Sport. Med. Stud, 2026, 18(47): 17-39. https://doi.org/10.22089/smj.2024.16944.1759.

Sport Medicine Studies

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

Research Article

The Effect of Eight Weeks of Water Trampoline Exercises on Balance, Strength, Gait Performance, and Proprioception in Elderly Men

Heydar Altaan[1], Nader Rahnama[2], Morteza Sadeghi[3]

1. PhD Student, Department of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
2. Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding Author).

Received: 04/07/2024, Accepted: 19/10/2024, Online Published: 11/09/2024

* Corresponding Author: Nader Rahnama, E-mail: n.rahnama@spr.ui.ac.ir

How to Cite: Altaan, H; Rahnama, N; Sadeghi, M. The Effect of Eight Weeks of Water Trampoline Exercises on Balance, Strength, Gait Performance, and Proprioception in Elderly Men. *Sport Medicin Studies*, 18(47): 17-39. [In Persian]. **https://doi.org/10.22089/smj.2024.16944.1759.**

Extended Abstract

Background and Purpose

As individual's age, there is a natural decline in physical capabilities, especially in balance, muscular strength, and proprioception. This decline increases the risk of falls, a major concern among the elderly population. Exercise, particularly aquatic exercise, has been demonstrated as an effective method to improve physical fitness and reduce fall risk. Water-based exercises are gentler on the joints due to water's buoyancy, making them especially beneficial for elderly individuals with joint pain or mobility limitations. Despite the broad use of aquatic exercises, limited research exists regarding the specific effects of water trampoline exercises on balance, muscle strength, proprioception, gait performance, and fall risk. This study aimed to investigate how an eight-week water trampoline exercise program affects these physical attributes in elderly men.

Methods

This semi-experimental study involved 30 elderly male participants aged 60–80 years, recruited from a local elderly care center. Participants were randomly assigned to either the experimental group (n=15), which took part in an eight-week water trampoline exercise program, or the control group (n=15), which did not receive any exercise intervention.

The intervention consisted of three 60-minute sessions per week for eight weeks. Exercises began with fundamental movements such as stepping on and off the trampoline and two-legged jumps, progressively advancing to more complex exercises including single-leg jumps, combined arm movements during jumping, and twisting motions. The aquatic environment added challenge by providing an unstable surface, requiring enhanced coordination and muscular engagement to maintain balance.

Before and after the intervention, all participants underwent assessments measuring physical parameters. Static balance was evaluated using the Functional Reach Test (FRT), and dynamic

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

balance via the Timed Up and Go (TUG) test. Muscle strength, including knee flexors and extensors, was measured with an isokinetic dynamometer and the 30-second sit-to-stand test. Proprioception was quantified by assessing participants' ability to replicate a knee joint angle using the dynamometer. Gait performance was analyzed using a foot scan system. Fall risk was assessed through the Hopkins Fall Risk Questionnaire.

Statistical analysis employed repeated measures ANOVA to evaluate differences within and between groups before and after the intervention, with significance set at $p < 0.05$.

Results

The study demonstrated significant improvements in the experimental group following the eight-week program. Statistically significant enhancements were observed in static balance, dynamic balance, proprioception, muscle strength measures, and fall risk reduction. Certain gait variables did not exhibit significant changes

Variable	Anova repeated measure		
	Time	Interactive effect	Group
Static Balance (FRT)	p=0.001 (η^2=0.548)	p=0.001 (η^2=0.488)	p=0.049 (η^2=0.131)
Dynamic Balance (TUG)	p=0.001 (η^2=0.332)	p=0.001 (η^2=0.312)	p=0.429 (η^2=0.022)
IMC (Right Leg)	p=0.812 (η^2=0.002)	p=0.015 (η^2=0.192)	p=0.570 (η^2=0.012)
IFF (Right Leg)	p=0.145 (η^2=0.074)	p=0.945 (η^2=0.001)	p=0.170 (η^2=0.066)
HO (Right Leg)	p=0.064 (η^2=0.117)	p=0.351 (η^2=0.031)	p=0.545 (η^2=0.013)
COP (Right Leg)	p=0.005 (η^2=0.249)	p=0.000 (η^2=0.009)	p=0.000 (η^2=0.025)
IMC (Left Leg)	p=0.921 (η^2=0.001)	p=0.932 (η^2=0.001)	p=0.326 (η^2=0.034)
IFF (Left Leg)	p=0.821 (η^2=0.002)	p=0.962 (η^2=0.001)	p=0.988 (η^2=0.001)
HO (Left Leg)	p=0.002 (η^2=0.284)	p=0.030 (η^2=0.158)	p=0.090 (η^2=0.098)
COP (Left Leg)	p=0.181 (η^2=0.063)	p=0.481 (η^2=0.018)	p=0.237 (η^2=0.050)
Knee Proprioception	p=0.001 (η^2=0.405)	p=0.020 (η^2=0.159)	p=0.935 (η^2=0.001)
Knee Flexor Strength	p=0.001 (η^2=0.413)	p=0.001 (η^2=0.465)	p=0.450 (η^2=0.020)
Knee Extensor Strength	p=0.010 (η^2=0.146)	p=0.030 (η^2=0.146)	p=0.230 (η^2=0.050)
Lower Limb functional strength	p=0.001 (η^2=0.380)	p=0.001 (η^2=0.341)	p=0.252 (η^2=0.047)
H/Q Ratio	p=0.567 (η^2=0.012)	p=0.049 (η^2=0.131)	p=0.094 (η^2=0.097)
Fall Risk	p=0.001 (η^2=0.398)	p=0.001 (η^2=0.398)	p=0.780 (η^2=0.003)

- **Balance:** The experimental group demonstrated significant improvements in both static and dynamic balance. The Functional Reach Test (FRT) score for static balance increased from 11.60 ± 1.95 cm to 15.60 ± 3.37 cm after the eight-week program ($p = 0.030$). Dynamic balance, measured by the Timed Up and Go (TUG) test, significantly improved from 12.00 ± 3.02 seconds to 9.06 ± 2.28 seconds ($p = 0.001$).
- **Gait Performance:** Significant improvements were observed in gait in terms of IMC in the right leg and HO in the left leg, while other gait-related variables did not reach statistical significance ($p > 0.05$).
- **Proprioception:** Proprioceptive awareness showed a notable enhancement, with proprioception scores improving from 3.77 ± 1.04 to 2.39 ± 1.13 ($p = 0.020$), indicating better joint position sense after the intervention.

- **Muscle Strength:** Significant increases in muscle strength, particularly in the knee flexors and extensors, were observed. Knee flexor strength improved from 18.28 ± 7.54 to 37.13 ± 13.12 ($p = 0.001$), and knee extensor strength rose from 63.70 ± 4.98 to 92.14 ± 6.21 ($p = 0.030$). These results suggest that water trampoline exercises provide sufficient resistance to stimulate lower limb muscle strength gains.
- **Fall Risk:** A key outcome was a substantial reduction in fall risk within the experimental group. The fall risk score decreased from 15.86 ± 3.94 to 12.33 ± 1.49 ($p = 0.001$).

Conclusion

The findings provide strong evidence that an eight-week water trampoline exercise program significantly improves static and dynamic balance, muscle strength, proprioception, and reduces fall risk among elderly men. These functional gains are crucial for maintaining independence and enhancing quality of life in older adults. Given the positive effects, water trampoline exercises are recommended for incorporation into routine physical activity programs targeting the elderly, especially those at elevated risk of falls. Future research should investigate long-term effects and compare water trampoline training to other balance and strength interventions to determine optimal approaches for improving mobility and minimizing fall risk in aging populations.

Keywords: Water Trampoline Exercise, Balance, Strength, Gait Performance, Proprioception, Elderly.

Article Message

This study shows that an eight-week water trampoline exercise regimen significantly enhances balance, muscle strength, and proprioception in elderly men, contributing to a meaningful reduction in fall risk. As a joint-friendly and effective intervention, water trampoline training supports safer mobility and greater independence among aging populations.

Ethical Considerations

This study adhered to ethical standards for human participant research. Informed consent was obtained from all participants prior to study inclusion. The research protocol was reviewed and approved by the relevant Ethics Committee.

Authors' Contributions

- Conceptualization: Haidar Al-Taan (First Author)
- Data Collection: Haidar Al-Taan
- Data Analysis: Nader Rahnama (Corresponding Author / Supervisor)
- Manuscript Writing: Haidar Al-Taan
- Review and Editing: Nader Rahnama
- Advisor: Morteza Sadeghi
- Literature Review: Haidar Al-Taan
- Project Management: Nader Rahnama
- Additional Contributions: The authors thank the elderly care center staff for assisting with participant recruitment and session coordination.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest regarding this publication.

Acknowledgments

The authors sincerely thank all study participants and the staff of the elderly care center for their cooperation and logistical support.

