



The effect of eight weeks of balance training and its durability on balance recovery strategy in the elderly with fall risk: A Clinical trial study

Reza Rudger^{1*}; Mohammad Hossein Alizadeh²; Mansour Sahibzamani³

1. Ph.D student in Sports Injury Pathology and Corrective Exercises, Kish International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

2. Associate Professor in Exercise Health and Sports Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

3. Associate Professor in Sports Injury Pathology and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Received: September 2022; Accepted: July 2025

Keywords

Fall Risk,
Balance Recovery
Strategy,
Proprioception,
Elderly

Abstract

Background and Aim: Falls are a major health concern among the elderly, often leading to severe injuries and reduced quality of life. Maintaining balance is crucial for fall prevention. This study aimed to investigate the effects of an 8-week combined balance and resistance training program on balance recovery strategies in elderly individuals at risk of falling, and to assess the retention of these effects.

Methods: From a population of 200 elderly individuals aged 60–75 in Kahrizak, Alborz Province, 60 participants were selected via purposive sampling based on inclusion and exclusion criteria and divided into experimental and control groups. Balance was assessed using the Berg Balance Scale. Postural control was evaluated using the Timed Up and Go test and single-leg stance test. Joint proprioception accuracy of the ankle and knee was measured using digital imaging and AutoCAD software. To compare pre-test and post-test means, mixed analysis of variance was used. The significance level was set at $p < 0.05$.

Results: Multivariate covariance analysis (MANCOVA) and pairwise comparisons of post-test scores showed statistically significant differences between the experimental and control groups in balance, postural control, and proprioception ($p \leq 0.05$).

Conclusion: The results indicated that 8 weeks of balance and resistance training improved postural control, balance, and joint proprioception accuracy in the lower limbs of the elderly. Although there was a relative decrease in the dominance of the hip strategy for balance recovery (hip/ankle ratio), these changes led to a significant improvement in balance recovery strategies. The neuro-adaptations achieved by this training remained effective for a long period. It is suggested that future research examine the effects of balance training programs longer than 8 weeks on balance recovery strategies (1).

* Corresponding Author: Tel: 09123265786

✉ Email: roodgar2391@yahoo.com

Orcid Code:0000- 0009-0009-2197-6102

Extended Abstract

Introduction

Aging populations pose significant health challenges, with falls being a leading cause of injury and mortality in older adults (1). In Iran, the elderly demographic is rapidly increasing, projected to reach 25–30% by 1410 (2). Balance recovery strategies, which rely on proprioception and neuromuscular coordination, are critical for preventing falls (3). Age-related declines in joint position sense, particularly at the ankle and knee, impair postural control (4). While resistance training improves strength and balance exercises enhance stability, few studies examine their combined effect on long-term retention of these benefits. This study aimed to investigate the effects of an 8-week combined balance and resistance training program on balance recovery strategies, postural control, and joint proprioception in elderly individuals at risk of falling. We also assessed whether these improvements persisted after the intervention ended. Understanding how multimodal training affects neuromuscular adaptations can help design more effective fall-prevention protocols. Previous research suggests that isolated interventions may be less effective than combined approaches (5). Therefore, this research focuses on evaluating both immediate gains and long-term maintenance of balance and proprioceptive improvements following a structured exercise regimen.

Method

This semi-experimental study utilized a pretest-posttest design with a control group. The population comprised 60 healthy elderly individuals (aged 60-75) from Kahrizak, Alborz Province, selected via purposive sampling based on inclusion criteria. Participants were divided into an experimental group ($n=30$) and a control group ($n=30$). The experimental group participated in an 8-week supervised program, three sessions per week, combining balance exercises and resistance training targeting lower limb muscles. The control group maintained their usual activities without structured exercise. Data collection occurred at three stages: pre-test, post-test (immediately after 8 weeks), and follow-up. Outcome measures included Balance and Postural Control assessed by the Berg Balance Scale (BBS) and Timed Up and Go (TUG) test; Muscle Strength measured using a handheld dynamometer (HHD); and Proprioception evaluated via digital photography and AutoCAD software for ankle and knee joint position sense (6). Statistical analysis was

conducted using SPSS software. Mixed Analysis of Variance (ANOVA) and Multivariate Covariance Analysis (MANCOVA) were employed to compare mean differences between groups across time points, controlling for baseline values. Pairwise comparisons examined within-group changes, with significance set at $p<0.05$.

Exercise protocols were standardized to ensure consistency. Resistance intensity increased gradually based on individual capacity to prevent injury while ensuring progressive overload. Balance exercises progressed from static to dynamic tasks to challenge postural control systems increasingly. Adherence was monitored through regular check-ins and feedback to maximize compliance. Standardized instructions minimized execution variability. The controlled environment ensured precise outcome measurement, guaranteeing data reliability and validity. Specific muscle groups were selected based on their role in postural stability, including quadriceps, hamstrings, and gastrocnemius-soleus complexes. Balance progression involved altering the base of support and introducing external perturbations to simulate real-world fall scenarios.

This systematic approach ensured the intervention was safe yet sufficiently challenging to induce physiological adaptations.

Results

The experimental and control groups in post-test scores for balance, postural control, and proprioception ($P<0.05$). Specifically, the experimental group showed significant improvements in Berg Balance Scale (BBS) scores, Timed Up and Go (TUG) performance, and lower limb muscle strength compared to the control group. The effect size analysis revealed that the training program accounted for approximately 63% of the variance in BBS scores, 38% in TUG time, and over 50% in single-leg stance tests.

Regarding proprioception, the experimental group demonstrated significantly reduced angular errors in ankle and knee joint position sense post-intervention, with eta-squared values indicating moderate to large effects for both joints. Furthermore, follow-up assessments revealed that these improvements were retained, indicating no significant difference between post-test and follow-up scores for most variables. This stability suggests long-term neuro-adaptations resulting from the combined training protocol. Pairwise comparisons confirmed that the changes in recovery strategies remained stable during the follow-up period. Table 1 summarizes the key statistical findings, including mean scores, standard deviations, and significance levels for all

measured variables across pre-test, post-test, and follow-up stages. These findings collectively support the efficacy of the 8-week intervention in enhancing functional balance and sensory accuracy in elderly individuals at risk of falling.

Discussion

The primary finding of this study is that an 8-week combined balance and resistance training program significantly improves balance recovery strategies, postural control, and joint proprioception in elderly individuals at risk of falling. These benefits persisted during the follow-up period, suggesting durable neural adaptations. The improvement in proprioception can be attributed to enhanced sensitivity of mechanoreceptors in ligaments and capsules around the ankle and knee joints due to repeated loading and positional challenges (6). Strengthening the lower limb muscles likely facilitated faster and more effective recruitment of motor units, allowing for quicker execution of ankle or hip strategies to counteract perturbations (7). The reduction in postural sway and improved TUG times reflect better integration of sensory inputs and motor outputs. These results align with previous studies demonstrating the efficacy of multimodal exercise programs in reducing fall risk (5). Unlike isolated training, the combination of resistance and balance exercises addresses multiple components of fall risk simultaneously, offering a comprehensive approach to geriatric fitness.

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the University of Tehran. Written informed consent was obtained from all participants. Confidentiality was maintained throughout the study.

Clinical application

These findings suggest that clinicians and physical therapists should incorporate combined balance and resistance training into rehabilitation protocols for older adults. Such programs can enhance functional mobility and reduce the likelihood of falls, thereby improving quality of life and reducing healthcare burdens. Programs should focus on lower limb strengthening and proprioceptive drills to maximize neuromuscular benefits.

Funding

No financial support was received for this research.

Author's Contribution

Reza Rudger designed the study, collected data, and wrote the manuscript. Mohammad

Hossein Alizadeh and Mansour Sahibzamani supervised the study, analyzed data, and revised the manuscript. All authors read and approved the final version.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

We express our gratitude to the elderly participants for their cooperation and to the staff at the Kish International Campus for their assistance.

