



Research Article

Risk of Fall and Dynamic Balance after Aquatic Exercise at Different Depths in Elderly Women with Knee Osteoarthritis

Faezeh Zamanian¹, Mahdi Armandnia*², Mahdiah Gharehlar³,
Majid Vesalinaseh⁴

1. Assistant Professor of Physical Education & Sport Science, Iran University of Art, Tehran, Iran
2. Assistant Professor of Physical Education & Sport Science, Iran University of Art, Tehran, Iran
3. Department of physical education & sport science, Ur.C., Islamic Azad University, Urmia, Iran
4. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, National University of Skill (NUS), Tehran, Iran

Received: 02/06/2025, Accepted: 03/08/2025, Online Published: 05/08/2025

* Corresponding Author: Mahdi Armandnia, E-mail: armandnia@art.ac.ir

How to Cite: Zamanian, F; Armandnia, M; Gharehlar, M, Vesalinaseh, M. Risk of Fall and Dynamic Balance after Aquatic Exercise at Different Depths in Elderly Women with Knee Osteoarthritis. *Sport Medicine Studies*, 2025; 17(45), 73-94. Doi: [10.22089/smj.2025.18060.1812](https://doi.org/10.22089/smj.2025.18060.1812).

Extended Abstract

Background and Purpose

In the elderly with knee osteoarthritis, postural fluctuations and the risk of falling increase significantly (1). Elderly individuals suffering from knee osteoarthritis often experience pronounced postural instability and an elevated risk of falls. [Therefore, improving balance and reducing pain in these individuals is an effective strategy to mitigate fall risk (2).] Consequently, interventions aimed at enhancing balance and alleviating pain are critical methods for fall prevention. Many exercises have been proposed to improve balance and thus reduce fall incidence. Various forms of exercise are recognized to bolster balance and diminish fall-related risks.

However, arthritis pain frequently hinders patients' ability to pursue and benefit from exercising (2). Nonetheless, pain associated with arthritis often undermines exercise adherence and effectiveness. Exercising in water is more suitable for individuals with musculoskeletal problems than land-based exercise. Aquatic exercise offers an advantageous alternative, providing a supportive environment particularly beneficial for those with musculoskeletal limitations. This is because as water depth increases, joint load and pain sensation decrease (3). Increasing immersion depth reduces joint loading and pain perception.

However, as water depth increases, if the foot loses contact with the pool floor, proprioceptive input diminishes, weakening balance-related sensory feedback. Yet, in deeper water, lack of foot-ground contact diminishes proprioceptive cues essential for postural control and fall prevention. This proprioceptive perception is vital for maintaining balance and decreasing fall risk. The integrity of proprioception is paramount in sustaining postural stability.



Hence, the fundamental question arises: which water depth maximizes improvements in balance, fall risk reduction, and pain alleviation? Therefore, identifying the optimal pool depth for maximizing therapeutic benefits on balance, fall risk, and pain is crucial. Water depth influences training efficacy through variables such as gravity, hydrostatic pressure, and exercise chain configurations (open or closed) (4). Training parameters, including gravitational forces, hydrostatic pressure, and kinetic chain characteristics, vary with water depth and impact outcomes.

Accordingly, the purpose of this research was to investigate the effects of training in two water depths—shallow water, where the feet maintain contact with the pool floor, and deep water, where feet do not touch the bottom—on dynamic balance, fall risk, and pain in elderly women with knee osteoarthritis. This study compares shallow and deep water exercise effects on dynamic balance, fall risk, and pain among elderly women afflicted with knee osteoarthritis.

Methods

This semi-experimental, pretest-posttest study involved 43 elderly women aged 55 and older with chronic knee osteoarthritis of at least eight months duration. A semi-experimental design with pretest and posttest measurements was used on 43 elderly female participants (age ≥ 55) diagnosed with chronic knee osteoarthritis of minimum eight months. The intervention lasted 12 weeks with three training sessions per week in two aquatic environments: shallow and deep water. Participants underwent 12 weeks of aquatic training, thrice weekly, in either shallow or deep water settings.