مطالعات طب ورزشی، بهار ۱۴۰۵، دوره ۱۷، شماره ۴۴، صص ۳۹-۱۷. https://doi.org/10.22089/smj.2024.16944.1759

مطالعات طب ورزشی
Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرینات ترامپولین در آب بر تعادل، قدرت، عملکرد راه‌رفتن و حس عمقی مردان سالمند

حیدر الطعان[۱]، نادر رهنما[۱]، مرتضی صادقی[۱]

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۸، تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۱

* Corresponding Author: Nader Rahnama, E-mail: n.rahnama@spr.ui.ac.ir

How to Cite: Altaan, H; Rahnama, N; Sadeghi, M. The Effect of Eight Weeks of Water Trampoline Exercises on Balance, Strength, Gait Performance, and Proprioception in Elderly Men. *Sport Medicin Studies*, 18(47): 17-39. [In Persian]. **https://doi.org/10.22089/smj.2024.16944.1759**.

چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر هشت هفته تمرینات ترامپولین در آب بر تعادل، قدرت عضلانی، عملکرد راه‌رفتن و حس عمقی سالمندان بود. تعداد ۳۰ نفر به طور تصادفی ساده به دو گروه تجربی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. قبل و بعد از هشت هفته تمرین (سه جلسه در هفته)، تعادل ایستا (آزمون دسترسی عملکردی)، تعادل پویا (آزمون برخاستن و رفتن)، قدرت عضلانی (دستگاه ایزوکنتیک و آزمون ۳۰ ثانیه نشست‌وبرخاست)، نسبت قدرت عضلات همسترینگ به چهارسر (دستگاه ایزوکنتیک)، حس عمقی زانو (دستگاه ایزوکنتیک) و عملکرد راه‌رفتن (دستگاه فوتاسکن) اندازه‌گیری شد و خطر سقوط از طریق پرسش‌نامه هاپکینز ارزیابی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر استفاده شد (P<۰/۰۵). براساس نتایج، تعادل ایستا (P=۰/۰۳) و تعادل پویا (P=۰/۰۰۱) اختلاف معناداری را در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون نشان داد. راه‌رفتن در مؤلفه پای راست (P=۰/۰۱) و پای چپ (P=۰/۰۳) اختلاف معناداری را نشان داد، اما در بقیه فاکتورها اختلاف معناداری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). حس عمقی (P=۰/۰۲)، قدرت عضلانی کلی اندام تحتانی (P=۰/۰۰۱)، قدرت فلکسورهای زانو (P=۰/۰۰۱)، قدرت اکستانسورهای زانو (P=۰/۰۳) دارای اختلاف معنادار بود. در نسبت عضلات همسترینگ به چهارسر تفاوت معناداری مشاهده نشد (P=۰/۳۸). همچنین خطر سقوط در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل اختلاف معناداری داشت (P=۰/۰۰۱). براساس نتایج، تمرین ترامپولین در آب به بهبود تعادل ایستا و پویا، قدرت عضلانی و کاهش خطر سقوط مردان سالمند کمک می‌کند؛ ازاین‌رو تمرین‌های ترامپولین در آب برای سالمندان توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین ترامپولین در آب، تعادل، قدرت، عملکرد راه‌رفتن، حس عمقی، سالمندی.

مقدمه

سالمندان یکی از اقشار آسیب‌پذیر هر جامعه را تشکیل می‌دهند. ازجمله مشکلات شایع در سالمندان که به صورت عارضه‌ای متعاقب برخی بیماری‌ها یا در اثر فرایند سالمندی روی می‌دهد، کاهش عملکرد حرکتی است. عوامل بسیاری بر کیفیت زندگی سالمندان اثر می‌گذارند که همان علائم بالینی‌اند (۲، ۱). با افزایش سن و افت تدریجی کارکرد دستگاه‌های بدن، تغییرات زیادی درعوامل مرتبط با سلامتی سالمندان ایجاد می‌شود و شرایط را برای زمین خوردن سالمندان و بروز مشکلات متعدد و متعاقب آن مهیا می‌کند. افتادن[1] یکی از موضوعات مهم و نگران‌کننده‌ای است که بیشتر در سالمندان به وقوع می‌پیوندد و تقریباً ۳۰ درصد افراد بیشتر از ۶۵ سال حداقل یک‌بار در سال و ۱۵ درصد سالی دوبار یا بیشتر با آن مواجه می‌شوند (۴، ۳). بسیاری از محققان راه‌رفتن و کنترل تعادل را به‌عنوان عوامل تعیین استقلال زندگی افراد مسن می‌دانند؛ چراکه اجزای اصلی فعالیت‌های فیزیکی روزمره و حرکات ورزشی را می‌توان به دو بخش «حفظ تعادل برای حفظ موقعیت بدن و جهت‌یابی فضایی» و «تعامل بین اجزای آناتومیک برای حرکت» تقسیم کرد (۶، ۵).

مهم‌ترین هدف در سالمندی، کاهش شدت علائم و فشارهای عصبی حاصل از آن است؛ به طوری که کیفیت زندگی سالمند در سطح مطلوب حفظ شود (۷). تدابیر زیادی در جهت کاهش علائم بالینی و ارتقای سطح کیفیت زندگی این سالمندان صورت گرفته است، ولی هرکدام از این راهکارها عوارضی دارند که استفاده از آن‌ها را دچار مشکل می‌کند (۸). ورزش‌درمانی یکی از راه‌هایی است که می‌تواند فواید بسیاری برای سالمندان به همراه داشته باشد. ازجمله فواید ورزش درمانی برای سالمندان می‌توان به بهبود وضعیت جسمانی بیماران، کیفیت بهتر در انجام فعالیت‌های روزانه و سلامتی روحی و روانی آن‌ها اشاره کرد؛ ازاین‌رو بررسی عملکرد حرکتی سالمندان و عوامل مؤثری مانند قدرت، انعطاف، تعادل ایستا و پویا، بسیار ضروری به نظر می‌رسد. ورزش در آب بر ساختار فیزیکی بدن و فعالیت‌های روزمره تأثیر مثبت بر جای می‌گذارد و در بسیاری از مشکلات اسکلتی، عضلانی و مقاومتی در برنامه‌های درمانی استفاده می‌شود (۹). خواص آب فرصت‌های منحصربه‌فردی را برای توان‌بخشی فراهم می‌کند (۱۰). از بهترین و مهم‌ترین ویژگی‌های تمرین در آب، کاهش وزن فرد است. این امر فشار و بار را از روی اندام‌ها کم می‌کند درنتیجه درد در اندام تحتانی را کاهش می‌دهد. دمای مناسب آب باعث کم شدن تورم و درد و همچنین کاهش اسپاسم عضلات بدن می‌شود (۱۱). مطالعات متعددی نشان داده‌اند، تمرینات آبی تأثیر مثبت بر تعادل و قدرت در سالمندان دارند. یکی از مطالعات مروری سیستماتیک و متاآنالیز، تأثیر تمرینات آبی و زمینی بر تعادل دینامیکی در سالمندان را مقایسه کرد. این مطالعه نشان داد، تمرینات آبی در بهبود تعادل پویا، آزمون‌های عملکردی و استقامتی و آزمون‌های تعادلی جامع (مانند مقیاس تعادل برگ) نسبت به تمرینات زمینی مؤثرتر بودند (۱۲). تحقیق دیگری نیز با بررسی مزایای ترکیب تمرینات آبی و زمینی نشان داد، ترکیب این دو نوع تمرین می‌تواند به بهبود عملکرد تعادلی، کاهش خطر سقوط، بهبود ظرفیت عملکردی و کیفیت زندگی سالمندان کمک کند (۱۳). مطالعات زیادی درباره ورزش‌های آبی در قدرت انجام شده، اما هیچ توافقی در رابطه با چگونگی افزایش قدرت صورت نگرفته است؛ به همین دلیل، ابزارهای گوناگون کمکی مثل وزنه‌های مخصوص برای رفع این نقص به تمرینات در آب اضافه شدند (۱۴). از موارد مهم دیگر درمورد تمرینات ورزشی در محیط آبی، کاهش خطر سقوط است. این ویژگی، آب را محیط امنی برای افرادی می‌کند که احتمال سقوط دارند. سقوط و زمین خوردن، علاوه‌بر عوارض فیزیکی می‌توانند اثرات روانی منفی، به‌ویژه ترس از افتادن را نیز داشته باشند؛ بنابراین، این روند ممکن

1. Falling

است به اجتناب از فعالیت‌های روزانه منجر شود که همراه با کاهش عملکرد فیزیکی و درنهایت از دست دادن استقلال است (۱۷-۱۵).

از طرفی، ممکن است اثرگذاری تمرین در آب به‌واسطه کاهش احتمال سقوط در آب، از بر هم خوردن تعادل کم کند؛ ازاین‌رو استفاده از ابزارهایی که تعادل را در آب بیشتر به چالش بکشند، ضروری به نظر می‌رسد. یکی از بهترین ابزارهای تمرینی که می‌تواند به بهبود تعادل کمک کند، ترامپولین است (۱۸). از تأثیرات مختلف دیگر این روش تمرینی می‌توان به مواردی چون افزایش قدرت عضلانی، بهبود انعطاف پذیری، بهبود سیستم عضلانی، افزایش چگالی استخوان، کاهش استرس و افزایش هماهنگی و تعادل بدن اشاره کرد (۱۹) مطالعه‌ای دیگر به بررسی تأثیر سه نوع تمرین مختلف (مینی ترامپولین، ژیمناستیک آبی و ژیمناستیک عمومی) بر تعادل وضعیتی در زنان سالمند پرداخت و نتایج همه روش‌های تمرینی پس از دوازده هفته تمرین بهبود یافت (۲۰).

