

Quarterly Journal of Health Psychology

Open
Access

ORIGINAL ARTICLE

The Effect of a Vestibular Stimulation Training Period on Motor Performance in Elderly Women

Amir Hamzeh Sabzi^{1*}, Farnaz Torabi², Aliyeh Amini Khanavandi³

¹ Assistant Professor, Department of Physical Education, Payame Noor University, Tehran, Iran.

² Associate Professor, Department of Physical Education, Payame Noor University, Tehran, Iran.

³ M.A, Department of Physical Education, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Correspondence

Amir Hamzeh Sabzi

Email: Ah.sabzi@pnu.ac.ir

ABSTRACT

Objective: Aging is an inevitable biological process accompanied by extensive physiological and structural changes across multiple body systems (Ahmadi et al., 2017; Migliore et al., 2024). With the growing population of individuals aged 60 years and older worldwide and in Iran, maintaining functional independence and enhancing quality of life among older adults has become a major public health priority (Ahmadi et al., 2017). One of the principal barriers to preserving physical independence in this population is the age-related decline in sensory integration systems, including the somatosensory, visual, and vestibular systems, which contributes to progressive deterioration in functional capacity, reduced physical activity, and an increased risk of falls (Zhang et al., 2022). Motor performance is a multidimensional construct that reflects the integrity of the musculoskeletal and neuromuscular systems and encompasses four primary components: flexibility, static balance, dynamic balance, and muscular strength (Holland et al., 2002). Age-related reductions in flexibility can impair the efficient performance of activities of daily living (Holland et al., 2002), whereas deficits in dynamic balance are strongly associated with accidental falls, the leading cause of injury-related mortality among adults aged over 65 years (World Health Organization, 2007). Likewise, the gradual loss of lower-limb muscle strength, known as dynapenia, compromises the ability to generate rapid corrective contractions required to restore balance following slips or perturbations (Mitchell et al., 2012). Lower-extremity weakness is recognized as one of the most important modifiable risk factors for falls (CDC, 2023). The vestibular system serves as a central regulator of postural stability by activating vestibulospinal pathways responsible for maintaining antigravity muscle

How to cite

Sabzi, A.H., Torabi, F., Amini Khanavandi, A. (2026). The Effect of a Period of Vestibular Stimulation Training on Motor Performance in older Women. Quarterly Journal Of Health Psychology, 15(2). 63-78.

tone (Han, 2021). According to the sensory reweighting theory, systematic vestibular stimulation can enhance the efficiency of the central nervous system in dynamically processing sensory inputs and generating more effective neuromuscular responses (Peterka, 2002). Despite well-established evidence supporting the beneficial effects of physical exercise on balance (McDonnell & Hillier, 2015; Kanyılmaz et al., 2022), the effectiveness of targeted vestibular interventions on all dimensions of motor performance in sedentary older adults without clinical vestibular pathology remains unclear. Previous studies have primarily focused on multicomponent exercise programs, making it difficult to isolate the specific contribution of sensory-based training (Sabzi et al., 2022; Labata-Lezaun et al., 2023). Therefore, the present study aimed to investigate the effects of a vestibular stimulation training program on motor performance components in older women. **Method:** This study employed a quasi-experimental pretest–posttest design with a control group. The study population consisted of sedentary women aged 60–75 years residing in Qom, Iran. Thirty eligible volunteers (mean age = 66 ± 5.4 years) provided written informed consent and were randomly assigned to either an experimental group ($n = 15$) or a control group ($n = 15$). The experimental group participated in a four-week vestibular stimulation training program consisting of three sessions per week (12 sessions, 60 minutes each). The intervention was structured into three phases: gaze stabilization, postural stability, and dynamic balance. Training complexity was progressively increased according to individual advancement by gradually modifying support surfaces (from firm ground to foam and trampoline surfaces) and manipulating visual input (eyes closed). The control group continued their usual daily activities. Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) with the significance level set at $p < 0.05$. **Results:** Descriptive findings indicated improvements in all motor performance variables in the experimental group at posttest. The results of the univariate ANCOVA are presented in Table 1.

Table 1. Univariate Analysis of Covariance Results Comparing the Experimental and Control Groups at Posttest ($N = 30$)

Dependent Variable	Source	SS	df	MS	F	p-value	Effect Size (η^2)
Static Balance	Group	135.7	1	135.7	27.14	0.001	0.24
Dynamic Balance	Group	43.75	1	43.75	8.75	0.05	0.21
Muscular Strength	Group	28.70	1	28.70	5.74	0.05	0.23
Flexibility	Group	21.05	1	21.05	4.21	0.05	0.17

After adjustment for baseline scores, the between-group difference in static balance was statistically significant ($F_{1,27} = 14.27$, $p < 0.001$),

with the vestibular training program accounting for 24% of the variance in static balance performance. A significant between-group difference was also observed in dynamic balance ($F_{1,27} = 8.75$, $p < 0.05$), with vestibular stimulation explaining 21% of the observed improvement. The effect of group on muscular strength remained significant after controlling for baseline values ($F_{1,27} = 5.74$, $p < 0.05$), with 23% of the variance in strength gains attributable to the intervention. Similarly, a significant difference was found between groups in posttest flexibility scores ($F_{1,27} = 4.21$, $p < 0.05$), and vestibular stimulation training explained 17% of the variance in flexibility. **Conclusion:** The significant improvements in balance outcomes are consistent with the findings of McDonnell and Hillier (2015) and Hall et al. (2022), who identified vestibular rehabilitation as an effective approach for enhancing postural stability. Furthermore, Meng et al. (2023) reported that vestibular training improves dynamic balance through the enhancement of vestibulo-ocular and vestibulospinal reflexes. The physiological mechanism underlying these adaptations can be attributed to central compensation and reflex retraining processes, whereby head and trunk movements combined with visual challenges promote sensory reweighting and more efficient utilization of vestibulospinal pathways (Peterka, 2002; van der Scheer-Horst et al., 2014). The observed improvements in muscular strength are consistent with the findings of Karimzadeh Ardakani et al. (2020) and Concha-Cisternas et al. (2023). Although Granacher et al. (2012) and Wolfson (1996) suggested that static balance exercises exert minimal effects on maximal strength because of their low mechanical loading, the strength gains observed in the present study may be attributed to the dynamic nature of the protocol and the repeated eccentric contractions of antigravity muscles involved in postural adjustments. Improvements in flexibility were also in agreement with the findings of Emilio et al. (2014), as vestibular stimulation enhances trunk muscle stability (Takakusaki, 2017) and increases movement confidence by reducing fear of falling, thereby enabling older adults to achieve greater ranges of motion without excessive muscular guarding (Hall et al., 2022). Overall, a vestibular stimulation training program appears to be an effective and multifaceted intervention for improving functional physical fitness in sedentary older women through mechanisms of neuroplasticity and sensory reweighting. The program simultaneously enhances postural stability, lower-limb strength, and flexibility. From a practical perspective, this low-cost and scalable protocol requires no sophisticated equipment and can be implemented in residential care facilities or as a home-based exercise program to promote functional independence and reduce the economic burden associated with falls among older adults (Hall et al., 2022).

KEYWORDS

Vestibular Stimulation, Static Balance, Dynamic Balance, Functional Strength, Flexibility, Older Women.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This study was conducted in accordance with the ethical principles of the Master's thesis guidelines at Payame Noor University. Written informed consent was obtained from the parents of all participants. Privacy and confidentiality were strictly maintained throughout the research process.

Funding: This research was conducted as an independent academic study and received no specific grants or financial support from any governmental, commercial, or non-profit organizations.

Authors' contributions: The first author, as the supervisor and corresponding author, was responsible for content guidance and methodological supervision. The second author reviewed, integrated, and final edited the article. The initial writing of this article was based on the master's thesis of the third author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest regarding the publication of this research.

