنوان در کارگروه اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی، دوره ۸، شماره ۵ تایید شده است.

نتایج

نتایج مربوط به زمان تعدیلات قامتی پیش بین:

شکل ۱ مقادیر زمان تعدیلات قامتی پیش‌بین را برای گروه‌ها در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد.



شکل۱. نمودار مربوط به زمان (میلی ثانیه) تعدیلات قامتی پیش‌بین در پیش‌آزمون و پس‌آزمون.

Figure 1. plot related to the time of anticipatory postural adjustments (ms) in pre and post-tests.

نتایج آزمون تحلیل واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر اصلی گروه، $F(۱و۳۰)=۳/۷$، $P=۰/۰۶$، $\eta^2_P=۰/۱۱$، معنی‌دار نبود. اما اثر اصلی مراحل آزمون، $F(۱و۳۰)=۸/۰۶$، $P=۰/۰۰۸$، $\eta^2_P=۰/۲۱$، و اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون معنی‌دار بود، $F(۱و۳۰)=۷/۱$، $P=۰/۰۱$، $\eta^2_P=۰/۱۹$. برای اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون، آزمون تعقیبی اجرا شد که نتایج آن نشان داد گروه‌ها در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری ندارند، $P>۰/۰۵$، اما تفاوت‌ها در پس‌آزمون معنی‌دار بود، $P<۰/۰۵$. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گروه مسدود در پس‌آزمون زمان بیشتری برای تعدیلات قامتی از خود نشان داده است (میانگین‌ها، تصادفی=۳۸۲/۷۵، قالبی=۴۱۷/۴۸). همچنین نشان داده شد که فقط گروه قالبی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون پیشرفت معنی‌داری داشته است، $P<۰/۰۵$.

جدول۱. نتایج آزمون تحلیل واریانس برای زمان تعدیلات قامتی پیش‌بین

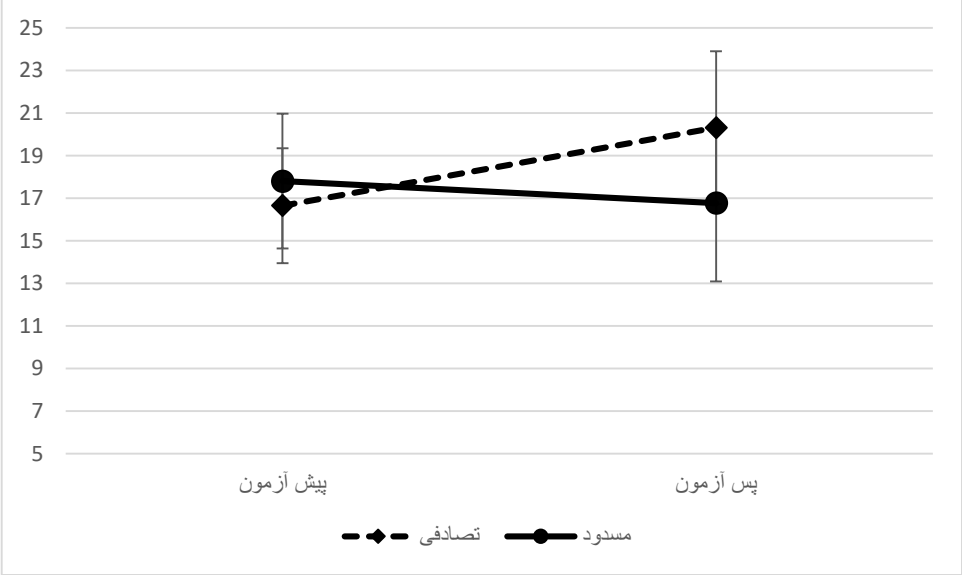
Table 1. results of ANOVA for the time of anticipatory postural adjustments

منبع تغییرات source	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجات آزادی Degrees of Freedom	میانگین مجذورات Mean of Squares	F	P	η^2_P
گروه Group	۵۴۹۶/۹۸	۱	۵۴۹۶/۹۸	۳/۷	۰/۰۶	۰/۱۱
مراحل آزمون Test Phase	۴۷۶۰/۰۴	۱	۴۷۶۰/۰۴	۸/۰۶	۰/۰۰۸	۰/۲۱

تعامل گروه در مراحل آزمون Interaction of Group Test Phase	۴۱۹۵/۲۲	۱	۴۱۹۵/۲۲	۷/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۹

نتایج مربوط به دامنه تعدیلات قامتی پیش بین:

شکل ۲ مقادیر دامنه تعدیلات قامتی پیش‌بین را برای گروه‌ها در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد.