سیدجعفری و همکاران در مطالعه‌ای درباره بررسی اثر هشت هفته تمرینات در قسمت عمیق استخر بر فاکتورهای عملکردی و کیفیت زندگی سالمندان، نشان دادند این تمرینات به طور معناداری می‌تواند باعث بهبود قدرت اندام تحتانی، انعطاف پذیری، خطر سقوط و کیفیت زندگی در سالمندان شود. آن‌ها از آزمون‌های ۳۰ ثانیه نشستن و برخاستن، آزمون زماندار برخاستن و رفتن و کیفیت زندگی استفاده کردند (۲۱). کهن‌زاده و همکاران در مطالعه‌ای درباره مقایسه اثر هشت هفته تمرینات ورزش در آب و ترامپولین در آب بر تعادل، قدرت و کیفیت زندگی زنان غیرورزشکار میانسال، گزارش کردند که تمرینات ترامپلین در آب می‌تواند تعادل و قدرت را بهبود بخشد (۲۲). یافته‌های پژوهشی نشان داد، پس از هشت هفته تمرینات ثبات عصبی‌عضلانی پویا در عملکرد کمر بین دو گروه تجربی و کنترل تفاوت معناداری وجود داشت و میزان درد افراد که با خط‌کش درد اندازه‌گیری شد، پس از هشت هفته کاهش چشمگیری داشت (۲۳). بیرانوند و همکاران در یک کارآزمایی بالینی به بررسی ارتباط بین تغییرات قدرت عضلانی و نوسانات پاسچر سالمندان پس از هشت هفته تمرینات آبی پرداختند. نتایج نشان داد، تغییرات صورت‌گرفته در قدرت عضلات پلانتار فلکسور با توانایی کنترل پاسچر سالمندان ارتباط معناداری دارد، اما درمورد دیگر عضلات ارتباط معناداری مشاهده نشد (۲۴). پوش و همکاران اثربخشی یک مداخله ترکیبی تمرین تعادلی، قدرتی و پرش روی مینی ترامپولین را در زنان مبتلا به استئوپنی بررسی کردند. نتایج نشان داد، برنامه تمرینی ترامپولین تأثیر زیادی بر بهبود قدرت، تحرک عملکردی، تعادل، پارامترهای مرتبط با راه‌رفتن و ترس از سقوط در زنان مبتلا به استئوپنی دارد (۲۵). فارینها و همکاران اثر برنامه‌های مختلف تمرین در آب را بر ترکیب بدن، آمادگی عملکردی و عملکرد شناختی در سالمندان بررسی کردند. نتایج نشان داد، اثرات مفید تمرین بدنی در محیط آبی بر ترکیب بدن، آمادگی عملکردی و عملکرد شناختی در سالمندان غیرنهادی قابل‌مشاهده است (۲۶)؛ با توجه به مطالعات، می‌توان اظهار کرد که تاکنون در مطالعه‌ای به بررسی تأثیرات این روش تمرینی بر فاکتورهای آمادگی جسمانی استفاده‌کنندگان پرداخته نشده است و با توجه به تنوع و گستردگی کار در تمرینات آبی، هنوز در اثرگذاری این تمرینات بر قدرت، تعادل هنوز بحث‌هایی وجود دارد؛ به همین دلیل، در این مطالعه، محقق بر آن شد تا تأثیر تمرینات ترامپولین در آب را در مقایسه با تمرینات در آب سنتی بر قدرت، تعادل سالمندان بسنجد.

روش پژوهش

مطالعه حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی بود که با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با یک گروه تجربی و یک گروه کنترل انجام گرفت. همه مردان سالمند با دامنه سنی ۶۰ تا ۸۰ سال در سرای سالمندان صادقیه استان اصفهان، جامعه آماری پژوهش را تشکیل دادند؛ بدین‌ترتیب طبق هماهنگی با این مرکز از علاقه‌مندان به حضور برای شرکت در این پژوهش دعوت شد.

نحوه گزینش افراد بدین صورت بود که ابتدا محقق درباره چگونگی اجرای طرح پژوهش به افراد اطلاعات جامع و کامل ارائه کرد. سپس شاخص‌های تن‌سنجی و پرسشنامه‌های مربوط، توسط آزمودنی‌ها تکمیل و در طی چندین جلسه آزمون‌ها اندازه‌گیری شدند. پس از آن، آزمودنی‌ها به دو گروه تمرین (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) به صورت تصادفی تقسیم شدند. در طول فرایند اجرای طرح پژوهشی از آزمودنی‌ها در گروه کنترل خواسته شد که طی هشت هفته فعالیت روزانه خود را مطابق همیشه انجام دهند و در صورت شروع و شرکت در هرگونه فعالیت ورزشی، محقق را مطلع کنند تا از گروه کنترل حذف شوند. در پایان هفته هشتم تمرین، پس از ۴۸ ساعت استراحت، مرحله پس‌آزمون اندازه‌گیری و اطلاعات ثبت شد.

روش نمونه‌گیری به صورت هدفمند و داوطلبانه بود. با در نظر گرفتن مؤلفه‌های خطای آلفای ۰/۰۵، خطای بتا ۰/۲ و توان آزمون آماری ۰/۸۰، تعداد نفرات محاسبه‌شده برای شرکت در این پژوهش ۳۰ نفر بود. سپس افراد به صورت تصادفی به دو گروه تمرین و گروه کنترل تقسیم شدند و با استفاده از وزن‌سنج و قدسنج سکا[1]مدل ۲۲۰ ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری وزن (کیلوگرم) و قد (سانتی‌متر) انجام شد. همچنین پرسشنامه سلامت عمومی گلدبرگ توسط شرکت‌کنندگان تکمیل شد. پس از اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون، برنامه تمرین ترامپولین در آب در گروه تجربی و برنامه تمرین در آب با رویکرد سنتی به مدت هشت هفته با تواتر سه جلسه در هفته تکمیل شد. در پایان هفته هشتم تمرین، پس از ۴۸ ساعت استراحت مجدد طی هماهنگی با شرکت‌کنندگان، داده‌های پیش‌آزمون نیز در مرحله پس‌آزمون اندازه‌گیری و اطلاعات ثبت شد.

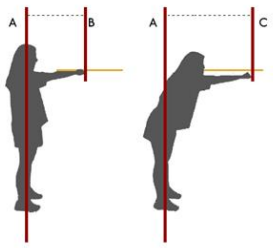
معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه عبارت بود از: مردان سالمند با سن ۶۰ سال و بیشتر؛ تمایل به شرکت در مطالعه؛ قرارگرفتن در گروه‌های مطالعه‌شده به صورت تصادفی؛ شرکت نداشتن از قبل در جلسات تمرین مشابه؛ مبتلا نبودن به اختلالات حاد یا مزمن جسمی مانند بیماری‌های ناتوان‌کننده پوستی، قلبی، تنفسی، کبدی و اسکلتی‌عضلانی که با انجام تمرینات مدنظر مغایرت داشته باشد؛ شرکت نکردن در برنامه‌های توان‌بخشی ورزشی و کاردرمانی موازی در طول دوره انجام تحقیق، اعتیاد نداشتن به مواد روان‌گردان و مخدر. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل تمایل نداشتن به ادامه همکاری در پژوهش، شرکت نامنظم در جلسات تمرین (داشتن غیبت بیش از ۳۰ درصد در جلسات تمرین) و شرکت نکردن در هریک از مراحل اجرای آزمون (پیش‌آزمون یا پس‌آزمون) بود.

از پرسش‌نامه خطر سقوط هاپکینز[2]برای ارزیابی خطر سقوط در افراد سالمند استفاده شد. ابزار جانز هاپکینز از هفت گویه شامل سن بیمار، سابقه سقوط در شش ماه اخیر، وضعیت روده‌ای-ادراری، دارودرمانی و تعداد داروی مصرفی، وسایل مراقبتی، تحرک سالمند و قوای شناختی تشکیل شده است. در پایان بررسی، جمع امتیازات گویه‌ها بیانگر احتمال خطر سقوط در سالمندان بستری است که امتیاز کسب‌شده نهایی از ابزار پنج و کمتر از آن، خطر سقوط کم=امتیاز بین ۱۳-۶، خطر سقوط متوسط=امتیاز ۱۴ و بیشتر خطر زیاد سقوط را نشان می‌دهد. روایی این پرسشنامه توسط حجتی و همکاران تأیید شد و پایایی آن ۰/۷۳ گزارش شد (۲۷).