Acknowledgment: The authors express their gratitude to all the individuals who have cooperated and assisted us in conducting this research

نشریه علمی

روان‌شناسی سلامت

«مقاله پژوهشی»

تأثیر یک دوره تمرینات تحریک دهلیزی بر عملکرد حرکتی در زنان سالمند

امیر حمزه سبزی^{۱*}، فرناز ترابی^۲، عالیه امینی خوانودی^۳

چکیده

مقدمه: افزایش سن با کاهش تدریجی عملکرد سیستم‌های حسی-حرکتی، به‌ویژه سیستم دهلیزی، همراه است که منجر به افت قابل توجه در تعادل، قدرت عضلانی و در نتیجه افزایش خطر سقوط و کاهش کیفیت زندگی در سالمندان می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر یک دوره دوازده جلسه‌ای تمرینات تحریک دهلیزی بر تعادل ایستا و پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری در زنان سالمند غیرفعال انجام شد.

روش: این مطالعه به‌صورت نیمه‌تجربی و با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون روی دو گروه تجربی و کنترل انجام گرفت. سی نفر از زنان سالمند (میانگین سنی: $66 \pm 4/5$ سال) به صورت تصادفی در دو گروه تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت چهار هفته، سه جلسه در هفته، تحت پروتکل تمرینات تحریک دهلیزی قرار گرفتند، در حالی که گروه کنترل در این مدت هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد. تمرینات دهلیزی شامل تمرینات ثبات نگاه، پایداری وضعیتی و تعادل پویا بود. آزمودنی‌ها قبل و بعد از مداخله به وسیله آزمون استورک (جانسون و نلسون، ۱۹۶۸) برای سنجش تعادل ایستا، آزمون پله (هیل و همکاران، ۱۹۹۶) برای سنجش تعادل پویا، آزمون صندلی ایستاده (ریکی و جونز، ۱۹۹۹) برای سنجش قدرت عضلانی و آزمون ولز (ولز و دیلون، ۱۹۵۲) برای سنجش انعطاف‌پذیری ارزیابی شدند. داده‌ها با استفاده از تحلیل کواریانس با کنترل اثر پیش‌آزمون، مورد تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج تحلیل کواریانس نشان داد که پس از حذف اثر نمرات پایه، تمرینات تحریک دهلیزی تأثیر معنی‌داری بر تعادل ایستا ($F_{1,27} = 27/14$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/24$)، تعادل پویا ($F_{1,27} = 8/75$, $p < 0/05$, $\eta^2 = 0/23$)، قدرت عضلانی ($F_{1,27} = 5/74$, $p < 0/05$, $\eta^2 = 0/17$) و انعطاف‌پذیری ($F_{1,27} = 4/21$, $p < 0/05$) داشت. گروه تجربی در پس‌آزمون به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به گروه کنترل بهبود یافتند. بیشترین حجم اثر بر روی تعادل ایستا مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: تمرینات تحریک دهلیزی یک مداخله چندبعدی و مؤثر برای ارتقاء سلامت جسمانی زنان سالمند است. این برنامه نه تنها پایداری وضعیتی بدنی را بهبود می‌بخشد، بلکه به‌طور غیرمستقیم از طریق تقویت رفلکس دهلیزی-نخاعی و افزایش اعتماد به نفس حرکتی، منجر به بهبود قدرت عملکردی و انعطاف‌پذیری نیز می‌شود. پیشنهاد می‌گردد این پروتکل در برنامه‌های توانبخشی و پیشگیری از سقوط سالمندان گنجانده شود.

واژه‌های کلیدی

تحریک دهلیزی، تعادل، قدرت عملکردی، انعطاف‌پذیری، زنان سالمند.

^۱ استادیار، گروه تربیت بدنی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
^۲ دانشیار، گروه تربیت بدنی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
^۳ کارشناسی ارشد، گروه تربیت بدنی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

نویسنده مسئول:

امیر حمزه سبزی

رایانامه:

Ah.sabzi@pnu.ac.ir

استناد به این مقاله:

سبزی، امیر حمزه، ترابی، فرناز، امینی خوانودی، عالیه، (۱۴۰۵). تأثیر یک دوره تمرینات تحریک دهلیزی بر عملکرد حرکتی در زنان سالمند. نشریه علمی روان‌شناسی سلامت، ۱۵(۲)، ۶۳-۷۸.

مقدمه

سالمندی دوره‌ای اجتناب‌ناپذیر است که با چالش‌های فیزیولوژیکی گسترده‌ای همراه است. با افزایش سریع جمعیت بالای ۶۰ سال در جهان به‌ویژه در ایران، ارتقای کیفیت زندگی و استقلال عملکردی به یک ضرورت اجتماعی تبدیل شده است (احمدی و همکاران، ۲۰۱۷؛ قاسمی و همکاران، ۲۰۱۹؛ میلیوره و همکاران، ۲۰۲۴). این امر به‌ویژه برای زنان سالمند حیاتی است، زیرا مطالعات فرهنگی نشان می‌دهند که آنان تفکرات منفی بیشتری در مورد پیری دارند و در مقایسه با مردان، نگرانی و احساس کنترل کمتری بر شرایط خود و وابستگی‌های آینده نشان می‌دهند (لاغوئی و همکاران، ۲۰۲۱؛ زنجری و همکاران، ۲۰۱۹). چالشی اساسی در مسیر حفظ استقلال عملکردی این گروه سنی، کاهش وابسته به سن در سیستم‌های حسی-جسمی، بینایی و دهلیزی است که منجر به زوال تدریجی توانایی عملکردی، عدم فعالیت بدنی و افزایش خطر زمین خوردن می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۲). این کاهش به‌طور مستقیم بر عملکرد حرکتی تأثیر می‌گذارد. عملکرد حرکتی به عنوان سازه‌ای چندبعدی تعریف می‌شود که نشان‌دهنده یکپارچگی عملکردی سیستم‌های اسکلتی-عضلانی و عصبی-عضلانی است که از چهار مولفه اصلی انعطاف‌پذیری، تعادل ایستا، تعادل پویا و قدرت عضلانی تشکیل می‌شود و نقش بسزایی در کیفیت زندگی سالمندان دارد. برای مثال، کاهش انعطاف‌پذیری ناشی از سن (که اغلب از پیوندهای عرضی کلاژن و کاهش فعالیت بدنی نشأت می‌گیرد) به طور قابل توجهی مانع از اجرای فعالیت‌های روزمره زندگی مانند دسترسی به اشیاء یا حفظ چرخه گام‌برداری کارآمد می‌شود (هالند و همکاران، ۲۰۰۲).

از طرف دیگر، حفظ ثبات وضعیتی از طریق تعادل ایستا و پویا، برای استقلال عملکردی در سالمندان اساسی است. با افزایش سن افراد، یکپارچگی حسی-حرکتی کاهش می‌یابد و منجر به کاهش توانایی در مقابله با نوسانات وضعیتی می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که اگرچه نقص در تعادل ایستا قابل توجه است، اما اختلالات در تعادل پویا به طور قوی‌تری با زمین خوردن‌های تصادفی مرتبط است که همچنان علت اصلی مرگ و میر ناشی از آسیب در بزرگسالان بالای ۶۵ سال است (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۷). به طور خاص، عدم کنترل پویا در طول مرحله نوسان راه رفتن یا در طول چرخش‌های ناگهانی اغلب منجر به از دست دادن تعادلی می‌شود که سالمندان نمی‌توانند به موقع از نظر عصبی-عضلانی آن را اصلاح کنند. در نتیجه،

پرداختن به هر دو شکل تعادل برای شکستن چرخه ترس از افتادن که اغلب منجر به رفتار بی‌تحرك و تحلیل رفتن بیشتر وضعیت فیزیکی می‌شود، ضروری است (یک چسپن و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین قدرت عضلانی یک پیش‌بینی‌کننده حیاتی برای استقلال فیزیکی و ایمنی در بزرگسالان مسن است. از دست دادن تدریجی قدرت عضلانی، که اغلب به عنوان داینپنیا^۱ شناخته می‌شود، به طور قابل توجهی توانایی فرد را در انجام حرکات انفجاری، مانند بازیابی تعادل پس از زمین خوردن، مختل می‌کند (میچل و همکاران، ۲۰۱۲). طبق گزارش مراکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها (۲۰۲۳)، ضعف در اندام‌های تحتانی یکی از مهم‌ترین و قابل اصلاح‌ترین عوامل خطر برای زمین خوردن است. قدرت کافی عضلات چهارسر ران و مچ پا برای حفظ راه رفتن ثابت و تأمین نیروی لازم برای تثبیت بدن در طول چالش‌های وضعیتی ضروری است. بدون قدرت کافی، احتمال زمین خوردن منجر به آسیب جدی، مانند شکستگی لگن، به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد.