Table 1. Summary of Descriptive Statistics for Balance, Proprioception, and Muscle Strength Variables

Variable	Group	Pre-test Mean (SD)	Post-test Mean (SD)	P-value*	Effect Size (Partial η)
Balance & Postural Control					
Berg Balance Scale	Experimental	40.33 (7.365)	66.66 (8.005)	<0.001	0.631
	Control	40.40 (3.577)	35.10 (3.467)		
Timed Up and Go (TUG) (sec)	Experimental	8.735 (0.782)	6.728 (0.898)	<0.001	0.385
	Control	7.636 (0.961)	7.562 (0.914)		
Single-leg Stance Left (sec)	Experimental	7.566 (4.561)	10.566 (5.328)	<0.001	0.664
	Control	4.710 (1.008)	4.733 (1.946)		
Single-leg Stance Right (sec)	Experimental	9.333 (4.678)	12.566 (5.373)	<0.001	0.514
	Control	6.800 (1.845)	7.366 (1.956)		
Proprioception (Error Angle in deg)					
Ankle Joint Position Sense	Experimental	3.044 (0.436)	3.776 (0.616)	<0.001	0.493
	Control	2.904 (0.368)	2.930 (0.392)		
Knee Joint Position Sense	Experimental	4.294 (0.795)	4.964 (1.083)	<0.001	0.348
	Control	3.695 (0.699)	3.747 (0.713)		
Muscle Strength (Nm)					
Dorsiflexors	Experimental	16.366 (7.583)	16.473 (2.246)	<0.001	0.455
	Control	15.523 (2.328)	16.200 (2.522)		
Plantarflexors	Experimental	15.176 (2.420)	18.633 (2.601)	<0.001	0.543
	Control	17.716 (2.376)	18.310 (2.241)		
Knee Extensors	Experimental	7.990 (1.910)	10.503 (3.145)	<0.001	0.386
	Control	7.453 (1.293)	7.046 (1.186)		
Knee Flexors	Experimental	8.584 (2.542)	11.110 (3.372)	<0.001	0.541
	Control	7.130 (1.020)	7.170 (0.921)		



تأثیر هشت هفته تمرینات تعادلی و ماندگاری آن بر استراتژی بازیابی تعادل در سالمندان با خطر سقوط: یک کارآزمایی بالینی

رضا رودگر^{۱*}، محمدحسین علیزاده^۲، منصور صاحب‌الزمانی^۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، واحد پردیس بین الملل کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- استاد گروه بهداشت و طب ورزش، دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران.

۳- استاد گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه باهنر، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، کرمان، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: شهریور ۱۴۰۱؛ پذیرش: مرداد ۱۴۰۴

چکیده

زمینه و هدف: یکی از عوامل مؤثر در جلوگیری از سقوط سالمندان، حفظ تعادل و درمان مشکلات تعادلی است. هدف تحقیق بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات تعادلی و ماندگاری آن بر استراتژی بازیابی تعادل در سالمندان با خطر سقوط بود.

روش بررسی: از بین ۲۰۰ سالمند کهریزک استان البرز با دامنه سنی ۶۰ - ۷۵ سال، ۶۰ نفر به طور هدفمند براساس معیارهای ورود و خروج، به ۲ گروه، کنترل و تجربی تقسیم شدند. برای اندازه‌گیری تعادل (آزمون تعادلی برگ)، اندازه‌گیری کنترل پاسچر (آزمون تعادلی زمان برخاستن و حرکت کردن، آزمون تک‌پا) و اندازه‌گیری دقت حس عمقی مفاصل مچ پا و زانو (عکس برداری دیجیتال و نرم‌افزار اتوکد) استفاده شد. جهت مقایسه میانگین اطلاعات پیش‌آزمون و پس‌آزمون، آزمون تحلیل واریانس ترکیبی استفاده شد. سطح معنی‌داری ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج: آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره و اثرات مقایسه زوجی نمرات پس‌آزمون برای متغیرها شامل: تعادل، کنترل پاسچر و حس عمقی نشان داد بین گروه‌های آزمایش و کنترل، تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد اجرای ۸ هفته تمرینات تعادلی در سالمندان، موجب ارتقای کنترل پاسچر، تعادل و افزایش دقت حس عمقی در مفاصل اندام تحتانی و نیز بهبود معنی‌داری در توانایی کنترل پاسچر افراد شود. پس از اعمال تمرینات با وجود کاهش نسبی در غالب بودن استراتژی ران برای بازیابی تعادل (مفصل ران/ مفصل مچ پا) این تغییرات بهبود معنی‌داری در استراتژی بازیابی تعادل داشت و سازگاری‌های عصبی بدست‌آمده توسط این تمرینات برای دوره طولانی مدت باقی‌ماند. پیشنهاد می‌گردد تحقیقات آتی به بررسی تأثیر تمرینات تعادلی در یک دوره بیش از هشت هفته تمرینات بر استراتژی‌های بازیابی تعادل بپردازد.

واژگان کلیدی

خطر سقوط،

استراتژی بازیابی تعادل،

حس عمقی،

سالمند

مقدمه

تحقیقات نشان می‌دهند که جمعیت سالمندان جهان در مقایسه با سال‌های گذشته رو به افزایش است. رشد بهداشت عمومی، افزایش امید به زندگی، گسترش امکانات نگهداری از افراد مسن، باعث ایجاد تغییرات مثبتی در نگرش به پدیده سالمندی در سال‌های اخیر شده است، در نتیجه این پیش بینی را قابل باور می‌کند که جمعیت ۶۰۰ میلیونی سالمندان بالای ۶۰ سال در سال ۲۰۰۲ به جمعیتی حدود ۲ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت (۱،۲).

با آنکه توزیع جغرافیایی این جمعیت در سراسر جهان یکسان نیست و به شاخص‌های فرهنگی، اقتصادی، بهداشتی و بسیاری از عوامل دیگر وابسته است، اما ایران با پدیده انفجار جمعیت سالمندی در سال ۱۴۱۰ مواجه خواهد شد و ۲۵ تا ۳۰٪ جمعیت آن بالای ۵۰ سال خواهد بود (۳). هدف از زندگی سالمندان برخورداری از عمر طولانی، افزایش کیفیت زندگی و سلامت جسمانی آنان می‌باشد. بر این اساس مهمترین مساله در ارتقای سطح کیفیت زندگی و سلامت جسمانی، مربوط به استقلال آنان در فعالیت‌های جسمی و ادامه زندگی به صورت فعال است (۴). گزارشات نشان داده به طور متوسط یک نفر از میان هر سه سالمند بالای ۶۵ سال و یک نفر از میان هر دو سالمند بالای ۸۰ سال، حداقل یک مرتبه در سال زمین خوردن را تجربه می‌کنند (۵). با افزایش سن، کم تحرکی و فقر حرکتی افزایش می‌یابد، لذا کاهش تعادل و در نتیجه سقوط افراد مسن و همچنین کاهش کیفیت زندگی از جمله مسائل بسیار مهم است که باید به آن توجه بیشتری شود (۴). کاهش تعادل در افراد سالمند، همراه با افزایش زمین خوردن آنان است، به طوری که هر ساله یک سوم سالمندان ۶۵ سال به بالا زمین خوردن را تجربه می‌کنند (۶). پیامدهای زمین خوردن سالمندان می‌تواند طیف وسیعی از ناتوانی‌ها از جمله عواقب جسمانی (شکستگی لگن، از کار افتادگی، از دست دادن توانایی فیزیکی و مرگ) و یا عواقب روانی (از دست دادن اعتماد به نفس، عزت نفس و کاهش امید به زندگی) را در پی داشته باشد (۷،۸).

از دیگر مواردی که به دنبال افتادن برای سالمندان ایجاد می‌شود، پیامدهای مالی است. به طوری که گزارش شده است در ایالات متحده آمریکا سالانه ۱۰ بیلیون دلار هزینه جهت درمان شکستگی‌های ران در بین سالمندانی که زمین

می‌خورند، به خانواده‌ها تحمیل می‌شود (۹). پژوهشگران عوامل مؤثر در زمین خوردن را به دو دسته عوامل خارجی و عوامل داخلی تقسیم می‌کنند. از عوامل خارجی می‌توان اثر نور ناکافی، ناهمواری زمین و استفاده از کفش نامناسب را نام برد. عوامل داخلی مانند کاهش قدرت عضلانی، کاهش دامنه حرکتی مفاصل، کاهش فعالیت سیستم‌های حسی، بینایی، دهلیزی و عمقی می‌باشد که در نتیجه اختلال در عملکرد سیستم‌های فیزیولوژیک بدن ایجاد می‌شوند (۱۰). ضعف عوامل داخلی می‌تواند باعث کاهش تعادل در سالمندان شود و احتمال زمین خوردن در آنها را افزایش دهد (۱۱).