شکل۲. مقادیر دامنه (میلی‌متر) تعدیلات قامتی پیش‌بین برای گروه‌ها در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون.

Figure 2. the amplitude of anticipatory postural adjustments (mm) for groups in pre and post-tests.

همانطور که نتایج جدول زیر (جدول۲) نشـــان می‌دهد، اثر اصـــلی گروه، $F(۱و۳۰)=۱/۴۵$، $P=۰/۲۳$، $\eta^2_P=۰/۰۴$، معنی‌دار نبود. اما اثر اصـــلی مراحل آزمون، $F(۱و۳۰)=۴/۶۰$، $P=۰/۰۴$، $\eta^2_P=۰/۱۳$، و تعامل گروه در مراحل آزمون، $F(۱و۳۰)=۱۴/۵۹$، $P=۰/۰۰۱$، $\eta^2_P=۰/۳۲$، معنی‌دار بود. برای اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون، آزمون تعقیبی اجرا شد که نتایج آن نشـــان داد تفاوت گروه‌ها در پیش‌آزمون معنی‌دار نیســـت، $P>۰/۰۵$، اما این تفاوت در پس‌آزمون معنی‌دار بود، $P<۰/۰۵$. مقایســـه میانگین‌ها نشـــان دهنده دامنه بیشـــتر تعدیلات قامتی پیش‌بین برای گروه تصـــادفی بود (میانگین‌ها، قالبی=۱۶/۷۷، تصادفی= ۲۰/۳۲). همچنین این نتایج نشان داد که فقط گروه تصادفی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون پیشرفت معنی‌داری از خود نشان داده است، $P<۰/۰۵$.

جدول ۲: نتایج تحلیل واریانس با اندازهگیری مکرر برای بررسی اثر گروه، مراحل آزمون و تعامل آنها بر متغیر وابسته

Table 2: Results of Repeated-Measures Analysis of Variance (ANOVA) for the Effects of Group, Test Phases, and Their Interaction on the Dependent Variable

منبع تغییرات Source	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجات آزادی Degrees of Freedom	میانگین مجذورات Mean of Squares	F	P	η^2_p
گروه Group	۲۲/۹۶	۱	۲۲/۹۶	۱/۴۵	۰/۲۳	۰/۰۴
مراحل آزمون Test phases	۲۷/۸۴	۱	۲۷/۸۴	۴/۶۰	۰/۰۴	۰/۱۳
تعامل گروه در مراحل آزمون Interaction of Group ×Test Phases	۸۸/۲۱	۱	۸۸/۲۱	۱۴/۵۹	۰/۰۰۱	۰/۳۲