با توجه به نقش کلیدی سیستم دهلیزی در یکپارچگی حسی و حفظ ثبات قامت، تمرینات تحریک دهلیزی می‌تواند به عنوان مداخله‌ای موثر، بازدهی سیستم عصبی-عضلانی را در سالمندان بهبود بخشیده و از این طریق بر مولفه‌های عملکرد حرکتی تأثیر بگذارد. رابطه نظری بین تحریک دهلیزی و افزایش عملکرد حرکتی، ریشه در مکانیسم‌های انعطاف‌پذیری عصبی و ادغام حسی دارد (کالن و همکاران، ۲۰۱۲). سیستم دهلیزی به عنوان یک قطب مرکزی برای کنترل وضعیت بدن عمل می‌کند. از لحاظ تئوری، تحریک دهلیزی هدفمند، دستگاه دهلیزی-نخاعی را فعال می‌کند، یک مسیر عصبی که مسئول تعدیل محرک حرکتی نزولی و تنظیم تون عضلانی ضد جاذبه است (هان، ۲۰۲۱). طبق نظریه وزن‌دهی مجدد حسی^۲، هنگامی که سیستم دهلیزی به طور سیستماتیک تحریک می‌شود، سیستم عصبی مرکزی در به‌روزرسانی و پردازش پویای ورودی‌های حسی برای هماهنگی خروجی‌های عصبی-عضلانی کارآمدتر می‌شود (پترکا، ۲۰۰۲). این محرک عصبی تقویت‌شده نه تنها تعادل ایستا و پویا را بهبود می‌بخشد، بلکه از لحاظ تئوری می‌تواند منجر به جذب کارآمدتر واحدهای حرکتی (افزایش قدرت عضلات) و افزایش اعتماد به نفس در وضعیت بدن شود که باعث کاهش گاردینگ عضلات و در نتیجه بهبود انعطاف‌پذیری تنه می‌شود

1. dynapenia

2. Sensory Re-Weighting Theory

(تا کا کوساکی، ۲۰۱۷).

آگاهانه، توانایی ایستادن مستقل به مدت حداقل ۳۰ ثانیه. داشتن مشکلات دهلیزی در شش ماه گذشته، مشکلات ارتوپدی و عصبی، مشکلات بینایی، مصرف داروهایی که به طور قطعی بر تعادل یا هوشیاری تأثیر می‌گذارند (مانند دوزهای بالای آرام‌بخش‌ها یا داروهای ضد سرگیجه)، غیبت بیش از دو جلسه متوالی یا سه جلسه غیرمتوالی از برنامه تمرینی تعیین شده، شرکت همزمان در هرگونه برنامه توانبخشی به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شدند.

ابزار پژوهش

آزمون تعادل ایستا: برای سنجش تعادل ایستا از آزمون استورک (جانسون و نلسون، ۱۹۶۸) برحسب ثانیه و صدم ثانیه استفاده شد. طبقه انجام این آزمون، سالمند روی کف پای برتر می‌ایستد و کف پای دیگر خود را روی کناره داخلی زانوی پای اتکاء طوری قرار دادند که انگشتان پا کاملاً روبه پایین و دست‌ها در طرفین روی تاج خار صره قرار گرفت. با علامت دادن بوسیله آزمونگر، آزمودنی پاشنه پای برتر را از روی زمین بلند و تاجایی که می‌توانست تعادل خود را حفظ کرد. در مدت حفظ تعادل، سینه پای اتکا به هیچ وجه نباید از موقعیت اصلی خود جابه جا شود. پایایی گزارش شده توسط این آزمون ۰/۸۹ بوده است (ایران دوست و طاهری، ۲۰۱۶).

آزمون سنجش انعطاف‌پذیری: از آزمون ولز (ولز و دیلون، ۱۹۵۲) جهت سنجش انعطاف‌پذیری استفاده شد. آزمودنی با پاهای کاملاً کشیده روی زمین نشسته، کف پاهایش را به جعبه انعطاف سنج بطور کامل می‌چسباند، و البته نباید زانوها خم شوند بدن را به جلو خم می‌کند، با کمک نوک انگشتان هر دو دست اهرم روی جعبه را به طرف جلو حرکت داده و تا جای ممکن به جلو خم می‌کند. خم شدن به جلو، به آرامی و بدون حرکات ضربه‌ای انجام می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان خم شدن، با خط کش مدرج برحسب سانتیمتر اندازه‌گیری می‌گردد. پایایی گزارش شده برای این آزمون ۰/۹۱ است (ایران دوست و طاهری، ۲۰۱۶).

آزمون تعادل پویا: برای اندازه‌گیری تعادل پویا از آزمون بالا و پایین رفتن از پله (هیل و همکاران، ۱۹۹۶) استفاده شد. آزمودنی‌ها هفت بار از یک صندلی با ارتفاع ۲۰ سانتیمتر بالا و پایین می‌روند. بدین صورت که فرد با یک پا بالا رفته و به دنبال آن پای دیگر را به بالای صندلی می‌گذارد. سپس، پای اول را پایین و در نهایت، پای دیگر را پایین می‌آورد. بدین روش هر بار تکرار این حرکت، یک مرتبه محسوب می‌شود. هنگامی که آزمودنی هفت مرتبه این کار را انجام دادند، رکورد زمانی آزمودنی ثبت می‌گردد. پایایی تعیین شده برای آزمون مذکور در سالمندان ۰/۸۷ گزارش شده

چندین مطالعه، اثربخشی فعالیت بدنی را روی سالمندان تأیید کرده‌اند؛ برای مثال، مقاومت و کشش به طور مؤثر سارکوپنی و دامنه حرکتی را هدف قرار می‌دهند (والز و همکاران، ۲۰۲۳؛ فلورس-بلو و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، توانبخشی دهلیزی یک روش شناخته شده و مبتنی بر شواهد برای مدیریت اختلال عملکرد بالینی دهلیزی است که به طور قابل توجهی تعادل را بهبود می‌بخشد و خطر سقوط را در بیماران مبتلا به اختلالات دهلیزی محیطی کاهش می‌دهد (مک دائل و هیلر، ۲۰۱۵؛ کانیلماز و همکاران، ۲۰۲۲). تحقیقات قبلی نیز نقش تمرینات دهلیزی را در بهبود تحرک عمومی در جمعیت‌های بالینی مشاهده کرده‌اند (ابیت کوکمن و همکاران، ۲۰۲۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۱).