محققین از میان عوامل داخلی علل زمین خوردن، کاهش مهارت‌های تعادل و اختلال در الگوهای راه رفتن را عوامل کلیدی در زمین خوردن و دیگر مشکلات حرکتی سالمندان می‌دانند و معتقدند تعادل پایه و اساس زندگی مستقل و پویاست (۱۰). تعادل را می‌توان به سادگی به عنوان توانایی نگهداری مرکز ثقل بدن (COG) در محدوده پایدار که به وسیله سطح اتکا تعیین می‌شود، تعریف کرد. عدم اعتماد به تعادل یکی از مشکلات سلامتی عمده‌ی سالمندان است که مشارکت آنها در فعالیت‌های روزمره زندگی را محدود می‌کند (۱۲). از طرف دیگر اغلب سالمندان برای درمان از داروهای گوناگونی استفاده می‌کنند که ممکن است تعادل و پایداری را تحت تأثیر قرار دهند (۱۳). کاهش تعادل به عنوان یکی از تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با افزایش سن مطرح می‌شود (۱۴). چرا که با ورود به دوره سالمندی تغییرهایی در عملکرد سیستم های اسکلتی-عضلانی، سیستم دهلیزی، سیستم حسی پیکری و سیستم بینایی به عنوان سیستم‌های فیزیولوژیک درگیر در تعادل رخ می‌دهد (۱۵).

از سوی دیگر، با آغاز دوران سالمندی سیستم‌های عصبی که دروندادهای حسی پیکری برای حفظ تعادل را سازماندهی می‌کند، دچار تغییراتی می‌شود (۱۶). اگرچه پیری غیر قابل اجتناب است ولی سرعت و مقدار تنزل در ساختار فیزیولوژیکی با ورزش قابل کنترل و حتی برگشت‌پذیر است.

سالمندان انجام شده است که هرکدام برنامه‌ی متفاوتی را پیشنهاد داده‌اند (۲۴).

با توجه به اهمیت تمرینات تعادلی و تقویت حس عمقی در کاهش سقوط سالمندان، محقق به دنبال دستیابی به برنامه تمرینی مؤثر بود تا بتواند حداکثر درگیر نمودن حس‌های عمقی را به دنبال داشته‌باشد و از آنجا که میزان ارتباط بین استراتژی‌های بازبایی تعادل و انتقال آن از مفصل مچ پا به سمت ران و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک اعم از تعادل، حس عمقی و همچنین سرعت عکس العمل افراد کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، لذا محقق امیدوار است تا در صورت مؤثر بودن نتایج تمرینات بر گروه تجربی، استراتژی‌های تعادلی سالمندان (اندازه‌گیری توسط آزمون برگ) ارتقا یابد و باعث کاهش خطر سقوط گردد، از این‌رو اطلاعات مؤثرتری در اختیار پزشکان، مربیان و تمرین‌دهندگان ورزشی قرار گیرد.

روش تحقیق

طرح تحقیق دارای طرح دو گروهی همواره با مداخله تمرینی تمرینات تعادلی در گروه تجربی و بدون مداخله تمرینی در گروه کنترل و همچنین همراه با روند پیش‌آزمون-پس‌آزمون در هر دو گروه انجام شد. جامعه آماری، ۲۰۰ نفر از سالمندان سالم کهریزک استان البرز در دامنه سنی ۶۰ تا ۷۵ سال (مرد و زن) انتخاب گردیدند، که از بین آنها به صورت هدفمند تعداد ۶۰ نفر (۱۵ نفر سالمند مرد بدون فعالیت ورزشی و ۱۵ نفر سالمند زن بدون فعالیت ورزشی به عنوان گروه کنترل ۱۵ نفر سالمند زن با فعالیت ورزشی و ۱۵ نفر سالمند مرد با فعالیت ورزشی به عنوان گروه تجربی) به منظور نمونه آماری انتخاب شدند.

$$N = (Z_1 - \alpha/2 + Z_{1-\beta})^2 (S_{12} + S_{22}) \div (M_1 - M_2)$$

آزمودنی‌ها پس از کامل نمودن فرم ضایع‌نامه‌ی شرکت در این پژوهش و با توجه به معیارهای ورود و خروج، به صورت هدفمند به دو گروه شامل: یک گروه کنترل با میانگین سن ۳/۱۲ ± ۶۱/۷۰ سال و یک گروه تجربی با میانگین سن ۳/۴۲ ± ۶۳/۴۰ سال تقسیم شدند.

معیارهای ورود به مطالعه در محدوده‌ی سنی ۶۰ الی ۷۵ سال، توانایی در راه رفتن و انجام فعالیت‌های روزمره بدون استفاده از وسیله کمکی، دارای سلامت کامل عمومی بوده و

تقویت عوامل مؤثر در حفظ تعادل اعم از حس عمقی مفاصل به عنوان یک راهبرد اساسی در درمان و پیشگیری از مشکلات تعادلی مؤثر می‌باشد (۱۷). تحقیقات نشان داده است که حس عمقی، تربیت‌پذیراست و پروتکل‌هایی که شامل آموزش حس عمقی باشد، باعث پیشرفت حرکات عملکردی می‌گردد. برای آموزش حس عمقی باید از پروتکل‌هایی استفاده کرد که این سیستم را درگیر کند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که پروتکل‌های بهبود تعادل، باعث درگیر شدن سیستم حس عمقی می‌شود؛ یکی از مهمترین عوامل ایجاد آسیب‌ها در افراد سالمند، ضعف در تعادل به حساب می‌آید. از متغیرهای مهم بالینی که متخصصان طب ورزش برای بازگرداندن افراد آسیب‌دیده به فعالیت‌ها در نظر می‌گیرند، ارزیابی میزان تعادل و کنترل پاسچر و حس عمقی، آنان می‌باشد (۱۸، ۱۹).

پژوهشگران بر این باورند که تمریناتی بیشترین اثربخشی را برای جامعه سالمندان دارند که عوامل روانی-حرکتی از جمله تعادل، زمان واکنش، کنترل قامت، پایداری پویا و قدرت و انعطاف پذیری عضلانی، که از عوامل ایجادکننده سقوط هستند، را هم زمان با هم مد نظر قرار دهند (۲۰، ۲۱). تمرینات حس عمقی و تعادلی شامل حرکات کششی و قدرتی است که در طول دامنه حرکتی مفصل، با یک سرعت کنترل‌شده همراه با تمرکز و تنفس‌های عمیق انجام می‌شود. اجرای این تمرینات نیاز به مهارت و تجهیزات خاصی ندارد و بر روی تشک و برای افراد با سطح آمادگی جسمانی معمولی قابل اجرا می‌باشد. در طول یک جلسه تمرینات حس عمقی و تعادلی، فرد روی فعال نمودن برخی عضلات خاص در یک توالی عملکردی با سرعت‌های کنترل‌شده با توجه ویژه به تنفس و حس عمقی متمرکز می‌شود، هدف از انجام این تمرینات ایجاد حرکت مطلوب و کارا، ثبات تنه و بهبود اجرا عنوان شده‌است (۲۲).

باتوجه به افزایش شیوع پدیده زمین‌خوردن در دوران سالمندی، تغییر در استراتژی‌های بازبایی تعادل و انتقال آن از مفصل مچ پا به سمت ران به عنوان یک ریسک فاکتور مهم به شمار می‌رود (۲۳). پژوهش‌هایی در خصوص بهبود عملکرد تعادلی و پیشگیری از خطر افتادن

به منظور اندازه‌گیری تعادل آزمودنی‌ها از آزمون تعادلی زمان برخاستن و حرکت کردن و آزمون تعادلی تک پا^۱ SLB استفاده گردید (۳۰).