از آزمون دسترسی عملکردی[3]برای اندازه‌گیری تعادل ایستا استفاده شد. نحوه اجرای این آزمون بدین صورت است که آزمودنی در محل از پیش تعیین‌شده در مجاورت یک متر کاغذی که روی دیوار نصب شده است، از سمت برتر خود می‌ایستد. او با بازکردن پاها به‌اندازه عرض شانه، به طوری که بدنش با دیوار زاویه ۹۰ درجه ایجاد کند، کنار دیوار می‌ایستد. بازوی کنار دیوار را ۹۰ درجه بالا می‌آورد (دست در حالت مشت‌شده) و با درجه‌بندی براساس سانتی‌متر

1. Seca
2. Fall Risk Questionnaire
3. Functional Reach Test (FR)

اندازه‌گیری می‌شود. سپس از آزمودنی خواسته می‌شود بدون اینکه قدمی بردارد و تعادلش به هم بخورد، تا آنجا که می‌تواند به جلو خم شود. بعد از رسیدن به حداکثر جابه‌جایی ممکن، دوباره مقداری که فرد خم شده است، اندازه‌گیری می‌شود. تفاوت اندازه‌گیری‌های اول و دوم به واحد سانتی‌متر ثبت می‌شود (۲۸).



شکل ۱- اجرای آزمون عملکردی برای اندازه‌گیری تعادل ایستا
Figure 1- Functional test to measure static balance

از آزمون زمان‌دار برخاستن و رفتن[1] برای ارزیابی تعادل پویا استفاده شد. در این آزمون از هر آزمودنی خواسته شد که روی یک صندلی بنشیند؛ به طوری که دستانش به حالت استراحت روی دسته صندلی قرار بگیرد (صندلی استاندارد با ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر و ارتفاع دسته ۶۳ سانتی‌متر). سپس با شنیدن فرمان حرکت یک مسیر سه‌متری را با حرکت عادی خود به طرف جلو بپیماید و سپس با چرخیدن دور مانع به محل صندلی برگردد و روی صندلی بنشیند. زمان طی‌شده برحسب ثانیه توسط کورنومتر ثبت شد. کسب رکورد زمانی کمتر از ۱۰ ثانیه به معنی توانایی حرکتی زیاد و استقلال در راه‌رفتن، کسب رکورد ۲۰ تا ۲۹ ثانیه به معنی حرکت کندتر، اختلال در تعادل و نیاز به کمک در راه‌رفتن و ثبت رکورد بیش از ۳۰ ثانیه به معنی کاهش توان حرکتی و مستعد به سقوط زیاد فرد سالمند است (۲۹).

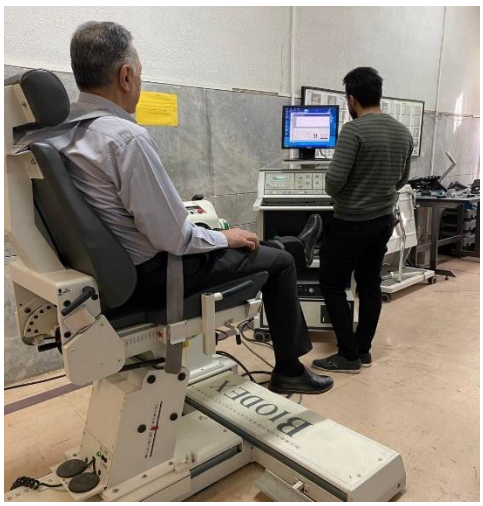
شکل ۲- اجرای آزمون زمان‌دار برخاستن و رفتن
Figure 2- Timed up and Go test

برای اندازه‌گیری عملکرد راه‌رفتن از دستگاه اسکن کف پایی ساخت بلژیک مجهز به ۴۰۹۶ سنسور و نرخ ۲۵۳ هرتز[2] استفاده شد. با شیوه یک‌سوکور اندازه‌گیری کف پایی انجام شد و پیش از شروع اندازه‌گیری، دستورالعمل اجرای آزمون توسط محقق توضیح داده شد؛ بدین ترتیب که هر آزمودنی باید چند مرحله در مسیر اندازه گیری راه برود تا از حالت مصنوعی خارج شود و از سرعت راه‌رفتن طبیعی اطمینان حاصل شود (میانگین سرعت راه‌رفتن پنج کیلومتر در ساعت) (۳۰). در یک مسیر راه‌رفتن پنج متری (۳۱)، توزیع فشار کف پایی اندازه‌گیری شد. پنج کوشش توسط هر آزمودنی انجام شد و نرمال‌ترین کوشش راه‌رفتن به‌عنوان توزیع فشار کف پایی ثبت شد.

1. Timed Up and Go Test (TUG)
2. RsScan International, Belgium with dimensions of 578/418/12mm, equipped with 4096 sensors and a sampling rate of 253Hz

اندازه‌گیری حس عمقی در اندام تحتانی: با استفاده از دستگاه ایزوکنتیک بایودکس چندمفصلی ساخت آمریکا[1] در ۶۰ درجه فلکشن حس عمقی در سه نوبت اندازه‌گیری شد و میانگین نتایج به‌عنوان داده حس عمقی در نظر گرفته شد. تست به این صورت اجرا شد که ابتدا زانوی فرد آزمودنی به صورت فعال در زاویه ۶۰ درجه فلکشن قرار گرفت. سپس با رها کردن انقباض عضلات زانو مجدد در حالت آزاد و راحت و بدون هیچ انقباضی (۹۰ درجه فلکشن) قرار گرفت. پس از آن، از آزمودنی خواسته شد که با چشمان بسته با استفاده از حس درون‌مفصلی، زانو را مجدد به زاویه ۶۰ درجه فلکشن ببرد. تفاوت زاویه از زاویه مدنظر به‌عنوان نتیجه آزمون در نظر گرفته شد. سه بار با چشمان بسته آزمون تکرار شد و میانگین تلاش‌ها به‌عنوان نتیجه آزمون در نظر گرفته شد.

از دستگاه ایزوکنتیک برای اندازه‌گیری قدرت عضلات اکستنسور و فلکسور زانو و نسبت قدرت عضلات همسترینگ به چهارسر در پاهای راست و چپ استفاده شد. با انجام عمل اکستنشن و فلکشن زانو در حالت نشسته، حداکثر گشتاور عضلات اکستنسور و فلکسور زانو در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه سه بار اندازه‌گیری شد و بیشترین رکورد به‌عنوان نتیجه آزمون گزارش شد. نسبت قدرت عضلات همسترینگ به چهارسر نیز با توجه به داده‌های محاسبه‌شده توسط دستگاه گزارش شد (شکل ۳).



شکل ۳- ارزیابی قدرت عضلانی و حس عمقی توسط دستگاه ایزوکنتیک

Figure 3- Muscle strength and proprioception assessment using isokinetic

از آزمون ۳۰ ثانیه نشست و برخاست از روی صندلی به‌منظور اندازه‌گیری قدرت عملکردی و استقامت اندام تحتانی استفاده شد (۳۲). موقعیت قرارگیری آزمودنی‌ها به صورت استاندارد شامل قرارگیری باسن، حمایت پشت، استفاده از دست‌ها و قرارگیری پاها است. دست‌ها از ناحیه مچ یکدیگر را قطع می‌کنند و روی سینه قرار می‌گیرند. در این آزمون از بیماران خواسته شد که به طور ایمن و با سرعت ممکن، عملیات نشستن و برخاستن را انجام دهند. تعداد کامل نشست و برخاست در ۳۰ ثانیه شمارش و ثبت شد (۳۳).

برنامه تمرینی

برنامه تمرینی به‌صورت محقق ساخته طراحی شد که در هفته اول با حرکات آشنایی با ترامپولین مثل بالا رفتن و پایین آمدن از ترامپولین، همراه با حرکات دوپا با حمایت دست‌ها توسط دسته ترامپولین شروع شد و به‌تدریج با حرکات تک‌پا

1.Biodex Multi-Joint Systems3

و جهشی و حرکات ترکیبی تا هفته هشتم ارتقا یافت. گروه کنترل نیز پروتکل سنتی تمرین در آب را اجرا کردند. شایان ذکر است، در تمامی شرایط پیش‌آزمون-پس‌آزمون و جلسات تمرینی، پژوهشگر و دو نفر مربی نظارت کامل بر تمرینات داشتند.

جدول ۱- برنامه تمرینی گروه تجربی

Table 1- Experimental group exercise program

هفته Week	زمان Time	متد تمرین Practice Method	حرکات Movement
هفته اول	35 دقیقه	گرم کردن+حرکات مربوط به آشنایی با دستگاه+سرد کردن	بالا و پایین رفتن از ترامپولین مارچ یا درجا زدن روی ترامپولین فلکشن ران با زانوی صاف و خم ابداکشن ران با زانوی صاف و خم اکستنشن ران فلکشن زانو از عقب اسکوات بالا آمدن روی پنجه‌های پا به صورت دوپا
هفته دوم	35 دقیقه	گرم کردن+حرکات جهشی+سرد کردن	حرکت‌های هفته اول پرش دوپا روی ترامپولین بالا آمدن روی پنجه پا به صورت تک‌پا مارچ زدن جهشی جامپ اسکوات
هفته سوم	40 دقیقه	گرم کردن+حرکات جهشی دوپا	حرکت‌های هفته‌های اول و دوم پرش تک‌پا پرش با جابه‌جایی پاها روی ترامپولین لانچ جامپ زانوبند فلکشن زانو از عقب با جهش
هفته چهارم	45 دقیقه	گرم کردن+حرکات جهشی دوپا و تک‌پا+حرکات چرخشی	حرکت‌های هفته‌های دوم و سوم جهش پای پروانه جهش درجا بدون حمایت دسته جهش تک‌پا همراه با رساندن زانو و دست مخالف به یکدیگر مسگری چرخش تنه
هفته پنجم	50 دقیقه	گرم کردن+حرکات جهشی دوپا و تک‌پا+حرکات چرخشی+حرکات ترکیبی	حرکت‌های هفته‌های دوم، سوم و چهارم ابداکشن و فلکشن ران به صورت ترکیبی اکسترنال روتیشن ران با زانوی خم اکستنشن و ابداکشن ران به صورت ترکیبی ابداکشن دست و پا هم‌زمان به صورت ترکیبی