با این حال، یک شکاف مهم در ادبیات همچنان باقی است. علیرغم شواهد نظری قوی که مسیرهای دهلیزی را به کنترل عصبی-عضلانی گسترده‌تر مرتبط می‌کند، اثربخشی خاص یک مداخله دهلیزی هدفمند بر تمام ابعاد عملکرد حرکتی (تعادل ایستا، تعادل پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری) در جمعیت مسن کم‌تحرک بدون آسیب‌شناسی بالینی دهلیزی هنوز مشخص نیست. مطالعات موجود عمدتاً بر روی بیماران بالینی متمرکز بوده‌اند یا از تمرینات چند جزئی (ترکیبی از تمرینات هوازی، قدرتی و تعادلی) استفاده کرده‌اند که سهم خاص تمرینات حسی-هدفمند را مخدوش می‌کند (سبزی و همکاران، ۲۰۲۳؛ لا باتا-لئزائون و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین، هدف این تحقیق تعیین تأثیر یک دوره تمرینات تحریک دهلیزی بر مولفه‌های عملکرد حرکتی در زنان سالمند است.

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر با استفاده از یک طرح نیمه‌تجربی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون و شامل دو گروه کنترل و تجربی انجام پذیرفت. جامعه آماری شامل زنان سالمند غیرفعال بالای ۷۵-۶۰ سال (میانگین سنی: $66 \pm 4/5$ سال) شهر قم بود که ۳۰ نفر داوطلب واجد شرایط، پس از انتشار آگهی فراخوان و اخذ رضایت‌نامه کتبی، به صورت تصادفی در دو گروه ۱۵ نفره (گروه تجربی و گروه کنترل) جای گرفتند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: زنان سالمند بالای ۶۰ سال، غیرفعال بودن (عدم شرکت در حداقل ۹۰ دقیقه فعالیت هوازی منظم با شدت متوسط در هفته)، داشتن سلامت عمومی نسبی و توانایی درک دستورالعمل‌های ساده پژوهش، رضایت

است (جونز و همکاران، ۱۹۹۹).

آزمون قدرت عضلانی: برای سنجش قدرت عضلات پایین تنه و پاها از آزمون صندلی ایستاده (ریکی و جونز، ۱۹۹۹) استفاده گردید. شخص آزمودنی درحالی که لبه یک صندلی نشسته است، در طی مدت زمان ۳۰ ثانیه باید تا حد توان خود بایستد و دوباره به وضعیت نشسته بازگردد. میانگین تعداد دفعات انجام این حرکت در دو سیکل زمانی ۳۰ ثانیه‌ای به عنوان رکورد نهایی فرد مورد نظر محسوب شد. پایایی به دست آمده از این آزمون برای زنان ۰/۹۲ و برای مردان ۰/۸۴ است (جونز و همکاران، ۱۹۹۹).

روش اجرا

پس از انتشار آگهی فراخوان و اخذ رضایت‌نامه کتبی شرکت کنندگان به‌صورت تصادفی در دو گروه ۱۵ نفره (گروه تجربی و گروه کنترل) جایگزین شدند. پیش از آغاز مداخله، هر چهار مؤلفه عملکرد حرکتی شامل تعادل ایستا، تعادل پویا، قدرت عضلانی و انعطاف‌پذیری مورد ارزیابی قرار گرفتند. گروه تجربی تحت یک برنامه ۱۲ جلسه‌ای تمرینات تحریک دهلیزی، هفته‌ای سه بار، هر جلسه ۶۰ دقیقه، قرار گرفتند. هر جلسه شامل گرم کردن، تمرینات ثبات نگاه، پایداری وضعیتی، تعادل پویا و سرد کردن بود.

تمرینات شامل تمرینات دهلیزی مرکزی و محیطی بود که جزئیات آن در جدول ۱ ارائه شده است. شدت و پیچیدگی تمرینات متناسب با پیشرفت انفرادی، از طریق تغییر تدریجی سطوح اتکاء (از سطح سفت به فوم و تخته چرخان)، دستکاری ورودی‌های بینایی (از حالت چشم‌باز به نور کم و چشم‌بسته) و در نهایت افزایش بار شناختی با افزودن تکالیف دوگانه در جلسات پایانی، تنظیم و ارتقا یافت. تمرینات مورد استفاده در تحقیق حاضر، با برنامه‌های تمرینی بدست آمده از مطالعات پیشین مطابقت دارد (فرخی، ۲۰۱۷). گروه کنترل در طول این مدت صرفاً فعالیت‌های روزمره خود را ادامه دادند و هیچ مداخله‌ای دریافت نکردند. در پایان دوره ۱۲ جلسه‌ای، پس‌آزمون در همان شرایط ارزیابی اولیه (پیش‌آزمون) برای هر دو گروه اجرا شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از میانگین و انحراف معیار توصیف شده و برای بررسی نرمال بودن توزیع از آزمون کالموگروف-اسمیرنوف و جهت تحلیل فرضیه‌های تحقیق از تحلیل کواریانس استفاده شد.

جدول ۱: زمان‌بندی و پروتکل مداخله تمرینات تحریک دهلیزی

جلسات	هدف	شرح تمرینات و نحوه اجرا
۱ تا ۴	انطباق دهلیزی و ثبات پایه	۱. تمرینات ثبات نگاه: در حالت نشسته، فرد به یک هدف ثابت خیره شده و سر را به آرامی به چپ و راست می‌چرخاند. ۲. تعادل ایستا: ایستادن روی سطح سفت با پاهای چسبیده به هم (چشم‌باز). ۳. تعادل پویا: گام‌برداری بسیار آرام روی مینی‌ترامپولین با حمایت دست.
۵ تا ۸	جایگزینی حسی و چالش تعادل پویا	۱. تمرینات ثبات نگاه: در حالت ایستاده، حرکت هدف و سر در جهت مخالف هم. ۲. راه رفتن مارپیچ: حرکت در مسیرهای دایره‌ای با قطر ۳ متر که به تدریج کوچک‌تر می‌شود. ۳. ایستادن روی یک پا: تلاش برای حفظ تعادل روی یک پا به مدت ۱۵-۳۰ ثانیه. ۴. تخته چرخان: ایستادن روی تخته لرزان با تمرکز بر حفظ مرکز ثقل.
۹ تا ۱۲	یکپارچه‌سازی عملکردی و تحریک	۱. ثبات نگاه پویا: راه رفتن مستقیم همزمان با چرخش‌های ۹۰ درجه‌ای سر به طرفین. ۲. تمرینات روی فوم و ترامپولین: انجام درجا زدن و پرش‌های کوتاه روی سطح نرم (فوم) یا ترامپولین برای تحریک اندام‌های اتولیتی. ۳. چرخش تنه و سر: چرخش‌های سریع تنه در حالت ایستاده برای به چالش کشیدن مجاری نیم‌دایره. ۴. تکالیف دوگانه: انجام تمرینات تعادلی همزمان با شمارش معکوس یا پاسخ به سوالات ساده.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای دو گروه تجربی و کنترل در جدول ۲ گزارش شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص است، نمرات میانگین گروه تجربی در تمامی متغیرهای

عملکرد حرکتی (تعادل ایستا، تعادل پویا، قدرت عضلانی و انعطاف‌پذیری) در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش یافته است، در حالی که نمرات گروه کنترل در این دوره تغییرات جزئی داشته یا بدون تغییر باقی مانده است.