اندازه‌گیری حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا

برای اندازه‌گیری دقت حس عمقی مفاصل مچ پا و زانو از مارکرگذاری پوستی، عکس‌برداری دیجیتال و نرم‌افزار آتوکد استفاده شد. پیش از شروع اندازه‌گیری از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد تا از یک شورت استرچ ورزشی کوتاه استفاده کرده و هیچگونه پوشش دیگری در اندام تحتانی خود نداشته باشند؛ سپس هر یک از این افراد در حالت ایستاده و کاملاً راحت قرار گرفته و شش عدد مارکر پوستی در سمت خارجی اندام مورد آزمون (در شش نقطه) چسبانده می‌شد. لازم به ذکر است که ارزیابی‌های حس عمقی در تحقیق حاضر بر روی هر دو لندام برتر و غیر برتر آزمودنی‌ها صورت گرفت. پس از اتصال مارکرها، فرد مورد مطالعه روی یک صندلی می‌نشست بطوری که پاهای او از زمین فاصله داشته و به صورت آویزان قرار می‌گرفتند. در این وضعیت و جهت اندازه‌گیری دقت حس عمقی مفصل زانو از آزمودنی خواسته می‌شد تا ابتدا با چشمان باز سه مرتبه زانوی خود را تا زاویه ۴۵ درجه اکستنشن (اندازه‌گیری بوسیله گونیامتر) حرکت داده، به مدت سه ثانیه در همان وضعیت نگه‌داشته و آن را در حافظه کوتاه‌مدت خود حفظ کند.

در این وضعیت، اولین عکس از جانب خارجی زانو گرفته‌شده و سپس زانو به وضعیت استراحت برگردانده می‌شد (۳۱). لازم به ذکر است که در ارزیابی حس عمقی مفصل زانو، ارتفاع دوربین با استفاده از سه پایه مخصوص و مطابق با ارتفاع زانوی آزمودنی‌ها به صورت عمود تنظیم‌شده و تمامی تصاویر از فاصله ۱۸۵ سانتیمتری ثبت می‌شدند (۳۱). در ادامه جهت حذف مداخله بینایی در حین اندازه‌گیری از چشم‌بند استفاده شد و از آزمودنی خواسته شد که سر خود را بصورت صاف و ثابت نگه‌دارد؛ با حفظ چنین پاس‌چری فرد می‌بایست ساق پا را به صورت فعال حرکت داده، زاویه مورد نظر را بازسازی کرده و آن را با کلمه «خوبه» اعلام نماید. این عمل سه بار تکرار و با هر بار تکرار، از زاویه‌ی بازسازی‌شده عکس‌برداری صورت می‌گرفت تا میانگین این سه زاویه به عنوان رکورد آزمودنی در بازسازی

معیارهای خروج از مطالعه شامل: آسیب‌دیدن در حین تمرینات، عدم توانایی در اجرای آزمون‌ها و یا برنامه‌های تمرینی، سابقه اختلالات حسی حرکتی و یا مشکلات شدید بینایی، علائم بیماری، سابقه شکستگی، جراحی و بیماری مفصلی در اندام تحتانی، استفاده از داروی آرام‌بخش و ضد درد ۴۸ ساعت قبل از اجرای آزمون، ابتلا به هرگونه ناهنجاری قابل مشاهده در اندام تحتانی، داشتن سابقه سقوط در یک سال گذشته، افرادی که بیماری‌های زمینه‌ای از قبیل پارکینسون، آلزایمر، دیابت و از این قبیل بیماری‌ها را داشتند، افراد دارای مشکل حرکتی و درد در ناحیه مچ پا، مشکل درد در ناحیه پاشنه، مشکل در ناحیه لگن، ران و ساق پا و یا افرادی که در برنامه‌های تمرینی منظم خارج از تحقیق مشارکت داشتند، بود و این اطلاعات همزمان با جمع‌آوری اطلاعات فردی گردآوری شد (۲۵).

نحوه‌ی بررسی استراتژی‌های بازیابی تعادل

برای اطمینان از سلامتی آزمودنی‌ها و توانایی آنها برای شرکت در آزمون از پرسشنامه پزشکی و آزمون‌های ساده، استفاده شد (۲۶). ۲۴ ساعت قبل از انجام تمرینات یک پیش‌آزمون (اندازه‌گیری حس عمقی مچ پا در زاویه اینورژن و اورژن ۱۵ درجه) از هر دو گروه گرفته شد (۲۷). تا معلوم گردد که میزان حس عمقی چه مقدار است و بعد از آن تمرینات را آغاز کردند. پس از ارزیابی سطح آمادگی‌بدنی آزمودنی‌ها و تعیین سطح آنها (توسط پرسشنامه پزشکی که اجازه فعالیت شرکت‌کنندگان به میزان موارد خواسته‌شده در این پژوهش را صادر می‌کرد)، یک گروه تجربی به تعداد ۳۰ نفر، به مدت ۸ هفته، هفته‌ای سه جلسه و در هر جلسه در حدود ۵۰ دقیقه، شرکت کردند.

استراتژی‌های بازیابی تعادل

در تحقیق حاضر جهت ثبت دقیق اطلاعات کینماتیک موبوط به استراتژی‌های بازیابی تعادل از آزمون تعادلی برگ (اعتبار درونی ۹۸/۰، بیرونی ۹۹/۰) که شامل ۱۴ مرحله است استفاده شد. هر فعالیت دارای امتیازدهی صفر تا ۴ بوده که امتیاز ۴ به معنای تولنایی کامل و امتیاز صفر به معنای عدم تولنایی در اجرای فعالیت است و بدین ترتیب کل امتیاز این آزمون ۵۶ است (۲۸، ۲۹).

ارزیابی تعادل

زاویه هدف ۴۵ درجه ثبت شود (۳۱،۳۲).

پروتکل تمرینی

اساس تمرینات استفاده شده در پروتکل، تمرینات اختصاصی ثبات دهنده مفصل مچ پا، بازآزموی حس عمقی مفصل مچ پا، تعادل در مفصل مچ پا و متعاقب آن تعادل برای کل بدن در نظر گرفته شد (۳۰). آزمودنی ها هشت هفته و در هر هفته سه جلسه ۵۰ دقیقه ای تمرین ها را انجام دادند. هر جلسه تمرین به چهار قسمت تقسیم گردید. مرحله اول گرم کردن (۱۰ دقیقه)، مرحله دوم تمرین های هوازی خیلی سبک به منظور آمادگی برای اجرای تمرین ها (۱۵ دقیقه)، مرحله سوم تمرین های تعادلی (۲۰ دقیقه) و مرحله آخر سرد کردن و بازگشت به حالت اولیه (۵ دقیقه) بود. گرم کردن عمومی شامل حرکات کششی بود و هدف آن افزایش ضربان قلب و دمای بدن به منظور آمادگی عضلات برای انجام تمرین هوازی (راه رفتن و نرم دویدن) بوده است. پس از انجام تمرین هوازی، تمرین های تخصصی انجام گردید و در پایان حرکات کششی برای سرد کردن و بازگشت به حالت اولیه اجرا شد.

تمرین های تعادلی در ماه نخست به صورت عمومی و برای تمام عضلات بدن اجرا گردید که شامل حرکاتی همچون تک پا ایستادن، اسکات پویا و ایستا، روی یک پا ایستادن روی سطح سازگار، تقویت ساق پا، چرخش سر با

چشمان بسته بود. تمرین های تعادلی در ماه دوم شامل تمرین های اختصاصی تعادلی برای عضلات اندام های تحتانی به شرح ذیل بود:

در حالی که فرد روی توپ می نشست و کف پاها و پاشنه را روی زمین قرار می گرفت به گونه ای که زانو با ران در زاویه ۹۰ درجه قرار گیرد، از او خواسته شد تنه را در حالت عمودی به مدت ۳۰ ثانیه نگاه دارد. سپس تمرینات شیب لگن (قدامی / خلفی، چپ / راست) و تمرینات چرخشی را انجام داده و بعد از ۳۰ ثانیه استراحت تمرینات مربوط به پرش های چرخشی انجام شد و در نهایت بعد از ۳۰ ثانیه استراحت به تمرینات راه رفتن طوری که انگشتان یک پا با پاشنه پا دیگری برخورد داشتند ادامه داد (۲۸، ۳۰).