جدول ۱- برنامه تمرینی گروه تجربی

Table 1- Experimental group exercise program

هفته Week	زمان Time	متد تمرین Practice Method	حرکات Movement
			اکستنشن دست و پا هم‌زمان به صورت ترکیبی روتیشن تنه و هوریزنتال ابداکشن دست هم‌زمان و به صورت ترکیبی پروانه
هفته ششم	60 دقیقه	گرم کردن+حرکات جهشی دوپا و تک‌پا+حرکات چرخشی+حرکات ترکیبی	حرکات هفته‌های اول تا پنجم
هفته هفتم	60 دقیقه	گرم کردن+حرکات جهشی دوپا و تک‌پا+حرکات چرخشی+حرکات ترکیبی	حرکات هفته‌های اول تا پنجم
هفته هشتم	60 دقیقه	گرم کردن+حرکات جهشی دوپا و تک‌پا+حرکات چرخشی+حرکات ترکیبی	حرکات هفته‌های اول تا پنجم

جدول ۲- برنامه تمرینی گروه کنترل

Table 2- control group exercise program

هفته Week	زمان Time	حرکات Movement
هفته اول	20 دقیقه	گرم کردن+تمرینات راه‌رفتن ساده + سرد کردن
هفته دوم	25 دقیقه	گرم کردن+تمرینات راه‌رفتن سریع در جهات مختلف + سرد کردن
هفته سوم	30 دقیقه	گرم کردن+تمرینات دویدن به الگوهای مختلف+ سرد کردن
هفته چهارم	20 دقیقه	گرم کردن+ تمرینات دویدن به الگوهای مختلف و در جهات مختلف+ سرد کردن
هفته پنجم	35 دقیقه	گرم کردن+ تمرینات دویدن به الگوهای مختلف و در جهات مختلف + تمرینات با ابزارهای کمکی+ سرد کردن
هفته ششم	40 دقیقه	گرم کردن+ تمرینات دویدن به الگوهای مختلف و در جهات مختلف + تمرینات با ابزارهای کمکی+ سرد کردن
هفته هفتم	45 دقیقه	گرم کردن+ تمرینات دویدن به الگوهای مختلف و در جهات مختلف + تمرینات با ابزارهای کمکی+ سرد کردن
هفته هشتم	45 دقیقه	گرم کردن+ تمرینات دویدن به الگوهای مختلف و در جهات مختلف + تمرینات با ابزارهای کمکی+ سرد کردن

نتایج

مشخصات آنتروپومتریک گروه‌های تجربی و کنترل در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- مشخصات آنتروپومتریک آزمودنی‌ها

Table 3- Anthropometric characteristic of subjects

گروه کنترل میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD	گروه تجربی میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD	متغیر Variable
63.5 ± 3.4	63.6 ± 3.5	سن (سال) Age (years)
175.0 ± 5.2	171.0 ± 7.6	قد (سانتی‌متر) Height (centimeters)
79.8 ± 6.0	75.40 ± 5.9	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)
26.1 ± 2.1	25.8 ± 2.6	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع) Body mass index (kg/m2)

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه‌ها در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش

Table4- Mean and standard deviation of research variables

پس‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD	پیش‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD	گروه‌ها Groups	متغیر Variable
12.40 ± 2.41	12.13 ± 1.88	کنترل Control	**دسترسی عملکردی یا تعادل ایستا (FRT) (سانتی‌متر)**
15.60 ± 3.37	11.60 ± 1.95	تمرین Exercise	Functional Reach or Static Balance (FRT) (centimeters)
11.26 ± 2.91	11.33 ± 3.06	کنترل Control	**تعادل پویا (آزمون زمان‌دار برخاستن و رفتن TUG)**
9.06 ± 2.28	12.00 ± 3.02	تمرین Exercise	**Dynamic balance (timed get up and go TUG test)**
22.90 ± 9.10	19.31 ± 7.55	کنترل Control	**IMC پای راست (میلی‌ثانیه)**
17.66 ± 5.81	21.99 ± 6.90	تمرین Exercise	**Right leg IMC (milliseconds)**
49.92 ± 16.10	55.49 ± 18.93	کنترل Control	**IFF پای راست**

جدول ۴- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش

Table4- Mean and standard deviation of research variables

متغیر Variable	گروه‌ها Groups	پیش‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD	پس‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD
IFF right foot	تمرین Exercise	50.00 ± 14.62	43.89 ± 11.14
HO پای راست HO right foot	کنترل Control	59.28 ± 12.73	49.78 ± 9.07
	تمرین Exercise	58.28 ± 20.12	55.04 ± 6.35
شاخص COP پای راست Right leg COP index	کنترل Control	11.94 ± 8.31	7.18 ± 4.52
	تمرین Exercise	9.96 ± 5.00	6.56 ± 3.23
IMC پای چپ IMC left leg	کنترل Control	17.37 ± 9.58	17.79 ± 7.95
	تمرین Exercise	19.70 ± 8.20	19.73 ± 8.25
IFF پای چپ IFF left foot	کنترل Control	53.89 ± 21.39	55.14 ± 11.28
	تمرین Exercise	54.19 ± 25.19	55.01 ± 16.34
HO پای چپ HO left foot	کنترل Control	60.29 ± 6.70	57.80 ± 13.11
	تمرین Exercise	61.38 ± 9.79	46.28 ± 12.42
شاخص COP پای چپ Left leg COP index	کنترل Control	8.88 ± 5.88	7.69 ± 5.69
	تمرین Exercise	7.94 ± 6.56	4.17 ± 6.75
حس عمقی(DP) (درجه) Proprioception (DP) (degrees)	کنترل Control	3.32 ± 0.6	2.89 ± 0.95
	تمرین Exercise	3.77 ± 1.04	2.39 ± 1.13
قدرت عضلات خم‌کننده زانو(QF) Knee flexor strength (QF)	کنترل Control	30.50 ± 8.22	29.50 ±10.15
	تمرین Exercise	18.28 ±7.54	37.13 ± 13.12
قدرت عضلات بازکننده زانو Hs Knee extensor muscle strength Hs	کنترل Control	70.24 ± 4.98	72.68 ± 6.21
	تمرین Exercise	63.70 ± 4.98	92.14 ± 6.21
قدرت عملکردی اندام تحتانی LEP (نمره) Lower Extremity Functional Strength (LEP) (score)	کنترل Control	11.06 ± 2.89	10.93 ± 2.60
	تمرین Exercise	11.60 ± 2.74	8.40 ± 2.02

جدول ۴- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش

Table4- Mean and standard deviation of research variables

متغیر Variable	گروه‌ها Groups	پیش‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD	پس‌آزمون میانگین و انحراف استاندارد Mean ± SD
نسبت قدرت عضلات همسترینگ به چهارسر H/Q Ratio	کنترل Control	45.74 ± 11.82	45.88 ± 11.85
	تمرین Exercise	37.92 ± 7.39	40.50 ± 9.74
خطر سقوط (نمره) Fall risk (score)	کنترل Control	13.80 ± 3.54	13.80 ± 2.93
	تمرین Exercise	15.86 ± 3.94	12.33 ± 1.49

همگنی واریانسی داده‌ها با استفاده از آزمون لوین بررسی شد. نتایج نشان داد، همگنی واریانسی بین‌گروهی در تمام مؤلفه‌ها برقرار بود.