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر تمرین به صورت تداخل زمینه‌ای بالا و پایین با استفاده از توپ طبی بر تعدیلات قامتی پیش‌بین افراد سالمند بود. نتایج نشان داد که تمرین با توپ طبی با استفاده از وزن‌های مختلف با ترتیب تصادفی نسبت به ترتیب قالبی منجر به ایجاد تعدیلات قامتی پیش‌بین زودهنگام‌تر و قوی‌تر در سالمندان می‌شود. یافته‌های این پژوهش از نظریات مهم در زمینه یادگیری حرکتی و هم از یافته‌های تجربی حمایت می‌کنند. بر اساس نظریه تداخل زمینه‌ای (۳۱) تمرین با ترتیب تصادفی نسبت به تمرین با ترتیب قالبی هرچند ممکن است موجب افت در اجرا در مرحله اکتساب شود، اما در مرحله پس آزمون عملکرد بهتری را به همراه خواهد داشت. چرایی اثربخشی تمرین با تداخل بالا نسبت به تداخل پایین عمدتا از دو فرضیه که به خوبی شناخته شده هستند نشأت می‌گیرد. در فرضیه اول که به فرضیه پردازش متمایزتر معروف است. عقیده بر این است که تمرین تکالیف با ترتیب تصادفی موجب می‌شود فرد در حین اجرا این تکالیف را به طور مداوم با هم قیاس نماید، در نتیجه این قیاس مداوم فرد تفاوت‌های جزئی بین این تکالیف را درک می‌کند و باعث می‌شود برای هر جزء خاص یک بازنمایی متفاوت و قوی در حافظه ایجاد نماید (۳۱). در نتیجه این بازنمایی قوی (از این دیدگاه بازنمایی مسئول اصلی اجرای بعدی حرکت انسان است) فرد در پس آزمون و یا انتقال اجرای بهتری خواهد داشت؛ اما برعکس حالت تصادفی، در حالت قالبی فرد فقط یک الگو را به طور مداوم تکرار می‌کند و تعویض تکلیف کمی وجود دارد و در نتیجه قیاس خیلی کمی بین تکالیف انجام خواهد شد،

به همین دلیل احتمال ایجاد یک بازنمایی قوی خیلی کم خواهد بود. اما فرضیه دوم که به فرضیه فراموشی و بازسازی مجدد معروف است (۴۶, ۴۷) عقیده دارد دلیل احتمالی برای عملکرد بهتر گروه تصادفی به موضوع فراموشی و بازسازی طرح عمل در حین این تمرین برمی‌گردد. بر اساس این فرضیه فرد در حین تمرین تصادفی بعد از اجرای هر الگو و به منظور اجرای الگوی بعدی باید الگوی اجرا شده را از حافظه خود پاک نماید. در کوشش‌های بعدی که فرد باید مجدداً همان الگو را اجرا کند مجبور خواهد بود که آن را در حافظه خود فراخوانی نماید. در نتیجه این فراموشی و فراخوانی مداوم، هرچند اجرای فرد در حین اکتساب احتمالاً تخریب خواهد شد، اما بازنمایی ذهنی قوی شکل خواهد گرفت که همین بازنمایی ذهنی قوی منجر به اجرای بعدی بهتر خواهد شد.