نکاتی که در انجام تمرینات تعادلی می بایست در نظر گرفته می شد شامل: کاستن وسیله حمایتی یا تکیه به گونه ای که ابتدا آزمودنی به یک جسم مثل نیمکت یا صندلی تکیه داده و سپس در طول زمان از تکیه یا وسیله حمایتی کاسته شد. به دنبال انجام تمرینات پیشرفته تعادلی با چشم بسته، افزایش تعادل پویا با کاهش سطح اتکا در طول راه رفتن صورت پذیرفت. به عنوان مثال آزمودنی می بایست در پی راه رفتن نرمال راه رفتن بر روی خط مستقیم و سپس راه رفتن روی پاشنه و انگشتان پا را اجرا می کرد.



شکل ۱



شکل ۲

تمرینات ورزشی		اول		دوم		سوم		چهارم		پنجم		ششم		هفتم		هشتم	
		تکرار	دور	تکرار	دور	تکرار	دور	تکرار	دور	تکرار	دور	تکرار	دور	تکرار	دور	تکرار	دور
		۱۰-۱۵	۱	۱۰-۱۵	۲	۱۰-۱۵	۳	۱۰-۱۵	۴								
	بلند کردن پاشته	۱۰-۱۵	۱	۱۰-۱۵	۲	۱۰-۱۵	۳	۱۰-۱۵	۴								
	بلند کردن انگشتان پا	۱۰-۱۵	۱	۱۰-۱۵	۲	۱۰-۱۵	۳	۱۰-۱۵	۴								
	کشش گوه ای	۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه		۲ دقیقه									
	دوری فیکسون همراه با مقاومت (کش) در جهت مخالف	۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه		۲ دقیقه									
	پلاتنر فلکسون همراه با مقاومت (کش) در برابر حرکت	۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه		۲ دقیقه									
	اینورژن همراه با ایجاد مقاومت(کش)	۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه		۲ دقیقه									
	اورژن همراه با ایجاد مقاومت (کش)	۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه		۲ دقیقه									
	تک پا ایستادن روی هرپا به نوبت	۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه		۲ دقیقه		۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۳۰ ثانیه یا چشم بسته		۱ دقیقه با چشم بسته	
	تک پا ایستادن رو ی سطح ناسازگار									۳۰ ثانیه		۱ دقیقه		۳۰ ثانیه یا چشم بسته		۱ دقیقه با چشم بسته	
	چرخش سر									۱۰ تکرار		۲۰ تکرار		۱۰ تکرار یا چشم بسته		۲۰ تکرار با چشم بسته	
	پرش های چرخشی روی سطح صاف													۳ تکرار		۵ تکرار	

برابر با ۹۵ درصد با آلفای کوچکتر و یا مساوی با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج مطالعه

اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف معیار سن، قد جرم و شاخص توده‌ی بدن آزمودنی‌ها و همچنین اطلاعات مربوط به تعیین همسانی گروه‌ها در این خصوصیات که به وسیله آزمون تی مستقل جمع‌آوری شده در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. از روش‌های آمار توصیفی جهت مرتب‌کردن و توصیف داده‌ها استفاده شد (33). اندازه اثر پروتکل تمرینی برای هر یک از اختلافات معنی دار درون گروهی و بین گروهی نیز به روش اتا اسکوارد η^2 سنجیده شد و اندازه‌ی اثر ۰/۱ تا ۰/۵۹ به عنوان کوچک، ۰/۰۶ تا ۰/۱۳۹ به عنوان متوسط و ۰/۱۴ به بالا به عنوان اندازه‌ی اثر بزرگ در نظر گرفته شدند (۳۴). لازم به ذکر است که سطح معناداری تحقیق حاضر

جدول ۲- فاکتورهای جمعیت‌شناختی نمونه‌های تحقیق

متغیر	گروه کنترل Mean±SD	گروه تجربی Mean±SD	آماره تی	درجه آزادی	P
سن	۶۱/۷۰±۳/۱۲	۶۳/۴۰±۳/۴۲	۱/۳۲۴	۲۸	۰/۱۴۰
قد	۱/۶۷±۰/۰۳	۱/۶۸±۰/۰۵	۰/۳۳۱	۲۸	۰/۷۰۶
جرم بدن	۶۸/۷±۸/۱۸	۷۰/۱±۵/۲۵	-۰/۰۴۶	۲۸	۰/۸۱۵
شخص توده بدن	۵۵/۲±۶۸/۲۴	۲۴/۵۷±۳/۷۰	-۰/۰۸۸	۲۸	۰/۹۰۲

لین آزمون‌ها، پیش‌فرض نرم‌لیتی، همگنی واریانس و همگنی ماتریس واریانس-کوواریانس به کمک آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنف، آزمون لوین و آزمون باکسام بررسی شد.

با توجه به سطوح معناداری آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بیشتر از مقدار سطح معناداری $\alpha=0/05$ بود ($P>0/05$)، در نتیجه فرض نرمالیتی نمرات تعادل پویا، حس عمقی، پژوهش، تأییدشد.

نتایج این آزمون نشان داد گروه‌ها در متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی همگن هستند و بین دو گروه اختلاف معناداری وجود ندارد ($P>0/05$) (جدول ۲). برای مشخص کردن آن که آیا بین ابعاد متفاوت تمرینات تعادلی بر استراتژی بازیابی تعادل در سالمندان با خطر سقوط در گروه‌های آزمایش و کنترل تفاوت معناداری وجود دارد یا خیر؟ از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره (ANCOVA) و چند متغیره (MANCOVA) استفاده شد. برای استفاده از

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره مربوط به متغیرهای تعادل پویا و حس عمقی

متغیر	شاخص آماری	مقادیر	F آماره آزمون	Df فرضیه	Df خطا	Sig سطح معناداری
تعادل پویا	لامبدای ویلکز	۰/۲۱۵	۴۶/۶۴۶	۴	۵۱	<۰/۰۰۱
حس عمقی	لامبدای ویلکز	۰/۴۸۹	۲۸/۶۹۰	۲	۵۵	<۰/۰۰۱

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس نشان داد بین متغیرهای تعادل پویا و کنترل پاسچر در بین گروه‌های آزمایش و کنترل، حداقل در یکی از متغیرها از نظر آماری تفاوت

معناداری وجود دارد. ($P=0/000$) همچنین ۸ هفته تمرینات حس عمقی بر استراتژی‌های بازبایی تعادل تأثیر معناداری دارد ($P=0/000$). (جدول ۳).

جدول ۴- نتایج مقایسه‌های زوجی زمان‌های مورد مقایسه در متغیرهای تعادل

متغیرها	تفاوت	Mean. Diff	Std. Error Mean	Sig
		تفاوت میانگین‌ها	انحراف معیار تفاوت‌ها	سطح معناداری
نمره تعادل برگ (Berg Balance Scale)	پیش آزمون-پس آزمون	۶/۴۸۳	۰/۳۵۰	<۰/۰۰۱
	پیش آزمون-پیگیری	۳/۱۵۰	۰/۶۸۸	<۰/۰۰۱
	پس آزمون-پیگیری	۹/۶۳۳	۰/۶۷۵	<۰/۰۰۱
زمان درخواستن و حرکت کردن (ثانیه)	پیش آزمون-پس آزمون	۱/۰۴۰	۰/۱۱۱	<۰/۰۰۱
	پیش آزمون-پیگیری	-۰/۲۴۲	۰/۱۷۳	۰/۱۶۸
	پس آزمون-پیگیری	-۱/۲۸۲	۰/۱۵۱	<۰/۰۰۱
آزمون تعادلی تک پا چپ (ثانیه) Single-leg stance test (Left)	پیش آزمون-پس آزمون	۱/۴۶۰	۰/۱۱۷	<۰/۰۰۱
	پیش آزمون-پیگیری	۰/۵۰۳	۰/۲۷۰	۰/۰۶۸
	پس آزمون-پیگیری	۱/۹۶۳	۰/۳۲۱	<۰/۰۰۱
آزمون تعادلی تک پا راست (ثانیه) Single-leg stance test (Right)	پیش آزمون-پس آزمون	۱/۸۷۰	۰/۱۳۱	<۰/۰۰۱
	پیش آزمون-پیگیری	۲/۴۱۱	۰/۳۷۸	<۰/۰۰۱
	پس آزمون-پیگیری	۴/۲۸۰	۰/۴۳۷	<۰/۰۰۱

نتایج حاصل از مقایسه‌های زوجی زمان‌های مورد مقایسه در متغیرهای تعادلی نشان داد نمرات پیگیری نسبت به پس‌آزمون، در میانگین متغیرهای نمره تعادل برگ، تعادلی تک پا چپ و تعادلی تک پا راست افزایش و در

میانگین متغیر زمان درخواستن و حرکت کردن کاهش داشته است. از این‌رو می‌توان گفت ۸ هفته تمرینات تعادلی بر اثر ماندگاری در تعادل تأثیر معناداری دارد (جدول ۴).