جدول ۲. اطلاعات توصیفی متغیرهای تحقیق دو گروه در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیرها	گروه تجربی		گروه کنترل	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین
تعادل ایستا	۱۴/۷ $\pm$ ۰/۶	۱۶/۹ $\pm$ ۰/۸	۱۴/۶ $\pm$ ۰/۵	۱۴/۵۵ $\pm$ ۰/۷
تعادل پویا	۱۷/۳۲ $\pm$ ۱/۲۲	۱۰/۹۵ $\pm$ ۱/۴	۱۷/۲۵ $\pm$ ۱/۳۶	۱۷/۷۲ $\pm$ ۱/۳
قدرت	۶/۳ $\pm$ ۱/۴	۹/۵۵ $\pm$ ۱/۳	۶/۲ $\pm$ ۱/۳	۶/۳ $\pm$ ۱/۲
انعطاف‌پذیری	۲۲/۳ $\pm$ ۱/۹	۲۵/۴۸ $\pm$ ۱/۳۵	۲۲/۵ $\pm$ ۱/۸	۲۲/۴۸ $\pm$ ۱/۳۵

برای انجام مقایسه‌های بین گروهی ابتدا پیش‌فرض‌های استفاده از تحلیل کوواریانس (نرمال بودن توزیع داده‌ها، همگنی واریانس‌ها، خطی بودن رابطه متغیر وابسته و هم‌پراش و همگنی شیب‌های رگرسیون) موردبررسی قرار گرفت. توزیع متغیرهای وابسته (شامل تعادل ایستا، تعادل پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری) با استفاده از آزمون کالموگروف-اسمیرنف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آماره Z برای تمامی متغیرهای تحقیق در هر دو گروه، فاقد معنی‌داری آماری است ($p > 0.05$) که نشان دهنده طبیعی بودن توزیع نمرات است. نتایج آزمون لوین نیز نشان داد که واریانس داده‌های مربوط به تعادل ایستا، تعادل پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری بین دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون همگن می‌باشد. همچنین، ترسیم نمودارهای پراکنش متغیرهای هم‌پراش متغیر وابسته برای هرکدام از گروه‌ها نشان داد که رابطه بین متغیرهای هم‌پراش و وابسته، خطی است. برای بررسی همگنی شیب‌های رگرسیون، عدم تعامل معنادار بین متغیر مستقل (گروه) و متغیر هم‌پراش (سطوح پیش‌آزمون) با استفاده از تحلیل واریانس مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج حاصله نشان داد که اثر

تعاملی گروه و متغیر هم‌پراش بر تعادل ایستا، تعادل پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری از لحاظ آماری معنادار نیستند. با توجه به برقراری مفروضه‌ها، از چهارسری تحلیل کوواریانس برای مقایسه‌های بین گروهی استفاده شد که در آن‌ها متغیر گروه (تجربی/کنترل) به‌عنوان متغیر مستقل، تعادل ایستا، تعادل پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری به‌عنوان متغیرهای وابسته و مقادیر پیش‌آزمون متغیرها به‌عنوان متغیر کنترل (هم‌پراش) در نظر گرفته شد. جدول ۳ نتایج این تحلیل را به تفکیک متغیرها ارائه می‌نماید. نتایج حاکی از آن است که مداخله دهلیزی، بهبود قابل توجهی در مؤلفه‌های تعادل ایجاد کرده است:

تعادل ایستا: پس از تعدیل نمرات پایه، تفاوت بین گروه‌ها در تعادل ایستا از نظر آماری معنی‌دار بود ($p < 0.001$ ، $F_{1,27} = 27.14$). مجذور اتا نشان می‌دهد که ۲۴ درصد از واریانس عملکرد تعادل ایستا به دلیل اثر برنامه تمرینی دهلیزی است.

تعادل پویا: در مؤلفه تعادل پویا نیز تفاوت معناداری بین پس‌آزمون دو گروه مشاهده شد ($p < 0.05$ ، $F_{1,27} = 8.75$). بر اساس مجذور اتا، ۲۱ درصد از بهبود این متغیر به واسطه تمرینات

تحریک دهلیزی بوده است.

یافته‌ها، تأثیر مثبتی بر دیگر ابعاد عملکرد حرکتی را نیز تأیید کردند:

قدرت عضلانی: اثر گروه بر قدرت عضلانی، پس از کنترل نمرات اولیه، معنی‌دار گزارش شد ($F_{1,27} = 5/74, p < 0/05$). ۲۳ درصد از تغییرات مشاهده‌شده در قدرت، به برنامه تمرینی اختصاص داده می‌شود.

انعطاف‌پذیری: تفاوت بین گروه‌ها در پس‌آزمون انعطاف‌پذیری نیز معنی‌دار بود ($F_{1,27} = 4/21, p < 0/05$). تمرینات تحریک

دهلیزی ۱۷ درصد از واریانس انعطاف‌پذیری را تبیین می‌کند.

در مجموع، بررسی میانگین نمرات پس‌آزمون در جدول ۲ نشان‌دهنده آن است که نمرات گروه تجربی در تمامی متغیرهای وابسته (تعادل ایستا و پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری)، به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه کنترل بوده است. این نتایج نشان می‌دهند که تمرینات تحریک دهلیزی دوازده جلسه‌ای، تأثیر مثبت و معناداری بر ارتقاء عملکرد حرکتی زنان سالمند داشته است.

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیری برای بررسی تفاوت گروه تجربی و کنترل ($n=30$)

متغیر وابسته	منبع تغییرات	SS	DF	MS	F	سطح معنی داری	اندازه اثر
تعادل ایستا	پیش آزمون	۸۲/۴	۱	۸۲/۴	۱۶/۴۸	۰/۰۵	۰/۱۱
	گروه	۱۳۵/۷	۱	۱۳۵/۷	۲۷/۱۴	۰/۰۰۱	۰/۲۴
	خطا		۲۷				
تعادل پویا	پیش آزمون	۳۱/۷۵	۱	۳۱/۷۵	۶/۵۵	۰/۰۵	۰/۱۵
	گروه	۴۳/۷۵	۱	۴۳/۷۵	۸/۷۵	۰/۰۵	۰/۲۱
	خطا		۲۷				
قدرت عضلانی	پیش آزمون	۱۶/۲۵	۱	۱۶/۲۵	۳/۲۵	۰/۰۸۵	۰/۰۵
	گروه	۲۸/۷	۱	۲۸/۷	۵/۷۴	۰/۰۵	۰/۲۳
	خطا		۲۷				
انعطاف پذیری	پیش آزمون	۹/۲۵	۱	۹/۲۵	۱/۸۵	۰/۱۸	۰/۰۸
	گروه	۲۱/۰۵	۱	۲۱/۰۵	۴/۲۱	۰/۰۵	۰/۱۷
	خطا		۲۷				

نتیجه‌گیری و بحث

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر یک دوره دوازده جلسه‌ای تمرینات تحریک دهلیزی بر عملکرد حرکتی (تعادل ایستا و پویا، قدرت عضلانی و انعطاف‌پذیری) زنان سالمند بود. نتایج نشان داد که ۱۲ جلسه تمرین تحریک دهلیزی منجر به بهبود معنادار در

تعادل ایستا، پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری زنان سالمند می‌شود. یافته‌های مربوط به تعادل با نتایج مک دانل و هیلر (۲۰۱۵) و هال و همکاران (۲۰۲۲) است که توانبخشی دهلیزی را روشی موثر برای بهبود ثبات وضعیتی می‌دانند. با این حال، در بحث پژوهش‌های ناهمسو، مطالعه هانسون و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که تمرینات دهلیزی در سالمندانی که دچار سرگیجه با منشأ