به لحاظ نظری یافته‌های این پژوهش از یک تئوری دیگر نیز حمایت می‌کنند که خواستگاه آن از یک رویکردی است که با رویکرد منشأ تداخل زمینه‌ای کاملاً متفاوت است. این تئوری که به یادگیری افتراقی مشهور است، ادعا دارد ایجاد تغییرات نوفه مانند می‌تواند موجب جست و جوی فضای راه‌حل شود، به طوری که فرد در درون این فضا یک راه‌حل بهینه را بر اساس قیود فردی، تکلیفی و محیطی پیدا نماید (۴۸). هرچند که منبع اصلی این دیدگاه رویکرد بوم‌شناختی است، اما در ذات خود یک راه‌حل برای متحد کردن رویکردهای مختلف در زمینه یادگیری ارائه کرده است (۴۸). در اصل تمرین تصادفی را نوعی از یادگیری افتراقی می‌داند، هرچند که در برخی موارد به تفاوت‌های بین این دو روش نیز اشاره شده است (۳۴). بر اساس این دیدگاه تمرین افتراقی نوفه را به وسیله تغییر در وضعیت‌های بدن ایجاد می‌کند اما تمرین تصادفی این کار را با استفاده از فواصل مختلف انجام می‌دهد. همراستا با این استدلال نشان داده شده است که تمرین با تداخل زمینه‌ای و همچنین یادگیری افتراقی می‌تواند مقدار مشابهی تغییرپذیری در حرکت افراد در طول تمرین ایجاد نماید (۴۸). اما از آنجایی که یادگیری افتراقی به صورت کلی مکانیزم‌های سازگاری نوروفیزیولوژیک را هدف قرار می‌دهد، منبع نوفه ممکن است مهم نباشد (منبع داخلی و یا خارجی)، بلکه نوفه اضافه شده به حرکت منجر به ایجاد خودسازماندهی می‌شود که اجرای بعدی حرکت را تسهیل می‌کند. تشدید تصادفی پدیده‌ای بود که در ابتدا تشخیص یک سیگنال ضعیف توسط اضافه کردن نوفه به آن سیگنال را توجیه می‌کرد (۴۹). بر اساس این دیدگاه آشوب‌های تصادفی نوعی از نوفه را توصیف می‌کند که به نوعی می‌تواند بحث مشترک تمام تئوری‌های یادگیری باشد (۳۲, ۴۸, ۵۰). از این منظر، رویکردهای مختلف یادگیری مانند تمرین با تکرار مداوم یک حرکت، تغییرپذیری تمرین، تداخل زمینه‌ای و همچنین یادگیری افتراقی مقادیر یا رنگ‌های متفاوتی از نوفه را در خود دارند، که این مقدار و یا نوع رنگ نوفه بر اساس مقدار تغییرپذیری است که در خود دارند (۵۰, ۵۱). منظور از رنگ‌های متفاوت نوفه ساختارهای متفاوتی است که بر اساس رابطه بین ساختار فرکانس و توان یک موج تعریف می‌شود. به عنوان مثال، هر وقت با افزایش فرکانس سیگنال توان آن کاهش یابد به این ساختار نوفه صورتی گفته می‌شود (۴۹). بر اساس دیدگاه یادگیری افتراقی مقدار بهینه‌ای برای نوفه موجود در تمرین باید وجود داشته باشد و اگر سطح نوفه بالاتر و یا پایین‌تر از این حد باشد یادگیری بهینه نخواهد بود؛ از این دیدگاه مقدار بهینه نوفه در حد تمرین افتراقی می‌باشد (۵۱). بر اساس آنچه که توضیح داده شد، احتمال دارد که تمرین تصادفی به دلیل ماهیت نوفه‌ای که در خود داشته است موجب پدیده تشدید تصادفی در تعدیلات قامتی پیش‌بین شده باشد، و همین موضوع فرایند خودسازماندهی این مکانیزم‌های برگرداننده تعادل را بهبود داده باشد.

نتایج به دست آمده از این تحقیق، مؤید نقش تمرینات تداخل زمینه‌ای با استفاده از توپ طبی بر کاهش زمان و دامنه تعدیلات قامتی پیش‌بین در سالمندان بود که با توجه به عدم بهبود تعدیلات قامتی پیش‌بین افراد در پیش‌آزمون، می‌توان بهبود تعدیلات قامتی پیش‌بین سالمندان در پس‌آزمون را به اثر تمرینات تصادفی نسبت داد. با توجه به کوتاهی دوره تمرینی، تمرین تصادفی با تمرکز بر اختلال قابل پیش‌بینی، دامنه تعدیلات قامتی پیش‌بین را افزایش داد و منجر به ثبات بیشتر و زودهنگام‌تر بدن پس از آشفتگی شد. همچنین یافته‌های این پژوهش از یافته‌های تجربی که نشان دهنده تاثیر مثبت تمرینات با استفاده از توپ طبی بر تعدیلات قامتی پیش‌بین افراد است حمایت می‌کند. به عنوان مثال در مطالعات متعددی تاثیر این نوع تمرینات بر تعدیلات قامتی پیش‌بین در گروه‌های مختلف مورد تایید قرار گرفته است (۲۲, ۵۲-۵۷). استدلال برخی پژوهشگران بر این است که تمرین دریافت و پرتاب توپ خود به نوعی تمرین حفظ تعادل در حالت آشوب بیرونی و درونی می‌باشد و فرد را برای مواجهه با شرایط مشابه آماده می‌کند (۲۹). بنابراین مکانیزم اثربخشی این نوع تمرینات استفاده از آشوب برای مواجهه با شرایط مشابه می‌باشد. همچنین در این پژوهش نشان داده شد که اگر آشوب به صورت نامنظم و به صورت تصادفی باشد اثرات مثبت بیشتری برای بهبود تعادل برای افراد دارد، هرچند که مدت زمان این تمرین کوتاه باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده مبنی بر افزایش تعدیلات قامتی پیش‌بین در گروه‌های تصادفی و در نظر گرفتن سادگی اجرای این نوع تمرین‌ها (نیاز نداشتن به وسایل و تجهیزات خاص) به افراد و کسانی که با سالمندان کار می‌کنند پیشنهاد می‌شود این روش تمرینی را به عنوان ابزار و روشی برای بهبود تعادل و الگوی راه رفتن، پیشگیری از افتادن یا به تاخیر انداختن اثرات منفی فرآیند پیری و حفظ آمادگی سالمندان بکار گیرند. با توجه به اینکه این پژوهش به بررسی تاثیرات کوتاه مدت تمرینات تصادفی با توپ طبی پرداخت، پیشنهاد می شود که در پژوهش‌های آتی به اثرات بلند مدت‌تر این نوع تمرینات پرداخته شود. همچنین در این پژوهش فقط به بررسی تعدیلات قامتی پیش‌بین با استفاده از داده‌های صفحه نیرو پرداخته شد، این در حالی است که بررسی این متغیر با استفاده از داده‌های الکترومیوگرافی ممکن است کمک بیشتری به درک فرایندهای زیربنایی آن بنماید. علاوه بر این، این پژوهش بر روی نمونه کوچکی از سالمندان اجرا شد که پژوهش‌های آتی می‌توانند بر روی نمونه‌های بزرگتر و یا جامعه‌های متفاوت‌تر اجرا شوند تا تعمیم‌پذیری این نوع تمرینات بیشتر مورد بررسی قرار گیرند.