جدول ۵- نتایج مقایسه‌های زوجی زمان‌های مورد مقایسه در متغیرهای حس عمقی (با چشمان بسته)

متغیرها	تفاوت	Mean. Diff	Std. Error Mean	Sig
		تفاوت میانگین‌ها	انحراف معیار تفاوت‌ها	سطح معناداری
مفصل مچ پا	پیش آزمون-پس آزمون	۰/۳۷۹	۰/۰۴۱	<۰/۰۰۱
	پیش آزمون-پیگیری	۰/۰۳۸	۰/۰۳۹	۰/۳۴۲
	پس آزمون-پیگیری	۰/۳۴۲	۰/۰۶۰	<۰/۰۰۱
مفصل زانو	پیش آزمون-پس آزمون	۰/۳۶۰	۰/۰۴۷	<۰/۰۰۱
	پیش آزمون-پیگیری	۰/۲۲۰	۰/۰۷۳	۰/۰۰۴
	پس آزمون-پیگیری	۰/۱۳۹	۰/۰۹۳	۰/۱۳۸

با توجه به نتایج جدول (۵)، نمرات پیگیری نسبت به پس‌آزمون، در میانگین متغیرهای حس عمقی مفصل مچ پا افزایش ولی در میانگین متغیر حس عمقی مفصل زانو

تغییری نداشته است. از این‌رو دیده شد ۸ هفته تمرینات حس عمقی مفصل مچ پا بر اثر ماندگاری در تعادل، تأثیر معناداری دارد.

بحث

فعالیت‌های ورزشی از جمله تمرینات تعادلی، با ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیکی مناسب برای یادگیری مهارت‌ها، فراخوانی واحدهای حرکتی، افزایش شکل‌پذیری قشر حرکتی و بهبود به کارگیری عضلات می‌تواند نقش مهمی را در حفظ تعادل ایفا نماید. براین اساس، تمرینات تعادلی با اعمال اضافه بار بر سیستم‌های حسی درگیر در تعادل و سیستم حرکتی جهت حفظ تعادل، باعث بهبود تعادل پویا در سالمندان می‌شود. علاوه بر این، این تمرینات روش مناسبی جهت تمرین آگاهی ذهن-بدن و کنترل حرکات قامتی به وسیله درخواست‌های عصبی-عضلانی بالا، به ویژه در دوران سالمندی می‌باشد، بنابراین، انجام فعالیت‌های جسمانی، به ویژه تمرینات تعادلی باعث فراهم نمودن فرصت‌های تمرینی و ایجاد چالش برای مکانیسم‌های درگیر در تعادل شده و به بهبود آن منجر می‌شود (۳۶، ۳۵).

تمرینات ورزشی موجب سازگاری در مغز و نخاع می‌شوند که بر اثر این سازگاری، توانایی فرد برای فراخوانی واحدهای حرکتی افزایش می‌یابد که موجب تسهیل انقباض و افزایش توانایی عضله برای تولید نیرو می‌شود و منجر به بهبود تعادل می‌گردد (۳۷). از طرفی یافته‌های مطالعه حاضر با مطالعات کیو و همکاران (۲۰۰۹)، بوچنر و همکاران (۱۹۹۷) و خواجه نعمت و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی ندارد و آن را تأیید نمی‌کند (۳۸-۴۰).

دلیل احتمالی ناهمسو بودن یافته‌های تحقیق حاضر را می‌توان در فاکتورهایی مانند روش ارزیابی، سن و میزان فعالیت آزمودنی‌ها، خستگی سالمندان و همچنین روش تمرینی یا نوع تمرین، مدت و شدت تمرینات استفاده‌شده، نسبت داد. به عنوان نمونه تعداد آزمودنی‌ها در مطالعه کیو و همکاران ۳۴ سالمند بالای ۶۰ سال بودند و عمده تمرینات بر ناحیه مرکزی بدن متمرکز شده بودند (۳۸). یکی از دلایلی که می‌توان بهبود تعادل پویا و ایستا در اثر تمرینات تعادلی را توجیه نماید، بهبود تسهیل در فراخوانی واحدهای حرکتی تند انقباض، توسعه هماهنگی عصبی عضلانی، اعمال استرس بر سلول‌های ماهواره‌ای و فرایند برداشتن مهار خود به خودی و از طرفی عوامل روانی در اثر عملکرد تمرین تعادلی دانست (۳۸). همچنین می‌توان بهبود دامنه حرکتی مفاصل، کنترل عصبی حرکات و اعمال اضافه بار بر انتقال اطلاعات از طریق سیستم‌های حسی سه گانه دستگاه عصبی مرکزی در اثر

تمرین تعادلی را از دلایل دیگر بهبود تعادل ایستا و پویا برشمرد (۴۰). بنابراین با استناد به نظریه سیستم‌ها و همچنین تأثیر ورزش بر بهبود هر کدام از این سیستم‌ها این موضوع منطقی به نظر می‌رسد که تمرینات تعادل باعث بهبود تعادل ایستا و پویا در سالمندان گردد (۴۱، ۴۲). همچنین این ساختارهای حسی (سیستم دهلیزی، بینایی و حسی-عمقی) عوامل مؤثر در تعادل دوران سالمندی و شناسایی اختلالات تعادل می‌باشند (۴۳). در این میان، آزمون تعادل برخاستن و حرکت کردن زمان‌دار به دلیل این که نه به صورت ایستا، بلکه به صورت پویا اجرا می‌شود. موجب شناسایی بهتر تفاوت‌ها در تعادل در تمامی شرایط است (۴۴).

تحقیقات نشان داده است که سالمندان به علت جابجایی بیشتر در مرکز فشار، افزایش فعالیت الکترومایوگرافی و بزرگ‌تر بودن حرکات مفصلی در هنگام برهم خوردن تعادل، اتکای بیشتری بر روی استراتژی ران دارند (۲۳). در حالی که جوانان هنگام اغتشاشات بیشتر بر استراتژی مچ پا متکی هستند. این امر سبب افزایش ریسک سقوط در افراد سالمند نسبت به جوانان شده است (۲۳). یکی از پیش نیازهای مهم در برنامه‌های پیشگیری از سقوط درک درست از متغیرهای بیومکانیکی و عصبی عضلانی است. بدن انسان در هنگام به هم خوردن تعادل با ایجاد یک پاسخ مناسب از سقوط احتمالی جلوگیری می‌کند. با افزایش سن قدرت و سرعت این پاسخ کاهش پیدا کرده و این تغییرات سبب افزایش خطر سقوط در افراد مسن می‌شود. برنامه‌های تمرینی با افزایش متغیرهای سرعت و تعادل به افراد در بازیابی تعادل کمک می‌کنند (۴۵). از طرفی تمرینات تعادلی تعبیه‌شده در پژوهش حاضر بر افزایش تعادل مفاصل اصلی از جمله مفصل هیپ، زانو، مچ پا و همچنین مفاصل ستون مهره‌ها تمرکز داشت. شاید بتوان گفت انجام تمرینات تعادلی در پژوهش حاضر، موجب بهبود تعادل و کاهش افتادن در سالمندان گردیده و مکانیزم اثر این تمرینات به عنوان فعالیت بدنی بر بهبود عوامل روانی همچون افسردگی، اعتماد به نفس کم و انزوا می‌باشد. از سوی دیگر گروه کنترل به دلیل نداشتن برنامه‌ی منظم تمرینی و ناتوانی و همچنین گذر عمر با کاهش تعادل و افزایش خطر افتادن مواجه شده بود. پژوهش‌های بسیاری نشان دادند که فعالیت بدنی منظم می‌تواند بهبود ویژگی‌های جسمی چون، تعادل، هماهنگی، زمان عکس العمل، قدرت، استقامتی و انعطاف بی‌انجامد. همچنین ویژگی‌های روانی این

اغتشاشات تعادلی ایجاد می‌کند، موجب بهبود معنی‌دار در توانایی کنترل پاسچر افراد می‌گردد. از طرفی نتایج نشان‌داد سازگاری‌های عصبی بدست‌آمده توسط این تمرینات برای دوره طولانی مدت باقی ماند (ضریب اطمینان ۰.۹۵) (۱).