سایر یافته‌ها حاکی از بهبود معنی دار قدرت پس از انجام تمرینات تحریک دهلیزی بود که توسط تحقیقات پیشین مورد تأیید قرار می‌گیرد. مکانیسم این همخوانی در تقویت رفلکس دهلیزی-نخاعی نهفته است؛ که مستقیماً در حفظ وضعیت بدنی و پایداری عضلات تنه و اندام تحتانی نقش دارد. به عنوان مثال، کریم زاده، شلمزری و منصوری (۲۰۲۰) تأیید کردند که برنامه‌های ترکیبی شامل تمرینات تعادلی و قدرتی، به طور مؤثری منجر به افزایش قدرت اندام تحتانی در افراد مسن می‌شود (کریم زاده اردکانی و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین نشان داده شده که مداخلات توانبخشی دهلیزی، به‌طور معناداری چابکی و قدرت اندام تحتانی را در مردان مسن غیرفعال بهبود می‌بخشد، که این امر مستقیماً به ارتقاء تناسب اندام و کیفیت زندگی آن‌ها منجر می‌گردد (کونچا-سیسترناس و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین، نتایج پژوهش حاضر، علاوه بر تأیید سازگاری‌های عصبی-پلاستیک در سیستم دهلیزی برای بهبود تعادل، همچنین دلالت بر فعال‌سازی مسیرهای عصبی-عضلانی دارد که منجر به بهبود ثانویه در قدرت عملکردی و پایداری مرکزی می‌شود، که این نتیجه با مدل‌های چندجزئی تمرینی در ادبیات علمی هم‌راستاست. گرچه برخی پژوهش‌ها نظیر مطالعه گرانچر و همکاران (۲۰۱۲) و ولفسون (۱۹۹۶) گزارش کرده‌اند که تمرینات تعادلی علیرغم ارتقای پایداری پویا، تأثیر معناداری بر قدرت بیشینه عضلانی ندارند. این مطالعات بر این باورند که بار مکانیکی اعمال شده در تمرینات تعادلی ایستا زیر حد آستانه برای تحریک هایپرتروفی است. با این حال، بهبود قدرت در پژوهش حاضر احتمالاً به دلیل ماهیت پویای پروتکل (استفاده از ترامپولین و حرکات نوسانی) بوده است که باعث افزایش فعالیت واحدهای حرکتی و انقباضات برون‌گرای مکرر در عضلات ضدجاذبه شده است.

یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر بهبود معنی‌دار انعطاف‌پذیری در گروه مداخله، کاملاً با مفهوم آمادگی جسمانی عملکردی و نتایج مداخلات چندجزئی همخوانی دارد. بهبود تعادل و کاهش ترس از سقوط^۳ که نتیجه مستقیم تحریک دهلیزی است، منجر به افزایش اعتماد به نفس حرکتی سالمندان می‌شود (هال و همکاران، ۲۰۲۲). این افزایش اعتماد به نفس، به سالمند اجازه می‌دهد تا در حین انجام آزمون‌های انعطاف‌پذیری (مانند تست رسیدن به پنجه پا)، تلاش بیشتری کرده و دامنه حرکتی^۴ را با اطمینان بالاتر و با اجتناب کمتر از حرکت، افزایش دهد. این تأثیر غیرمستقیم در

ناشناخته هستند، تأثیر کمتری بر سرعت راه رفتن نسبت به تمرینات بدنی عمومی دارد. تفاوت نتایج تحقیق حاضر با پژوهش‌های ناهمسو احتمالاً به پروتکل ترکیبی برمی‌گردد؛ در حالی که بسیاری از مطالعات تنها بر تمرینات ثبات نگاه تمرکز می‌کنند، پروتکل حاضر شامل تمرینات روی سطوح ناپایدار (فوم و ترامپولین) بود که طبق دیدگاه مارتینز آمارت و همکاران (۲۰۱۳)، باعث درگیری همزمان سیستم حس عمقی و دهلیزی شده و برآیند مثبت‌تری بر عملکرد حرکتی کل بدن دارد.

از طرف دیگر همسو با یافته‌های تحقیق حاضر مرور نظام‌مند توسط مک دانل و هیلر (۲۰۱۵)، تأیید کرده است که توانبخشی دهلیزی یک مداخله ایمن و مؤثر برای بهبود عملکرد تعادلی و کاهش سرگیجه در افراد دارای اختلالات دهلیزی محیطی است. همچنین، مطالعه منگ و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که این تمرینات به دلیل تقویت رفلکس دهلیزی-چشمی^۱ و رفلکس دهلیزی-نخاعی^۲، باعث بهبود چشمگیر تحرک و تعادل پویا می‌شوند. از آنجا که پروتکل تمرینی این تحقیق شامل تحریک هدفمند این رفلکس‌ها و تمرین بر سطوح ناپایدار بوده است، بهبود در تعادل ایستا و تعادل پویا، دقیقاً همان تأثیری است که از نظر فیزیولوژیک و بالینی مورد انتظار بوده و کاملاً هم‌راستا با یافته‌های کلیدی در ادبیات علمی گزارش شده است. بهبود معنی‌دار در مؤلفه‌های تعادل ایستا و پویا که در نتایج تحقیق مشاهده شد، منعکس‌کننده تأثیر مستقیم پروتکل تحریک دهلیزی بر مکانیزم‌های کنترل وضعیت بدنی است. این اثربخشی عمدتاً از طریق دو فرآیند اصلی حاصل می‌شود: جبران مرکزی و بازآموزی رفلکس‌ها. تمرینات چالش‌برانگیز دهلیزی، مغز را وادار به ایجاد مسیرهای عصبی جایگزین می‌کند تا بتواند نقصان ورودی‌های دهلیزی را از طریق استفاده مؤثرتر از اطلاعات بینایی و حسی-پیکری جبران کند (مک دانل و هیلر، ۲۰۱۵). علاوه بر این، حرکات سر و تنه در حین تمرین، مستقیماً رفلکس چشمی-دهلیزی را تقویت می‌کند و به فرد امکان می‌دهد هنگام حرکت، ثبات بینایی را حفظ کند (منگ و همکاران، ۲۰۲۳). در نتیجه، این تحریک مستمر منجر به بهبود پاسخگویی و هماهنگی رفلکس دهلیزی-نخاعی می‌شود، که پایداری عضلات تنه و پاها را به‌طور مؤثرتری تنظیم کرده و در نهایت، ارتقاء قابل ملاحظه‌ای را در توانایی سالمندان برای حفظ تعادل در شرایط ایستا و پویا فراهم می‌سازد (وان در شیر-هورست و همکاران، ۲۰۱۴).

3. Fear of Falling
4. Range of Motion

1. Vestibulo-Ocular Reflex
2. Vestibulospinal Reflex

دهلیزی به عنوان یک استراتژی توانبخشی مؤثر برای کاهش خطر سقوط در سالمندان کم‌تحرك، پیش از ورود به برنامه‌های مقاومتی با شدت بالا، عمل می‌کند. اجرای عملیاتی آن باید بر یکپارچه‌سازی ایستگاه‌های تخصصی حسی-حرکتی (با استفاده از سطوح فومی ناپایدار و تخته‌های تعادل) در مراکز نگهداری سالمندان تمرکز کند تا وزن دهی مجدد حسی در فعالیت‌های روزانه ترویج یابد. علاوه بر این، از آنجا که مؤلفه‌های اصلی این پروتکل (مانند ثبات نگاه و چرخش‌های سر و تنه) کم‌هزینه بوده و به حداقل تجهیزات نیاز دارند، می‌توان آن‌ها را به راحتی در قالب برنامه‌های تمرین در منزل توسط مراقبان اجرا کرد. چنین کاربرد گسترده‌ای نه تنها استقلال عملکردی و عملکرد حرکتی سالمندان را ارتقا می‌دهد، بلکه راهکاری مقیاس‌پذیر برای کاهش بار اقتصادی سیستماتیک ناشی از بستری شدن‌های مربوط به سقوط و مراقبت‌های طولانی‌مدت فراهم می‌سازد (هال و همکاران، ۲۰۲۲).