پیام مقاله

یافته‌های این پژوهش نشان داد که تنها یک جلسه تمرین با توپ طبی که به صورت تداخل زمینه‌ای بالا (تمرین تصادفی) سازمان‌دهی شده باشد، می‌تواند تعدیلات قامتی پیش‌بین را در هنگام شروع راه رفتن سالمندان به طور معناداری بهبود بخشد. در مقایسه با تمرین قالبی، تمرین تصادفی موجب ایجاد پاسخ‌های قامتی پیش‌بین زودهنگام‌تر و با دامنه بیشتر شد که بیانگر کنترل پیشخور مؤثرتر در حفظ تعادل است. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تغییرپذیری و پیش‌بینی‌ناپذیری در برنامه‌های تمرین تعادلی می‌تواند به بهبود ثبات قامتی و کاهش خطر سقوط در سالمندان کمک کند. با توجه به سادگی اجرا، هزینه پایین و کاربردپذیری بالا، تمرین تصادفی با توپ طبی می‌تواند به عنوان روشی عملی برای ارتقای تحرک عملکردی و حفظ استقلال سالمندان مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ گردید. مشارکت در پژوهش کاملاً داوطلبانه بود و افراد در هر مرحله از مطالعه حق انصراف بدون هیچ‌گونه پیامد یا جریمه‌ای را داشتند. محرمانگی اطلاعات فردی شرکت‌کنندگان حفظ شد و تمامی داده‌ها به صورت ناشناس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. این پژوهش با این عنوان در کارگروه اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی، دوره ۸، شماره ۵ تایید شده است.

مشارکت نویسندگان

سهم هر نویسنده در انجام پژوهش.

ایده‌پردازی: داود فاضلی، پریسا حجازی، مریم عهدی اقدم

جمع‌آوری داده‌ها: مریم عهدی اقدم، پریسا حجازی

تحلیل داده‌ها: داود فاضلی، پریسا حجازی، مریم عهدی اقدم

نوشتن مقاله: داود فاضلی، پریسا حجازی، مریم عهدی اقدم

بازبینی و ویرایش: داود فاضلی، پریسا حجازی، مریم عهدی اقدم

مرور ادبیات: داود فاضلی، پریسا حجازی، مریم عهدی اقدم

مدیر پروژه: داود فاضلی، پریسا حجازی، مریم عهدی اقدم

هرگونه مشارکت دیگر: ندارد

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان بابت کمک در اجرای این پژوهش تشکر صمیمانه تشکر می‌کنیم.