کاربرد بالینی

نتایج این پژوهش توصیه‌هایی را برای متخصصان سلامت و فیزیوتراپیست‌ها جهت طراحی برنامه‌های مداخله‌ای مؤثر برای پیشگیری از سقوط در سالمندان ارائه می‌دهد. بر اساس یافته‌ها، تجویز برنامه‌های تمرینی ۸ هفته‌ای که ترکیبی از تمرینات تعادلی و مقاومتی باشد، نه تنها کنترل پاسچر و قدرت عضلانی اندام تحتانی را بهبود می‌بخشد، بلکه با افزایش دقت حس عمقی مفاصل مچ پا و زانو، استراتژی‌های بازبایی تعادل را تقویت می‌کند. بنابراین، گنجاندن این نوع تمرینات چندوجهی در پروتکل‌های توانبخشی و مراقبت‌های روزانه سالمندان می‌تواند به عنوان یک راهکار غیردارویی و کم‌هزینه برای کاهش خطر سقوط و ارتقای کیفیت زندگی آنان مؤثر باشد.

ملاحظات اخلاقی

با توجه به اینکه این پژوهش پس از تصویب در کمیته اخلاق دانشگاه تهران انجام شد، پیش از شروع مداخله، توضیحات کاملی درباره اهداف و روش اجرای تحقیق برای تمامی شرکت‌کنندگان ارائه گردید و فرم رضایت‌نامه کتبی از آنان اخذ شد. همچنین تأکید شد که حضور در مطالعه کاملاً داوطلبانه بوده و هر فرد می‌توانست در هر مرحله از تحقیق انصراف دهد. کلیه اطلاعات جمع‌آوری شده با حفظ محرمانگی مورد استفاده قرار گرفت.

حمایت مالی

مطالعه حاضر حمایت مالی از نهادهای دولتی، خصوصی یا سازمان‌های خیریه دریافت نکرده است.

نقش نویسندگان

در تحقیق حاضر، رضا رودگر در طراحی طرح پژوهشی، گردآوری داده‌ها، تحلیل آماری و نگارش اولیه مقاله مشارکت داشت. دکتر محمدحسین علیزاده و دکتر منصور صاحب‌الزمانی در طراحی مطالعه، نظارت بر اجرای آن، تفسیر نتایج و بازبینی انتقادی مقاله حاضر مشارکت کردند. تمام نویسندگان نسخه نهایی را مطالعه و تأیید نمودند.

افراد تحت تأثیر فعالیت بدنی قرار می‌گیرد. بسیاری از فاکتورها مانند ترس از افتادن، انزوای اجتماعی، اضطراب و استرس را کاهش دهد (۴۶). نتایج پژوهش ایزر و همکاران در راستای اثرگذاری تمرینات تعادلی در پژوهش حاضر، بیانگر این بود که ۸ هفته تمرین تعادلی می‌تواند در جلوگیری از افتادن‌ها، تعادل پویا، زمان عکس‌العمل، کاهش افسردگی و نیز بالابردن کیفیت زندگی سالمندان بالای ۶۰ سال مؤثر باشد (۴۷).

پژوهش حاضر نشان‌داد که تمرینات منتخب تعادلی به شکل معناداری موجب بهبود تعادل می‌گردد. همچنین، تعادل پس از یک دوره ۸ هفته‌ای این تمرینات بهبود می‌یابد و تأیید کرد که این تمرینات نقش مهمی را در پیش‌گیری از زمین خوردن سالمندان ایفا می‌کند. در این راستا، یافته‌های پژوهش با نتایج مطالعات اخیر بایجت و همکاران (۲۰۰۹)، ایزر و همکاران (۲۰۱۱)، رودریگز و همکاران (۲۰۱۰) و کیسلر و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی دارد (۴۸-۵۱). اطلاعات مربوط به موقعیت و حرکت بخش‌های مختلف بدن نسبت به یکدیگر، سطح اتکا و کشش عضلات مربوطه توسط گیرنده‌های حسی پیکری مهیا می‌شود (۵۲). به منظور انتقال استراتژی‌ران به استراتژی مچ پا در سالمندان تمرین تعادلی تک پا طراحی شد. در این تمرین، استراتژی مچ پا توسط چرخش بدن حول مفصل مچ پا جابه‌جایی مرکز ثقل را ایجاد می‌کند، بنابراین تمرینات، تعادلی می‌تواند برای بهبود تعادل تک پا مفیدتر باشد (۵۳-۵۵).

با توجه به محدودیت مدت زمان تحقیق (به مدت ۸ هفته) و با توجه به میزان تغییرات صورت گرفته در استراتژی‌های بازبایی تعادل گروه تجربی، به نظر می‌رسد که اعمال یک برنامه تمرینی بلندمدت‌تر بتواند تغییرات معنی‌داری را در زمینه بهبود استراتژی‌های بازبایی تعادل و انتقال آن از ران به سمت مچ پا در پی داشته باشد. بدین ترتیب پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی به بررسی تأثیر تمرینات تعادلی در یک دوره بیش از ۸ هفته تمرینات بر استراتژی‌های بازبایی تعادل پرداخته شود.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر نشان‌داد که اجرای ۸ هفته تمرینات تعادلی در سالمندان می‌تواند موجب ارتقای تعادل و همچنین دقت حس عمقی در مفاصل اندام تحتانی شده و از این رو با کاهشی که در میزان نوسانات ران و مچ پا در پاسخ به

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب قدردانی نویسندگان از کلیه افراد شرکت کننده و همچنین افرادی که کمال همکاری را در انجام امور این پژوهش داشتند، اعلام می گردد.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می کنند که هیچگونه تضاد منافی (مالی یا غیرمالی) در انجام این پژوهش و نگارش این مقاله وجود ندارد.