هرچند نتایج به‌دست‌آمده از نظر آماری و بالینی قوی هستند، اما باید با در نظر گرفتن برخی محدودیت‌ها تفسیر شوند. اول، این تحقیق به‌صورت نیمه‌تجربی انجام شده و جامعه مورد مطالعه محدود به زنان سالمند غیرفعال در یک منطقه جغرافیایی خاص بود که می‌تواند قابلیت تعمیم یافته‌ها به کل جمعیت سالمندان را تحت‌الشعاع قرار دهد. دوم، مدت زمان مداخله تنها دوازده جلسه تعیین شده بود و فاقد داده‌های پیگیری طولانی‌مدت بود تا پایداری و ماندگاری اثرات مثبت مشاهده‌شده، به‌ویژه بر روی قدرت و انعطاف‌پذیری، ارزیابی شود. سوم، اندازه‌گیری‌های قدرت و انعطاف‌پذیری از طریق آزمون‌های میدانی انجام شد که هرچند استاندارد هستند، اما ممکن است در مقایسه با آزمون‌های آزمایشگاهی و ابزارهای دقیق (مانند دینامومتر)، حساسیت کمتری نسبت به تغییرات ریز فیزیولوژیک داشته و تا حدی تحت تأثیر انگیزه و اعتماد به نفس فرد در زمان تست قرار گیرند. بر اساس یافته‌ها، توصیه می‌شود تحقیقات آتی در چند مسیر اصلی دنبال شوند. از آنجایی که تأثیر بر قدرت و انعطاف‌پذیری برجسته بود، پیشنهاد می‌شود مطالعاتی با استفاده از الکترومیوگرافی صورت گیرد تا مکانیزم‌های عصبی دقیق‌تری که منجر به بهبود قدرت عملکردی می‌شوند، روشن گردد و مشخص شود که آیا این بهبود به دلیل جبران عصبی است یا افزایش هیپرتروفی عضلانی. همچنین، محققان می‌توانند یک گروه کنترلی فعال ایجاد کرده و تأثیر مستقیم تمرینات تحریک دهلیزی را با تمرینات مقاومتی سستی به‌طور مستقیم مقایسه کنند. در نهایت، انجام مطالعات پیگیری طولانی‌مدت (شش ماهه یا یک ساله) برای ارزیابی

پژوهش مارتینز آمات و همکاران (۲۰۱۳) تأیید شده است. امیلیو و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای روی سالمندان نشان دادند که برنامه‌هایی که عمدتاً پروپریوسپشن (حس عمقی) و تعادل را هدف قرار می‌دهند (مانند تمرین روی سطوح ناپایدار که در پروتکل دهلیزی شما هم هست)، به طور معنی‌داری منجر به بهبود انعطاف‌پذیری پایین‌تنه و قدرت ناحیه لومبار می‌شوند. بنابراین، می‌توان تبیین کرد که بهبود انعطاف‌پذیری در این پژوهش، نتیجه ثانویه بهبود پایداری مرکزی و افزایش کیفیت اجرای الگوهای حرکتی در پاسخ به تحریک دهلیزی است. بهبودهای مشاهده شده را می‌توان از طریق نظریه وزن‌دهی مجدد حسی تبیین کرد (پترکا، ۲۰۰۲). طبق این نظریه، سیستم عصبی مرکزی سالمندان به دلیل تخریب فیزیولوژیک سیستم دهلیزی، بیش از حد به اطلاعات بینایی وابسته می‌شود. تمرینات استفاده شده در تحقیق حاضر با حذف یا کاهش دقت بینایی (چشم بسته/نور کم)، مغز را مجبور به بازتنظیم وزن ورودی‌های حسی کرد. این فرآیند که تحت عنوان جبران مرکزی^۱ شناخته می‌شود، باعث افزایش کارایی مسیرهای دهلیزی-نخاعی شده و نه تنها تعادل، بلکه کنترل تونوس عضلانی را نیز بهبود بخشیده است، که تبیین‌کننده بهبود قدرت عملکردی در این مطالعه می‌باشد.

یافته‌های این پژوهش اهمیت بالایی در زمینه سلامت سالمندی و توانبخشی حرکتی دارد. برخلاف بسیاری از مداخلات که تنها یک مؤلفه (مانند تعادل) را هدف قرار می‌دهند، نتایج ما نشان داد که یک دوره تمرینات تحریک دهلیزی بر تمامی ابعاد عملکرد حرکتی شامل تعادل ایستا و پویا، قدرت و انعطاف‌پذیری در زنان سالمند تأثیر معنی‌داری داشته است. این تأثیر چندوجهی دستاورد بزرگ بالینی محسوب می‌شود. بهبود همزمان تعادل و قدرت، به‌طور مستقیم با کاهش مهم‌ترین ریسک فاکتور سقوط در سالمندان مرتبط است (کریم زاده اردکانی و همکاران، ۲۰۲۰). این بدان معناست که پروتکل طراحی‌شده می‌تواند به عنوان یک ابزار کاربردی و کم‌هزینه در برنامه‌های عمومی سلامت گنجانده شود. با ارتقاء قابل توجه کیفیت زندگی و استقلال عملکردی، این تمرینات نه تنها طول عمر، بلکه کیفیت سال‌های زندگی سالمندان را افزایش داده و به‌طور غیرمستقیم، بار مالی سنگین ناشی از آسیب‌های حرکتی و نیاز به مراقبت‌های طولانی‌مدت را بر سیستم بهداشت و درمان کشور کاهش می‌دهد.

از منظر بالینی و سلامت عمومی، این پروتکل ۱۲ جلسه‌ای

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در اجرای مراحل پژوهش شامل ارائه طرح اولیه، گردآوری، تحلیل و نگارش مقاله مشارکت داشتند.

تضاد منافع

این پژوهش تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

از کلیه شرکت‌کنندگان در این پژوهش به‌ویژه سالمندان و مدیران مراکز سالمندی مشارکت‌کننده در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

پایداری اثرات و میزان حفظ تعادل و آمادگی جسمانی در جمعیت سالمندان پس از پایان دوره تمرین، برای تأیید اعتبار بالینی این پروتکل ضروری به نظر می‌رسد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته تربیت بدنی گرایش رفتار حرکتی است. قبل از شرکت در مطالعه از کلیه شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه آگاهانه به صورت کتبی اخذ گردید.

حامی مالی

این پژوهش بدون حمایت مالی از موسسه یا سازمان‌های دولتی یا خصوصی دریافت نکرده است.

References

- Abit Kocaman, A., Kırdı, N., Aksoy, S., Elmas, Ö., & Dogu, B. B. (2021). The Effect of Different Exercise Training Types on Functionality in Older Fallers: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 37(2), 114-127.
<https://doi.org/10.1097/TGR.0000000000000312>
- Ahmadi, M., Noudehi, M., Esmaeili, M., & Sadrollahi, A. (2017). Comparing the quality of life between active and non-active elderly women with an emphasis on physical activity. *Iranian Journal of Ageing*, 12(3), 262-275 (in Persian). <http://dx.doi.org/10.21859/sija.12.3.262>
- Beck Jepsen, D., Robinson, K., Ogliari, G., Montero-Odasso, M., Kamkar, N., Ryg, J., Freiburger, E., & Masud, T. (2022). Predicting falls in older adults: an umbrella review of instruments assessing gait, balance, and functional mobility. *BMC geriatrics*, 22(1), 615.
<https://doi.org/10.1186/s12877-022-03271-5>
- Concha-Cisternas, Y., Castro-Pinero, J., Leiva-Ordóñez, A. M., Valdes-Badilla, P., Celis-Morales, C., & Guzman-Munoz, E. (2023). Effects of neuromuscular training on physical performance in older people: A systematic review. *Life*, 13(4), 869.
<https://doi.org/10.3390/life13040869>
- Cullen, K. E. (2012). The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends in neurosciences*, 35(3), 185-196.
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.12.001>
- Emilio, E. J. M.-L., Hita-Contreras, F., Jiménez-Lara, P. M., Latorre-Román, P., & Martínez-Amat, A. (2014). The association of flexibility, balance, and lumbar strength with balance ability: risk of falls in older adults. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 349.
- Farokhi, M. S., Haghgoo, H. A., Pishyareh, E., Hosseini, S. A., Bakhshi, E., Rezazadeh, N., Rostami, R., Sadeghi, V., & Khodabandehlou, Y. (2017). Effects Of Active Vestibulotherapy On Motor Disorders In Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *J Rehab Med*, 6(1), 74-82 (in Persian).
<https://doi.org/10.22037/jrm.2017.1100269>
- Flores-Bello, C., Correa-Muñoz, E., Sánchez-Rodríguez, M. A., & Mendoza-Núñez, V. M. (2024). Effect of exercise programs on physical performance in community-dwelling older adults with and without frailty: systematic review and meta-analysis. *Geriatrics*, 9(1), 8.
<https://doi.org/10.3390/geriatrics9010008>