منابع

1. Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. Prog Neurobiol. 1992;38(1):35-56. https://doi.org/10.1016/0301-0082(92)90034-C.
2. Jagdhane S, Kanekar N, Aruin AS. The Effect of a Four-Week Balance Training Program on Anticipatory Postural Adjustments in Older Adults: A Pilot Feasibility Study. Curr Aging Sci. 2016;9(4):295-300. https://doi.org/10.2174/1874609809666160413113443.
3. Belen'kii V. Elements of control of voluntary movement. Biofizika. 1967;12:135-41.
4. Bouisset S, Zattara M. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. J Biomech. 1987;20(8):735-42. https://doi.org/10.1016/0021-9290(87)90052-2.
5. Alexandrov AV, Frolov AA, Horak FB, Carlson-Kuhta P, Park S. Feedback equilibrium control during human standing. Biological cybernetics. 2005;93:309-22. https://doi.org/10.1007/s00422-005-0004-1.
6. Park S, Horak FB, Kuo AD. Postural feedback responses scale with biomechanical constraints in human standing. Exp Brain Res. 2004;154(4):417-27. https://doi.org/10.1007/s00221-003-1674-3.
7. Nashner LM, Cordo PJ. Relation of automatic postural responses and reaction-time voluntary movements of human leg muscles. Exp Brain Res. 1981;43(3-4):395-405. https://doi.org/10.1007/bf00238382.

8. Henry SM, Fung J, Horak FB. EMG responses to maintain stance during multidirectional surface translations. J Neurophysiol. 1998;80(4):1939-50. https://doi.org/10.1152/jn.1998.80.4.1939.
9. Macpherson JM, Horak FB, Dunbar DC, Dow RS. Stance dependence of automatic postural adjustments in humans. Exp Brain Res. 1989;78(3):557-66. https://doi.org/10.1007/bf00230243.

10. Santos MJ, Kanekar N, Aruin AS. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. J Electromyogr Kinesiol. 2010;20(3):388-97. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.006.
11. Latash ML, Aruin AS, Neyman I, Nicholas JJ. Anticipatory postural adjustments during self inflicted and predictable perturbations in Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1995;58(3):326-34. https://doi.org/10.1136/jnnp.58.3.326.
12. Santos MJ, Kanekar N, Aruin AS. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 2. Biomechanical analysis. J Electromyogr Kinesiol. 2010;20(3):398-405. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.01.002.
13. Aruin AS. The effect of changes in the body configuration on anticipatory postural adjustments. Motor Control. 2003;7(3):264-77. https://doi.org/10.1123/mcj.7.3.264.
14. DiPietro L. Physical activity in aging: changes in patterns and their relationship to health and function. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2001;56(suppl_2):13-22. https://doi.org/10.1093/gerona/56.suppl_2.13.
15. Frank JS, Patla AE. Balance and mobility challenges in older adults: implications for preserving community mobility. Am J Prev Med. 2003;25(3 Suppl 2):157-63. https://doi.org/10.1016/S0749-3797(03)00179-X.
16. Merom D, Pye V, Macniven R, van der Ploeg H, Milat A, Sherrington C, et al. Prevalence and correlates of participation in fall prevention exercise/physical activity by older adults. Prev Med. 2012;55(6):613-7. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.10.001.
17. Skelton DA, Beyer N. Exercise and injury prevention in older people. Scand J Med Sci Sports. 2003;13(1):77-85. https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00300.x.
18. Shaffer SW, Harrison AL. Aging of the somatosensory system: a translational perspective. Phys Ther. 2007;87(2):193-207. https://doi.org/10.2522/ptj.20060083.
19. Sturnieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. Neurophysiol Clin. 2008;38(6):467-78. https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.001.
20. Kanekar N, Aruin AS. The effect of aging on anticipatory postural control. Exp Brain Res. 2014;232(4):1127-36. https://doi.org/10.1007/s00221-014-3822-3.
21. 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). https://doi.org/10.1002/14651858.cd012424.pub2.
22. Kim Y, Vakula MN, Bolton DA, Dakin CJ, Thompson BJ, Slocum TA, et al. Which exercise interventions can most effectively improve reactive balance in older adults? A systematic review and network meta-analysis. Frontiers in aging neuroscience. 2022; 13:764826. https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.764826.
23. Inglin B, Woollacott M. Age-related changes in anticipatory postural adjustments associated with arm movements. J Gerontol. 1988;43(4):M105-13. https://doi.org/10.1093/geronj/43.4.m105.
24. Man'kovskii NB, Mints AYa, Lysenyuk VP. Regulation of the preparatory period for complex voluntary movement in old and extreme old age. Hum Physiol. 1980 Jan-Feb;6(1):46-50. PMID: 7399536.
25. Rogers MW, Kukulka CG, Soderberg GL. Age-related changes in postural responses preceding rapid self-paced and reaction time arm movements. J Gerontol. 1992;47(5):M159-65. https://doi.org/10.1093/geronj/47.5.m159.
26. Woollacott MH, Manchester DL. Anticipatory postural adjustments in older adults: are changes in response characteristics due to changes in strategy? Journal of gerontology. 1993;48(2):M64-M70. https://doi.org/10.1093/geronj/48.2.m64.
27. Aruin AS, Kanekar N, Lee Y-J, Ganesan M. Enhancement of anticipatory postural adjustments in older adults as a result of a single session of ball throwing exercise. Experimental brain research. 2015; 233:649-55. https://doi.org/10.1007/s00221-014-4144-1.