جدول ۵- نتایج آزمون لوین بین گروه‌ها

Table 5- Leven Test results between groups

متغیر Variable	زمان Time	نمره f F-score	معناداری Significance
دسترسی عملکردی یا تعادل ایستا (FRT) Functional Reach or Static Balance (FRT)	پیش‌آزمون Pre-test	0.02	0.86
	پس‌آزمون Post-test	0.79	0.38
تعادل پویا آزمون زمان‌دار برخاستن و رفتن (TUG) Dynamic balance Timed get up and go (TUG) test	پیش‌آزمون Pre-test	0.01	0.92
	پس‌آزمون Post-test	1.84	0.18
IMC پای راست IMC right leg	پیش‌آزمون Pre-test	1.72	0.19
	پس‌آزمون Post-test	3.64	0.06
IFF پای راست IFF right foot	پیش‌آزمون Pre-test	1.72	0.19
	پس‌آزمون Post-test	3.64	0.06
HO پای راست HO right foot	پیش‌آزمون Pre-test	2.01	0.16
	پس‌آزمون Post-test	2.46	0.12
شاخص COP پای راست	پیش‌آزمون Pre-test	3.13	0.08

Right leg COP index	پس‌آزمون Post-test	1.33	0.25
IMC پای چپ IMC left leg	پیش‌آزمون Pre-test	0.43	0.51
	پس‌آزمون Post-test	0.34	0.55
IFF پای چپ IFF left foot	پیش‌آزمون Pre-test	0.65	0.42
	پس‌آزمون Post-test	0.42	0.52
HO پای چپ HO left foot	پیش‌آزمون Pre-test	3.21	0.08
	پس‌آزمون Post-test	0.07	0.78
شاخص COP پای چپ Left leg COP index	پیش‌آزمون Pre-test	2.38	0.13
	پس‌آزمون Post-test	0.001	0.98
حس عمقی (DP) Proprioception (DP)	پیش‌آزمون Pre-test	4.160	0.06
	پس‌آزمون Post-test	1.24	0.27
قدرت عضلات خم‌کننده زانو (QF) Knee flexor strength (QF)	پیش‌آزمون Pre-test	0.49	0.82
	پس‌آزمون Post-test	3.43	0.07
قدرت عضلات بازکننده زانو Hs Knee extensor muscle strength Hs	پیش‌آزمون Pre-test	0.15	0.70
	پس‌آزمون Post-test	0.23	0.63
قدرت کلی اندام تحتانی LEP Overall lower limb strength LEP	پیش‌آزمون Pre-test	0.96	0.76
	پس‌آزمون Post-test	1.33	0.25
نسبت قدرت عضلات همسترینگ به چهارسر H/Q Ratio	پیش‌آزمون Pre-test	2.70	0.11
	پس‌آزمون Post-test	1.21	0.27
خطر سقوط Fall risk	پیش‌آزمون Pre-test	0.078	0.78
	پس‌آزمون Post-test	4.14	0.12

در جدول (۶) نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری مربوط به تعادل ایستا بین گروه‌ها نشان داده شده است.

جدول ۶- نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر بین گروه‌ها

Table6- Results of ANOVA repeated measures between groups

متغیر Variable	نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر Results of repeated measures analysis of variance		
	زمان Time	اثر تعاملی Interactive effect	گروه Group
تعادل ایستا Static balance	*p=0.001 (η²=0.548)	*p=0.001 (η²=0.488)	*p=0.049 (η²=0.131)
تعادل پویا Dynamic balance	*p=0.001 (η²=0.332)	*p=0.001 (η²=0.312)	p=0.429 (η²=0.022)
IMC پای راست IMC right leg	p=0.812 (η²=0.002)	p=0.015 (η۲=0.192)	p=0.57 (η۲=0.012)
IFF پای راست IFF right foot	p=0.145 (η²=0.074)	p=0.945 (η²=0.001)	p=0.170 (η²=0.066)
HO پای راست HO right foot	p=0.064 (η²=0.117)	p=0.351 (η²=0.031)	p=0.545 (η²=0.013)
شاخص COP پای راست Right leg COP index	p=0.005 (η²=0.249)	p=0.000 (η²=0.009)	p=0.000 (η²=0.025)
IMC پای چپ IMC left leg	p=0.921 (η²=0.001)	p=0.932 (η²=0.001)	p=0.326 (η²=0.034)
IFF پای چپ IFF left foot	p=0.821 (η²=0.002)	p=0.962 (η²=0.001)	p=0.988 (η²=0.001)
HO پای چپ HO left foot	p=0.002 (η²=0.284)	p=0.030 (η²=0.158)	p=0.09 (η²=0.098)
شاخص COP پای چپ Left leg COP index	p=0.181 (η²=0.063)	p=0.481 (η²=0.018)	p=0.237 (η²=0.050)
حس عمقی Proximity	p=0.001 (η²=0.405)	p=0.02 (η²=0.159)	p=0.935 (η²=0.001)
قدرت عضلات خم‌کننده زانو Knee flexor muscle strength	p=0.001 (η²=0.413)	p=0.001 (η²=0.465)	p=0.45 (η²=0.020)
قدرت عضلات بازکننده زانو Knee extensor muscle strength	p=0.01 (η²=0.146)	p=0.03 (η²=0.146)	p=0.23 (η²=0.05)

قدرت کلی اندام تحتانی Overall lower limb strength	p=0.001 (η^2 =0.380)	p=0.001 (η^2 =0.341)	p=0.252 (η^2 =0.047)
نسبت قدرت عضلات همسترینگ به چهارسر Hamstring to quadriceps muscle strength ratio	p=0.567 (η^2 =۰/۰۱۲)	p=0.049 (η^2 =۰/۱۳۱)	p=0.094 (η^2 =۰/۰۹۷)
خطر سقوط Risk of falling	p=0.001 (η^2 =0.398)	p=0.001 (η^2 =0.398)	p=0.780 (η^2 =0.003)

یافته‌های جدول (۶) نشان می‌دهد، معناداری بین‌گروهی در تعادل ایستا (P=۰/۰۳۰)، تعادل پویا (P=۰/۰۰۱)، قدرت عضلانی کلی اندام تحتانی (P=۰/۰۰۱)، قدرت فلکسورهای زانو (P=۰/۰۰۱)، قدرت اکستانسورهای زانو (P=۰/۰۳)، حس عمقی (P=۰/۰۲)، نسبت عضلات همسترینگ به چهارسر (P=۰/۰۴) و خطر سقوط (P=۰/۰۰۱) یافت شد و گروه تمرین ترامپولین در آب نسبت به گروه کنترل اختلاف معناداری را نشان داد؛ با این حال، معناداری در فاکتورهای مرتبط با راه‌رفتن فقط در مؤلفه IMC پای راست (P=۰/۰۱) و HO پای چپ (P=۰/۰۳) مشاهده شد، اما در بقیه فاکتورها معناداری مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات آتیلجان و همکاران (۴۱)، آراگو پاوینا و همکاران (۳۵) و گیازوگلو و همکاران (۳۶)، مارکس و همکاران (۴۶)، ماری و همکاران (۱۷)، پاوینا و همکاران (۳۰) و سیدجعفری و همکاران (۴۰) همسوست. در هیچ‌کدام از این مطالعات تأثیر تمرین ترامپولین در آب بررسی نشد، اما تمرین ترامپولین و تمرین در آب به طور مجزا مطالعه شد. در مطالعه آراگو و همکاران، مداخله تمرینی ترامپولین باعث افزایش قدرت عضله پلانتارفلکسور (حدود ۱۰ درصد) و همچنین توانایی بازیابی تعادل در سقوط به جلو (۳۵ درصد) شد و نتایج نشان داد، مداخله چهارده‌هفته‌ای آموزش مینی‌ترامپولین توانایی افراد مسن را برای بازیابی تعادل در هنگام سقوط به جلو افزایش داد (۳۵). درواقع، افزایش قدرت عضلات نقش مهمی در بهبود تعادل داشت. در مطالعه حاضر قدرت عضلات پلنتار فلکسور اندازه‌گیری نشد، اما نتایج قدرت عضلات فلکسور و اکستانسور زانو به‌خوبی نمایانگر بهبود قدرت در اندام تحتانی است و افزایش قدرت اندام تحتانی دلیل همخوانی مطالعه حاضر با مطالعه آراگو و همکاران (۳۵) است. در مطالعه آتیلجان و گیازوگلو، تمرین ترامپولین در پسران ۹-۱۰ ساله انجام شد و بهبود قدرت و تعادل از نتایج این مطالعه بود (۴۱)؛ بنابراین قدرت فارغ از سن مؤلفه مهمی در حفظ تعادل است. در مطالعه پاوینا کاهش نوسانات وضعیتی که نشان‌دهنده تعادل است، پس از تمرین در آب مشاهده شد که این بهبود در مقایسه با گروه تمرین زمینی بیشتر بود. حفظ تعادل ممکن است آسان به نظر برسد، اما زمانی که بیماری‌ها یا تغییرات فیزیولوژیک مرتبط با پیری روی می‌دهد، مشکل می‌شود. کنترل پاسچر شامل شبکه سازمان‌یافته‌ای از سیستم‌های تعاملی است. فعالیت عضلات توسط سیستم عصبی مرکزی (CNS) برای حفظ تعادل از طریق ادغام سیگنال‌های ورودی سیستم اسکلتی عضلانی، بینایی و دهلیزی کنترل می‌شود. حس عمقی که از ماهیچه‌ها و گیرنده‌های پوستی سرچشمه می‌گیرد، اطلاعاتی درمورد موقعیت بدن در محیط و موقعیت نسبی

بخش‌های بدن ارائه می‌دهد. سیستم بصری اطلاعاتی درمورد محیط خارجی ارائه می‌دهد. کنترل مخچه کنترل بازخورد-بازخورد فعال‌شدن عضلات را فراهم می‌کند. درنهایت، سیستم دهلیزی با استفاده از اندام‌های تخصصی واقع در گوش داخلی، اطلاعاتی را تولید می‌کند که شتاب زاویه‌ای را با تکیه بر کانال‌های نیم‌دایره‌ای و شتاب خطی را با تکیه بر ساکول و اوتریکل ردیابی می‌کند. افزونگی اطلاعات آوران از سیستم اسکلتی عضلانی و از سیستم دهلیزی و بینایی برای قادر ساختن CNS به‌منظور ایجاد پاسخ‌های صحیح در هنگام دریافت محرک‌های متناقض ضروری است. همین موضوع نشان دهنده اهمیت عضلات مچ پا در سالمندان برای حفظ تعادل است که تمرین مینی‌ترامپولین به‌خوبی می‌تواند با تحریک عضلات مچ پا برای بازیابی تعادل این مؤلفه را تقویت کند. همچنین در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد، در افراد مسن با سابقه زمین خوردن نسبت به افراد مسن بدون سابقه زمین خوردن و همچنین در افراد مسن نسبت به افراد جوان، پلنتار فلکسورها در مقایسه با عضلات دورسی فلکسور مچ پا فعالیت عضلانی بیشتری را نشان می‌دهند و سهم بیشتری را در کنترل وضعیتی عضلات کف پا دارند.