- Ghasemi Pirbalouti, M., Shariat, A., & Ghazanfari, A. (2019). A Meta-Analysis of exercise therapy on reducing depression among older adults in Iran. *Health Psychology*, 8(30), 69-80 (in Persian).
<https://doi.org/10.30473/hpj.2019.40010.3982>
- Granacher, U., Muehlbauer, T., & Gruber, M. (2012). A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: impact for testing and training. *Journal of aging research*, 2012(1), 708905.
<https://doi.org/10.1155/2012/708905>
- Hall, C. D., Herdman, S. J., Whitney, S. L., Anson, E. R., Carender, W. J., Hoppes, C. W., Cass, S. P., Christy, J. B., Cohen, H. S., & Fife, T. D. (2022). Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: an updated clinical practice guideline from the Academy of Neurologic Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 46(2), 118-177.
<https://doi: 10.1097/npt.0000000000000382>.
- Han, B. I. (2021). Vestibular rehabilitation therapy: review of indications, mechanisms, and key exercises. *Simplified vestibular rehabilitation therapy*, 1-16.
- Hansson, E. E., Ma° nsson, N.-O., & Ha° kansson, A. (2004). Effects of specific rehabilitation for dizziness among patients in primary health care. A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 18(5), 558-565.
<https://doi.org/10.1191/0269215504cr771oa>
- Holland, G. J., Tanaka, K., Shigematsu, R., & Nakagaichi, M. (2002). Flexibility and physical functions of older adults: a review. *Journal of aging and physical activity*, 10(2), 169-206.
<https://doi.org/10.1123/japa.10.2.169>
- Irandoost, K., & Taheri, M. (2016). The impact of yoga and pilates exercises on older adults. *Iranian Journal of Ageing*, 11(1), 152-161 (in Persian).
<http://dx.doi.org/10.21859/sija-1101152>
- Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research quarterly for exercise and sport*, 70(2), 113-119.
- Kanyılmaz, T., Topuz, O., Ardiç, F. N., Alkan, H., Öztekin, S. N. S., Topuz, B., & Ardiç, F. (2022). Effectiveness of conventional versus virtual reality-based vestibular rehabilitation exercises in elderly patients with dizziness: a randomized controlled study with 6-month follow-up. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 88, S41-S49.
<https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.08.010>
- Karimizadeh Ardakani, M., Shalamzari, M. H., & Mansori, M. H. (2020). Effect of core stability training on postural control, risk of falling, and function of the blind: A randomized controlled trial. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 12(3), 2. <https://doi: 10.29359/BJHPA.12.3.02>
- Labata-Lezaun, N., Gonzalez-Rueda, V., Llorda-Almuzara, L., Lopez-de-Celis, C., Rodriguez-Sanz, J., Bosch, J., Vicente-Rodriguez, G., Gorczakowska, D., Araluz-Arizti, P., & Perez-Bellmunt, A. (2023). Effectiveness of multicomponent training on physical performance in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics*, 104, 104838.
<https://doi.org/10.1016/j.archger.2022.104838>
- Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Lomas-Vega, R., Caballero-Martínez, I., Alvarez, P. J., & Martínez-López, E. (2013). Effects of 12-week proprioception training program on postural stability, gait, and balance in older adults: a controlled clinical trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2180-

2188. <https://doi: 10.1519/JSC. 0b013e31827da35f>
- Laghusi, D., Boudaghi, A., Abbaszadeh, M., & Qasemzadeh, D. (2021). An Analysis of Cultural Determinants of Health With A Qualitative Approach. *Health Psychology*, 9(36), 63-86 (in Persian).
<https://doi.org/10.30473/hpj.2021.51928.4749>
- McDonnell, M. N., & Hillier, S. L. (2015). Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane database of systematic reviews*(1).
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD005397.pub4>
- Meng, L., Liang, Q., Yuan, J., Li, S., Ge, Y., Yang, J., Tsang, R. C., & Wei, Q. (2023). Vestibular rehabilitation therapy on balance and gait in patients after stroke: a systematic review and meta-analysis. *BMC medicine*, 21(1), 322.
<https://doi.org/10.1186/s12916-023-03029-9>
- Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin , M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in physiology*, 3, 260. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260>
- Migliore, S., De Angelis, M., Di Pompeo, I., Lozzi, D., Marcaccio, M., & Curcio, G. (2024). Lifestyle and Environment Influence the Psychological Well-Being of Elderly Subjects in Italy. *Brain Sciences*, 14(12), 1276.
<https://doi.org/10.3390/brainsci14121276>
- Organization, W. H. (2007). *WHO global report on falls prevention in older age*.
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of neurophysiology*, 88, 1097-1118.
<https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
- Sabzi, a., Gholami, a., Naeimikia, m., & Rouzbahani, M. (2022). The Effect of Underwater Treadmill Training on Static Balance, Dynamic Balance, and Cognitive Ability of Sedentary Elderly Women. (in Persian).
- Takakusaki, K. (2017). Functional neuroanatomy for posture and gait control. *Journal of movement disorders*, 10(1), 1.
- Valenzuela, P. L., Saco-Ledo, G., Morales, J. S., Gallardo-Gómez, D., Morales-Palomo, F., López-Ortiz, S., Rivas-Baeza, B., Castillo-García, A., Jiménez-Pavón, D., & Santos-Lozano, A. (2023). Effects of physical exercise on physical function in older adults in residential care: a systematic review and network meta-analysis of randomised controlled trials. *The lancet Healthy longevity*, 4(6), e247-e256.
[https://doi.org/10.1016/S2666-7568\(23\)00057-0](https://doi.org/10.1016/S2666-7568(23)00057-0)
- Van der Scheer-Horst, E. S., van Benthem, P. P. G., Bruintjes, T. D., van Leeuwen, R. B., & van der Zaag-Loonen, H. J. (2014). The efficacy of vestibular rehabilitation in patients with benign paroxysmal positional vertigo: a rapid review. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*, 151(5), 740-745.
<https://doi.org/10.1177/0194599814546479>
- Wang, J., Gong, J., Sui, X., Wang, L., Zhu, L., & Sun, D. (2021). An effect analysis of vestibular rehabilitation training in vertigo treatment. *American journal of translational research*, 13(4), 3494.
- Wolfson, L., Whipple, R., Derby, C., Judge, J., King, M., Amerman, P., Schmidt, J., & Smyers, D. (1996). Balance and strength training in older adults: intervention gains and Tai Chi maintenance. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(5), 498-506.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1996.tb01433.x>

- Zanjari, N., Sadeghi, R., & Delbari, A. (2019). Analysis of gender differences in time use among Iranian older adults. *Iranian Journal of Ageing*, 13(5), 588-603 (in Persian). <http://dx.doi.org/10.32598/SIJA.13.Special-Issue.588>
- Zhang, X., Huang, Y., Xia, Y., Yang, X., Zhang, Y., Wei, C., Ying, H., & Liu, Y. (2022). Vestibular dysfunction is an important contributor to the aging of visuospatial ability in older adults—Data from a computerized test system. *Frontiers in Neurology*, 13, 1049806. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1049806>.