28. Lee Y-J, Liang JN, Chen B, Aruin AS. Characteristics of medial-lateral postural control while exposed to the external perturbation in step initiation. Scientific reports. 2019;9(1):16817. https://doi.org/10.1038/s41598-019-53379-9.
29. Aruin AS. Enhancing Anticipatory Postural Adjustments: A Novel Approach to Balance Rehabilitation. J Nov Physiother. 2016;6(2). https://doi.org/10.4172/2165-7025.1000e144.

30. Schmidt M, Kemena M, Jaitner T. Null effects of different amounts of task variation in both contextual interference and differential learning paradigms. Perceptual and Motor Skills. 2021;128(4):1836-50. https://doi.org/10.1177/00315125211022302.
31. Shea JB, Morgan RL. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. Journal of Experimental psychology: Human Learning and memory. 1979;5(2):179. https://doi.org/10.1037/0278-7393.5.2.179.
32. Schollhorn W, Beckmann H, Michelbrink M, Sechelmann M, Trockel M, Davids K. Does noise provide a basis for the unification of motor learning theories? International journal of sport psychology. 2006;37(2/3):186.
33. Davids K, Bennett S, Newell KM. Movement system variability: Human kinetics; 2006.
34. Schöllhorn WI. Invited commentary: Differential learning is different from contextual interference learning. Human movement science. 2016; 47:240-5. https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.11.018.
35. Ahmadishouli S, Fazeli D, Nazemzadegan H. Addressing the effect of contextual interference and errorless learning on performance under psychological pressure. Motor Behavior. 2024 Sep 22;16(57):87-100. https://doi.org/10.22089/mbj.2024.14679.2097.
36. Moliterno AH, Bezerra FV, Pires LA, Roncolato SS, da Silva TD, Massetti T, et al. Effect of Contextual Interference in the Practicing of a Computer Task in Individuals Poststroke. Biomed Res Int. 2020;2020:2937285. https://doi.org/10.1155/2020/2937285.
37. Ramezanzade H. Errorless Interference and Motor learning: The Role of Working Memory in Automation of Skill. Motor Behavior, 2020; 12(42): 81-110. https://doi.org/10.22089/mbj.2020.7988.1832.

38. Shafizadeh A., Shaban E. The Effect of Contextual Interference on Acquisition, Retention and Transfer of Children's Basic Gymnastics Skills. Motor Behavior, 2018; 10(31): 161-176. https://doi.org/10.22089/mbj.2017.3229.1395.