نتایج آزمون نشستن و برخاستن نشان داد، زمان این آزمون در گروه ترامپولین در آب نسبت به گروه کنترل پس از هشت هفته کاهش یافت که می‌تواند بر بهبود تعادل پویا اثربخش باشد. این نتایج با نتایج مطالعات آراگو و همکاران (۳۵)، آتیلجان و همکاران (۳۴)، ژانگ و همکاران (۴۲)، مارکس و همکاران (۴۶)، کویچی و همکاران (۴۸)، دای و همکاران (۴۲) و شفیعی و همکاران (۴۵) همخوان است.

نتایج مطالعات مختلف درباره اثر افزایش سن بر تعادل پویا نشان می‌دهد، راه‌رفتن همراه با دلهره در سالمندان با سطح بالاتری از فعال‌شدن عضلات ران هم در افراد مسن و هم در آزمودنی‌های جوان‌تر مشخص می‌شود و این افزایش سطح انقباض هم‌زمان عضلات آگونیست و آنتاگونیست تنها در جمعیت مسن مشاهده شد (۴۷، ۴۶). استفاده از ترامپولین در آب می‌تواند به تقویت عضلات افراد مسن کمک کند؛ زیرا هنگام جلو رفتن و انجام حرکات مختلف روی ترامپولین، عضلات بدن برای حفظ تعادل و کنترل حرکتی فعالیت می‌کنند. این نوع تمرین می‌تواند بهبود تعادل و کنترل حرکتی را در افراد مسن تقویت کند. علاوه بر این، ترامپولین در آب ممکن است بهبود COP را نیز تسهیل کند. COP (مرکز فشار پا) نشان‌دهنده توزیع فشار بین پاها در هنگام حرکت است و می‌تواند در ارزیابی تعادل و کنترل حرکتی مفید باشد (۴۹، ۴۸). با توجه به ماهیت ترامپولین در آب و استفاده از آب به‌عنوان محیط تمرینی، ممکن است استفاده از ترامپولین در آب باعث توزیع بهتر فشار بین پاها شود و درنتیجه بهبود COP در افراد مسن را تسهیل کند. به طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد، یک دوره هشت‌هفته‌ای تمرینات ترامپولین در آب بر تعادل پویا، ایستا، قدرت عضلات اندام تحتانی، حس عمقی زانو، خطر سقوط تأثیر معنادار دارد، اما نمی‌تواند بر تمام مؤلفه‌های راه‌رفتن اثرگذار باشد.

در سال‌های اخیر، تمرینات آبی یکی از مؤثرترین روش‌ها برای بهبود سلامت جسمانی و روانی سالمندان شناخته شده است. مطالعات نشان داده‌اند، تمرینات آبی می‌توانند به طور درخورتوجهی تعادل، قدرت عضلانی و انعطاف‌پذیری سالمندان را بهبود بخشند و افزایش شدت تمرینات در آب به بهبود عملکرد قلبی-عروقی و کاهش خطر افتادن در سالمندان کمک می‌کند (۵۰). در مطالعه‌ای دیگر نیز بهبود کیفیت زندگی و کاهش خطر سقوط به‌عنوان تأثیر تمرین در آب گزارش شد (۵۱). همچنین پایبندی به تمرینات در بیماران مبتلا به بیماری‌های مزمن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا توصیه می‌شود برای بهبود تعادل ایستا از برنامه تمرین ترامپولین در آب در افراد سالمند سه جلسه در هفته استفاده شود. همچنین توصیه می‌شود، برنامه‌های تمرین ترامپولین در آب با هدف تقویت عضلات پایین‌تنه و بهبود حسی‌حرکتی در برنامه‌های هفتگی افراد سالمند گنجانده شود. توصیه می‌شود، در سرای سالمندان یا محیط‌هایی که ورزش‌های مربوط به سالمندان انجام می‌شود، از این شیوه تمرین برای کاهش خطر سقوط و کاهش عوارض ناشی از زمین خوردن استفاده شود. برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود، در پژوهش‌های بلندمدت بیش از دوازده هفته از

برنامه‌های کوتاه مدت ترامپولین در آب، سازگاری‌های تمرین روی تعادل پویا و راه‌رفتن در مردان و زنان سالمند بررسی و مقایسه شود. پیشنهاد می‌شود، اثر برنامه‌های ترامپولین در آب بر سازگای‌های عضلانی اطراف مفصل مچ پا که نقش مهمی در راه‌رفتن دارند، در زنان و مردان سالمند بررسی و مقایسه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود، تأثیر برنامه‌های ترامپولین در آب و خشکی بر عوامل تعادل، قدرت و عملکرد راه‌رفتن سالمندان بررسی و مقایسه شود.

پیام مقاله

نتایج این مطالعه شواهد محکمی ارائه می‌دهد مبنی بر اینکه برنامه ورزشی هشت‌هفته‌ای ترامپولین آبی به طور درخورتوجهی تعادل ایستا و پویا، قدرت عضلانی و حس عمقی را بهبود می‌بخشد و خطر سقوط را در مردان مسن کاهش می‌دهد؛ ازاین‌رو توصیه می‌شود، تمرینات ترامپولین آبی در برنامه‌های منظم فعالیت بدنی برای سالمندان گنجانده شود؛ به‌ویژه افرادی که درمعرض خطر سقوط هستند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه مطابق با استانداردهای اخلاقی برای تحقیقات مربوط به شرکت‌کنندگان انسانی انجام شد. همه شرکت‌کنندگان قبل از ورود به مطالعه، رضایت آگاهانه خود را ارائه دادند. پروتکل تحقیق توسط کمیته اخلاق بررسی و تأیید شد.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: حیدر طعان

نویسنده مسئول: نادر رهنما (استاد راهنما)

نویسنده دوم: مرتضی صادقی (استاد مشاور)

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با انتشار این مقاله وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از همه دوستان و عزیزانی که در اجرای این پژوهش همکاری کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. 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
2. Afroundeh R, Pourvaghar MJ. The effect of 12 weeks of training with total body resistance on static and dynamic balance in older men. Iranian Journal of Rehabilitation Research. 2020;6(4):30-8. http://dx.doi.org/10.29252/ijrn-06041
3 Tromp A, Smit J, Deeg D, Bouter L, Dr. Lips P. Predictors for falls and fractures in the Longitudinal Aging Study Amsterdam. Journal of bone and mineral research. 1998;13(12):1932-9 https://doi.org/10.1359/jbmr.1998.13.12.1932
4 Morin SN, Berger C, Papaioannou A, Cheung AM, Rahme E, Leslie WD, et al. Race/ethnic differences in the prevalence of osteoporosis, falls and fractures: a cross-sectional analysis of the Canadian Longitudinal Study on Aging. Osteoporosis international. 2022;33(12):2637-48. https://doi.org/10.1007/s00198-022-06539-z

5 Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ, Mojica WA, Maglione M, Suttorp MJ, et al. Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. BMJ. 2004;328(7441):680 https://doi.org/10.1136/bmj.328.7441.680

6 Ganz DA, Latham NK. Prevention of falls in community-dwelling older adults. New England Journal of Medicine. 2020;382(8):734-43. doi:%2010.1056/NEJMcp1903252

7 Quintero AM, Osorio ANV, Cerquera PEB, Cruz ÁMR. Levels of physical activity and psychological well-being of the elderly in rural areas. Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación. 2024(51):69-74.