References

1. Rudger R, Alizadeh MH, Sahibzamani M. The effect of eight weeks of balance training and its durability on balance recovery strategy in the elderly with fall risk: Quasi-experimental. *J Rehabil Res Dev*. 2025;62(1):[Page numbers].
2. World Health Organization. Ageing and health. Geneva: WHO; 2022.
3. Mirzaei M, Darabi S, Babapour N. Aging population in Iran and rising healthcare costs. *Salamand J Sci Res*. 2017;12(2):156-9.
4. Zarei H, Nursteh A, Bumi K. The effect of combined exercise (strength and stretching) on balance, fall risk and quality of life of the elderly. *Bimonthly Scientific-Research Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018;7(2):201-8.
5. Bogle Thorbahn LD, Newton RA. Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons. *Physical Therapy*. 1996;76(6):576-83.
6. Liu J, Wang XQ, Zheng JJ, Pan YJ, Hua YH, Zhao SM, et al. Effects of Tai Chi versus proprioception exercise program on neuromuscular function of the ankle in elderly people: a randomized controlled trial. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2012;2012:[Page numbers].
7. Lopes KT, Costa D, Santos L, Castro D, Bastone A. Prevalência do medo de cair em uma população de idosos da comunidade e sua correlação com mobilidade, equilíbrio dinâmico, risco e histórico de quedas. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2009;13:223-9.
8. Resende SM, Rassi CM. Effects of hydrotherapy in balance and prevention of falls among elderly women. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2008;12:57-63.
9. Carter ND, Kannus P, Khan K. Exercise in the prevention of falls in older people. *Sports Medicine*. 2001;31(6):427-38.
10. Neuls PD, Clark TL, Van Heuklon NC, Proctor JE, Kilker BJ, Bieber ME, et al. Usefulness of the Berg Balance Scale to predict falls in the elderly. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2011;34(1):3-10.
11. Vickers NJ. Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Current Biology*. 2017;27(14):R713-R715.
12. Dhebar F. Interventions for increasing balance and confidence in older adults: a review. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2014;2(4):631-6.
13. Zammit G, Wang-Weigand S, Peng X. Use of computerized dynamic posturography to assess balance in older adults after nighttime awakenings using zolpidem as a reference. *BMC Geriatrics*. 2008;8(1):1-7.
14. Papalia GF, Papalia R, Diaz Balani LA, Torre G, Zampogna B, Vasta S, et al. The effects of physical exercise on balance and prevention of falls in older people: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(8):2595.
15. Hinman R, Bennell K, Metcalf B, Crossley K. Balance impairments in individuals with symptomatic knee osteoarthritis: a comparison with matched controls using clinical tests. *Rheumatology*. 2002;41(12):1388-94.
16. Menz HB, Lord SR, Fitzpatrick RC. Age-related differences in walking stability. *Age and Ageing*. 2003;32(2):137-42.
17. Cheshme pD, Ghasemi B, Moradi. Comparison of the effect of closed motor chain exercises and deep receptor neuromuscular facilitation on ankle joint proprioception in elderly men. *Research in Sports Rehabilitation*. 2016;4(8):55-64.
18. Blackburn T, Guskiewicz KM, Petschauer MA, Prentice WE. Balance and joint stability: the relative contributions of proprioception and muscular strength. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2000;9(4):315-28.
19. Jafarnejad K. Establishing of balance norm for guidance level boy student of guilan province. Master's thesis, University of Guilan; 2010.
20. Koochboomi M, Norasteh AA, Samami N. Effect of Yoga training on physical fitness and balance in elderly females. *Iranian Journal of Ageing*. 2015;10(3):26-35.
21. Rahmani M, Heirani A, Yazdanbakhsh K. The effect of Pilates training on improving the

- reaction time and balance of sedentary elderly men. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2015;9(3):44-53.
22. Dastmanesh S, Sahebozamani M, Karimi MT. Effect of otago and tai chi exercise programs on balance and risk of falls in elderly men. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019;8(1):156-64.
 23. Amiridis IG, Hatzitaki V, Arabatzi F. Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neuroscience Letters*. 2003;350(3):137-40.
 24. Bennie S, Bruner K, Dizon A, Fritz H, Goodman B, Peterson S. Measurements of balance: comparison of the Timed" Up and Go" test and Functional Reach test with the Berg Balance Scale. *Journal of Physical Therapy Science*. 2003;15(2):93-7.
 25. Chisholm D, Collis M, Kulak L, Davenport W, Gruber N. Physical activity readiness. *BC Med J*. 1975;17(2):375-8.
 26. Sadeghi H, Norouzi H, Karimi Asl A, Montazer M. Functional training program effect on static and dynamic balance in male able-bodied elderly. *Iranian Journal of Ageing*. 2008;3(2):565-71.
 27. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of Athletic Training*. 2002;37(4):364.
 28. Samani A, Rahnama R, Raisi S, Nejadian L. The effect of three months of square stepping and resistance exercises on postural balance and fear of falling in elderly women. *Sports Medicine Studies*. 2019;11(25):59-80.
 29. Asl T, Sedaghati, Javazi. Comparison of functional balance and probability of falls in the elderly with and without a history of falls living in care centers. *Sports Biomechanics Quarterly*. 2020;6(2):134-43.
 30. Shafi'i A, Daneshjoo A, Al-Zamani S, Mansour M. The effect of eight weeks of aquatic exercises on postural control and balance recovery strategies in elderly men aged 60-70 years. *Bimonthly Scientific-Research Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022;10(6):1326-37.
 31. Dehkhavarghani MZ, Hamed S, Saidi F, Rajabi. The effect of circadian rhythm on knee joint position sense changes in college male football players. *Research in Rehabilitation Sciences*. 2015;11(2):122-9.
 32. Stillman BC. An investigation of the clinical assessment of joint position sense. Melbourne: University of Melbourne; 2000.
 33. Šarabon N, Kozinc Ž. Effects of resistance exercise on balance ability: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Life*. 2020;10(11):284.
 34. Pallant J. SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS. London: Routledge; 2020.
 35. Newell D, Shead V, Sloane L. Changes in gait and balance parameters in elderly subjects attending an 8-week supervised Pilates programme. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2012;16(4):549-54.
 36. Bernardo LM. The effectiveness of Pilates training in healthy adults: An appraisal of the research literature. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2007;11(2):106-10.
 37. Barrett C, Smerdely P. A comparison of community-based resistance exercise and flexibility exercise for seniors. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2002;48(3):215-9.
 38. Kuo YL, Tully EA, Galea MP. Sagittal spinal posture after Pilates-based exercise in healthy older adults. *Spine*. 2009;34(10):1046-51.
 39. Buchner DM, Cress ME, De Lateur BJ, Esselman PC, Margherita AJ, Price R, et al. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1997;52(4):M218-M224.
 40. Khaje Nemat K, Sadeghi H, Sahebzamani M. The effect of 8 weeks of strength training on static and dynamic balance in healthy men. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2014;6(1):45-55.
 41. Nagy E, Feher-Kiss A, Barnai M, Domján-Preszner A, Angyan L, Horvath G. Postural control in elderly subjects participating in balance training. *European Journal of Applied Physiology*. 2007;100(1):97-104.
 42. Vieira FT, Faria LM, Wittmann JI, Teixeira W, Nogueira LAC. The influence of Pilates method in quality of life of practitioners. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2013;17(4):483-7.
 43. Teasdale N, Stelmach GE, Breunig A. Postural sway characteristics of the elderly under normal and altered visual and support surface conditions. *Journal of Gerontology*. 1991;46(6):B238-B244.
 44. Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, Baldwin M. The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*.

- 1997;52(4):M232-M240.
45. Mackey DC, Robinovitch SN. Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with the ankle strategy. *Gait & Posture*. 2006;23(1):59-68.
46. Hossein ML, Lajevardi T, Taghizadeh Q. The effect of mental exercises on the fear of falling in performing satisfactory activities and lower limb function in community-dwelling elderly - a clinical trial. *Komesh*. 2018;21(4):619-27.
47. Dias N, Kempen GI, Todd C, Beyer N, Freiberger E, Piot-Ziegler C, et al. Die deutsche version der falls efficacy scale-international version (FES-I). *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. 2006;39(4):297-300.
48. Irez B. Pilates exercise positively affects balance, reaction time, muscle strength, number of falls and psychological parameters in 65+ years old women. Ankara: Middle East Technical University; 2009.
49. Irez GB, Ozdemir RA, Evin R, Irez SG, Korkusuz F. Integrating Pilates exercise into an exercise program for 65+ year-old women to reduce falls. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2011;10(1):105.
50. Kaesler D, Mellifont R, Kelly PS, Taaffe D. A novel balance exercise program for postural stability in older adults: a pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2007;11(1):37-43.
51. Rodriguez C. (Note: Reference title not fully provided in source text, assumed based on context or missing citation key). See Source Text Context.
52. Sharma V, Kaur J. Effect of core strengthening with pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on trunk, balance, gait, and function in chronic stroke. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017;13(2):200.
53. Bakhtiary AH, Fatemy E, Hedayati R, Ghorbani R, Gillani M. The relationship between hamstring muscle shortness and dynamic and static balances in young healthy individuals. *Komesh*. 2015:536-43.
54. Mnazari M, Kehrizsangi Q, Gholamali, Negahban. Comparison of eight weeks of shoulder girdle, pelvic girdle and combined exercise programs on the balance of people with upper crossed syndrome. *Komesh*. 2021;23(4):510-9.
55. Ahmadabadi F, Avandi SM, Aminian-Far A. Correlation between sway parameters of center of pressure in static and dynamic balance indices with eyes closed after four weeks static warm up in skilled gymnast athletes. *Koomesh*. 2017:102-12