39. Takazono PS, Ribeiro de Souza C, Avila de Oliveira J, Coelho DB, Teixeira LA. High contextual interference in perturbation-based balance training leads to persistent and generalizable stability gains of compensatory limb movements. Exp Brain Res. 2020;238(5):1249-63. https://doi.org/10.1007/s00221-020-05806-x.
40. Verwey WB, Wright DL, Immink MA. A multi-representation approach to the contextual interference effect: effects of sequence length and practice. Psychol Res. 2022;86(4):1310-31. https://doi.org/10.1007/s00426-021-01543-0.
41. Hass CJ, Waddell DE, Wolf SL, Juncos JL, Gregor RJ. Gait initiation in older adults with postural instability. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2008;23(6):743-53. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.02.012.
42. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. John wiley & sons; 2009 Oct 12.
43. Yiou E, Hussein T, Larue J. Influence of temporal pressure on anticipatory postural control of medio-lateral stability during rapid leg flexion. Gait & posture. 2012;35(3):494-9. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.11.015.
44. Teo I, Thompson J, Neo Y, Lundie S, Munnoch D. Lower limb dominance and volume in healthy individuals. Lymphology. 2017;50(4):197-202.
45. Yiou E, Do M-C. Control of mediolateral stability during rapid step initiation with preferred and non-preferred leg: Is it symmetrical? Gait & Posture. 2010;32(1):145-7. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.03.018.
46. Lee TD, Magill RA. The locus of contextual interference in motor-skill acquisition. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1983;9(4):730. https://doi.org/10.1037/0278-7393.9.4.730.
47. Lee TD, Magill RA. Can forgetting facilitate skill acquisition? Advances in psychology. 27: Elsevier; 1985. p. 3-22. https://doi.org/10.1016/s0166-4115(08)62528-5.
48. Schöllhorn W. Differenzielles Lehren und Lernen von Bewegung–Durch veränderte Annahmen zu neuen Konsequenzen. Zur Vernetzung von Forschung und Lehre in Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft. 2005:125-35. https://doi.org/10.1007/bf03176006.
49. Moss F, Ward LM, Sannita WG. Stochastic resonance and sensory information processing: a tutorial and review of application. Clin Neurophysiol. 2004;115(2):267-81. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2003.09.014.

50. Römer J, Schöllhorn W, Jaitner T, Preiss R. Differentiated learning in Volleyball: an instructional sequence for improving the first contact. Sportunterricht. 2009;58(2):41-5.
51. Schollhorn WI. Applications of artificial neural nets in clinical biomechanics. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004;19(9):876-98. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.04.005.
52. Arghavani H, Zolaktaf V, Lenjannejadian S. The Effect of an 8-week Exercise Program Focused on Anticipatory Postural Adjustments on Postural Control and Motor Function in the Elderly. Salmand: Iranian Journal of Ageing. 2020;15(2):236-45. https://doi.org/10.32598/sija.2020.3.220.
53. Aruin AS, Ganesan M, Lee Y. Improvement of postural control in individuals with multiple sclerosis after a single-session of ball throwing exercise. Mult Scler Relat Disord. 2017;17:224-9. https://doi.org/10.1016/j.msard.2017.08.013.
54. Bourrelier J, Fautrelle L, Haratyk E, Manckoundia P, Mérienne F, Mourey F, et al. Enhancement of anticipatory postural adjustments by virtual reality in older adults with cognitive and motor deficits: A randomised trial. Geriatrics. 2021;6(3):72. https://doi.org/10.3390/geriatrics6030072.
55. Kanekar N, Aruin AS. Improvement of anticipatory postural adjustments for balance control: effect of a single training session. J Electromyogr Kinesiol. 2015;25(2):400-5. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.11.002.
56. Lee Y, Goyal N, Luna G, Aruin AS. Role of a single session of ball throwing exercise on postural control in older adults with mild cognitive impairment. European journal of applied physiology. 2020; 120:443-51. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04289-1.
57. Steadman J, Donaldson N, Kalra L. A randomized controlled trial of an enhanced balance training program to improve mobility and reduce falls in elderly patients. J Am Geriatr Soc. 2003;51(6):847-52. https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.51268.x.