8 Bandeen-Roche K, Seplaki CL, Huang J, Buta B, Kalyani RR, Varadhan R, et al. Frailty in older adults: a nationally representative profile in the United States. Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences. 2015;70(11):1427-34 https://doi.org/10.1093/gerona/glv133

9. Geytenbeek J. Evidence for effective hydrotherapy. Physiotherapy. 2002;88(9):514-29 https://doi.org/10.1016/S0031-9406(05)60134-4

10 Trzepacz PT, Hochstetler H, Wang S, Walker B, Saykin AJ, Initiative AsDN. Relationship between the Montreal Cognitive Assessment and Mini-mental State Examination for assessment of mild cognitive impairment in older adults. BMC Geriatrics. 2015;15:1-9 https://doi.org/10.1186/s12877-015-0103-3

11 Stefanova S, Doncheva R, Mitev R, Filkova S, editors. Rebound therapy-the new rehabilitation method. Varna Medical Forum; 2017. http://dx.doi.org/10.14748/vmf.v6i0.5283

12 Kim Y, Vakula MN, Waller B, Bressel E. A systematic review and meta-analysis comparing the effect of aquatic and land exercise on dynamic balance in older adults. BMC Geriatrics. 2020;20:1-14. https://doi.org/10.1186/s12877-020-01702-9

13 Shariat A, Ghayour Najafabadi M, Ghannadi S, Nakhostin-Ansari A, Hakakzadeh A, Shaw BS, et al. Effects of aquatic therapy on balance in older adults: a systematic review and meta-analysis. European Geriatric Medicine. 2022:1-13. https://doi.org/10.1007/s41999-021-00577-2

14 Gobbi M, Aquiri A, Monoli C, Cau N, Capodaglio P. Aquatic exercise. Rehabilitation interventions in the patient with obesity. 2020:35-50. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32274-8_3

15 Maki BE, McIlroy WE. Postural control in the older adult. Clinics in geriatric medicine. 1996;12(4):635-58 https://doi.org/10.1016/S0749-0690(18)30193-9

16 Delbaere K, Crombez G, Vanderstraeten G, Willems T, Cambier D. Fear-related avoidance of activities, falls and physical frailty. A prospective community-based cohort study. Age and Ageing. 2004;33(4):368-73 https://doi.org/10.1093/ageing/afh106

17 Miriam F, Marianne B, Iersel RPK, Marcel GOR. The influence of fear of falling on gait and balance in older people https://doi.org/10.1093/ageing/afp066

18 Mohamed RA, Sherief AEAA, Aboelazm SN. Effects of rebounding exercises versus whole body vibration on functional capacity, genu recurvatum angle and bone mineral density in children with Down Syndrome. 2015

19 Breuer W, Steininger BI. Recent trends in real estate research: a comparison of recent working papers and publications using machine learning algorithms. Cham: Springer; 2020. P. 963-74. https://doi.org/10.1007/s11573-020-01005-w

20 de Oliveira MR, da Silva RA, Dascal JB, Teixeira DC. Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: a randomized controlled trial. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2014;59(3):506-14. https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.08.009

21. Gschwind YJ, Kressig RW, Lacroix A, Muehlbauer T, Pfenninger B, Granacher U. A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength/power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. BMC Geriatrics. 2013;13(1):105. https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-105

22 Kohanzadeh Bajestan Z , Ghasemi, A., & Naeimikia, M.. ffect of 8 Weeks Shallow and Deep Water Exercises on Static Balance and Dynamic Balance of Elderly Women. SOREN Student Sports & Health Open Researches E-Journal: New-Approaches, 2(1), 31–37 (2021) https://doi.org/10.22037/soren.v2i1.34276

23 Ezadi H, Ghanizadeh Hesar N. The effect of eight weeks of selected exercises in water on pain and balance of female nurses with chronic back pain. Journal of Sport Biomechanics. 2021;7(1):44-55 https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.1.3

24 Beyranvand R, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Seyedjafari E. Relationship between changes in muscle strength and postural sway after eight weeks aquatic exercise in elderly people: a clinical trial. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2018;27(157):92-104
25 Posch M SA, Lener M, Tecklenburg K, Burtscher M, Ruedl G, Niedermeier M, Wlaschek W. Effectiveness of a mini-trampoline training program on balance and functional mobility, gait performance, strength, fear of falling and bone mineral density in older women with osteopenia. Clin Interv Aging 2019 https://doi.org/10.2147/CIA.S230008
26 Farinha C, Teixeira AM, Serrano J, Santos H, Campos MJ, Oliveiros B, et al. Impact of different aquatic exercise programs on body composition, functional fitness and cognitive function of non-institutionalized elderly adults: a randomized controlled trial International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(17):8963 https://doi.org/10.3390/ijerph18178963
27. Hojati H, Dadgari A, Mirrezaie SM. Validity and reliability of Persian version of johns hopkins fall risk assessment tool among aged people. Qom University of Medical Sciences Journal. 2018;12(2):45-53
28. Fathi RZ, Aslankhani MA, Farsi AR, Abdoli B, Zamani SS. A comparison of three functional tests of balance in identifying fallers from non-fallers in elderly people. 2010
29 Jafari M, SHamshiri M. Reviewing the static and dynamic balance in predicting the risk of falls in elderly people in Tehran. Journal of Urmia Nursing And Midwifery Faculty. 2015;12(11):1045-53.
30 Crossley SG, Mackintosh KA, Wilson RP, Lester LJ, Griffiths IW, McNarry MA. Energy expenditure associated with walking speed and angle of turn in children. European Journal of Applied Physiology. 2018;118(12):2563-76 https://doi.org/10.1007/s00421-018-3981-1
31. van der Leeden M, Dekker JH, Siemonsma PC, Lek-Westerhof SS, Steultjens MP. Reproducibility of plantar pressure measurements in patients with chronic arthritis: a comparison of one-step, two-step, and three-step protocols and an estimate of the number of measurements required. Foot & Ankle International. 2004;25(10):739-44 https://doi.org/10.1177/107110070402501008
32 Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. Research Quarterly for Exercise and Sport. 1999;70(2):113-9. https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608028
33 Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. Journal of Aging and Physical Activity. 1999;7(2):129-61. https://doi.org/10.1123/japa.7.2.129
34 Atilgan OE. Effects of trampoline training on jump , leg strength, static and dynamic balance of boys. Science of Gymnastics Journal. 2013;5(2):15 https://doi.org/10.52165/sgj.5.2.15-25
35 Aragão FA, Karamanidis K, Vaz MA, Arampatzis A. Mini-trampoline exercise related to mechanisms of dynamic stability improves the ability to regain balance in elderly. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2011;21(3):512-8 https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.01.003
36 Giagazoglou P, Sidiropoulou M, Mitsiou M, Arabatzi F, Kellis E. Can balance trampoline training promote motor coordination and balance performance in children with developmental coordination disorder? Research in Developmental Disabilities. 2015;36:13-9 https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.09.010
37 Posch M, Schranz A, Lener M, Tecklenburg K, Burtscher M, Ruedl G, et al. Effectiveness of a mini-trampoline training program on balance and functional mobility, gait performance, strength, fear of falling and bone mineral density in older women with osteopenia. Clinical Interventions in Aging. 2019:2281-93 https://doi.org/10.2147/CIA.S230008
38. Sanders ME, Takeshima N, Rogers ME, Colado JC, Borreani S. Impact of the SWEAT™ water-exercise method on activities of daily living for older women. Journal of Sports Science & Medicine. 2013;12(4):707
39 Yennan P, Suputtitada A, Yuktanandana P. Effects of aquatic exercise and land-based exercise on postural sway in elderly with knee osteoarthritis. Asian Biomedicine. 2010;4(5):739-45
40 Seyedjafari E, Sahebozamani M, Beyranvand R, Ebrahimipoor E, Razavi M. The effect of 8 weeks deep-aquatic exercises on static balance and lower body strength among elderly men. International Journal of Applied Exercise Physiology. 2017;6(1).
41 Brown R, Ropper A, Adams R. Victor's principles of neurology. McGraw-Hill Companies, Inc; 2014
42 Tay ZM, Lin W-H, Kee YH, Kong PW. Trampoline versus resistance training in young adults: effects on knee muscles strength and balance. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2019;90(4):452-60 https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1616045

43 Kaneda K, Sato D, Wakabayashi H, Hanai A, Nomura T. A comparison of the effects of different water exercise programs on balance ability in elderly people. Journal of Aging and Physical Activity. 2008;16(4):381-92.
44. Dai S, Yuan H, Wang J, Yang Y, Wen S. Effects of aquatic exercise on the improvement of lower-extremity motor function and quality of life in patients with Parkinson's disease: a meta-analysis. Frontiers in Physiology. 2023;14:145 https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1066718
45 Shafiee A, Daneshjoo A, Sahebozamani M. Research paper the effect of eight weeks of water training on postural control and balance recovery strategies in 60-70 years old elderly men https://doi.org/10.1016/S0268-0033(01)00005-5
46 Hallal CZ, Marques NR, Spinoso DH, Vieira ER, Gonçalves M. Electromyographic patterns of lower limb muscles during apprehensive gait in younger and older female adults. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2013;23(5):1145-9 https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.06.006
47. Lo J, Lo O-Y, Olson EA, Habtemariam D, Iloputaife I, Gagnon MM, et al. Functional implications of muscle co-contraction during gait in advanced age. Gait & Posture. 2017;53:110-4. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.01.010
48 De Cock A, Vanrenterghem J, Willems T, Witvrouw E, De Clercq D. The trajectory of the centre of pressure during barefoot running as a potential measure for foot function. Gait & Posture. 2008;27(4):669-75. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.08.013
49 Williams Iii DS, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. Clinical Biomechanics. 2001;16(4):341-7. https://doi.org/10.1016/S0268-0033(01)00005-5
50. Lopez JF, Espinoza RV, Alvear-Vasquez F, Macedo LS, Velasquez DM, Pacco WR, et al. Systematic review of aquatic physical exercise programs on functional fitness in older adults. European Journal of Translational Myology. 2021;31(4). https://doi.org/10.4081/ejtm.2021.10006
51. Moreira NB, da Silva LP, Rodacki ALF. Aquatic exercise improves functional capacity, perceptual aspects, and quality of life in older adults with musculoskeletal disorders and risk of falling: A randomized controlled trial. Experimental Gerontology. 2020;142:111135.