After preliminary assessments and informed consent, participants were divided into three groups: two shallow water exercise groups (14 each), one deep water exercise group (14), and one control group. Following baseline evaluation and consent, subjects were assigned to three groups: two shallow water exercise groups (each $n=14$), one deep water exercise group ($n=14$), and a control group.

Dynamic balance, fall risk, and pain were measured using the Star test (5), Berg Balance Scale (6), and KOOS questionnaire (7), respectively. Outcome measures included the Star Excursion Balance Test for dynamic balance, the Berg Balance Scale for fall risk assessment, and the KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) for pain evaluation.

Data analysis employed a 2 (time: pretest/posttest) \times 3 (group: shallow water/deep water/control) repeated-measures ANOVA with LSD post hoc tests at a significance level of $p < 0.05$. Statistical analyses were conducted via repeated-measures ANOVA (2 \times 3 design) with LSD post hoc tests, maintaining an alpha of 0.05.

[SPSS version 26 was used for all statistical analyses. All analyses utilized SPSS version 26.

Results

Table 1 presents the demographic characteristics of participants across groups.

Table 1. Descriptive statistics related to the individual characteristics of the subjects by groups

Variables	Groups		
	Shallow-water (n=14)	Deep-water (n=14)	Control (n=14)
Age (year)	62.41 \pm 5.16	63.11 \pm 5.37	63.41 \pm 5.16
Height (cm)	154.92 \pm 4.63	155.22 \pm 4.03	154.85 \pm 3.99
Weight (kg)	59.84 \pm 10.45	61.03 \pm 11.20	60.13 \pm 10.86
Body mass index (kg/m ²)	25.71 \pm 3.96	26.11 \pm 4.09	25.83 \pm 4.21
fat percentage (%)	30.69 \pm 7.24	31.83 \pm 6.88	31.17 \pm 7.55

Table 2 depicts the result of two factor repeated measure ANOVAs of main effects (within groups: aquatic exercise and between groups: depth of water) on dynamic balance, falling risk and pain were statistically significant.

Table 2. The result of main effects on dynamic balance, falling risk, quality of life, and pain

Variables	Source	df1	df2	F	p	η^2
Dynamic Balance	Aquatic exercise	1	40	3.06	0.01*	0.08
	Depth (shallow/ deep/ control)	2	40	3.15	0.01*	0.08
	Aquatic exercise ×Depth	2	40	4.90	0.007**	0.13
Falling risk	Aquatic exercise	1	40	8.72	0.001***	0.20
	Depth (shallow/ deep/ control)	2	40	9.39	0.001***	0.23
	Aquatic exercise ×Depth	2	40	12.40	0.001***	0.35
Pain	Aquatic exercise	1	40	9.04	0.001***	0.21
	Depth (shallow/ deep/ control)	2	40	9.67	0.001***	0.24
	Aquatic exercise ×Depth	2	40	12.97	0.001***	0.35

* Significance at $p \leq 0.05$, **significance at $p \leq 0.01$, ***significance at $p \leq 0.001$

Due to the significance of the main effect of water depth, the LSD test was used to perform multiple comparisons. Results are shown in table 3.

Table 3. The results of LSD test for between groups comparison of dynamic balance, falling risk and pain.

Variables	Groups	Mean difference	Standard error	P	
Dynamic Balance	Shallow water	Deep water	3.58	0.89	0.001***
	Deep water	Control	5.58	0.83	0.001***
		Control	2.00	0.90	0.02*
Falling risk	Shallow water	Deep water	6.69	0.96	0.001***
	Deep water	Control	16.01	0.74	0.001***
		Control	9.32	1.08	0.001***
Pain	Shallow water	Deep water	7.53	0.78	0.001***
	Deep water	Control	17.07	0.54	0.001***
		Control	9.54	0.69	0.001***

*Significance at $p \leq 0.05$, *** significance at $p \leq 0.001$

descriptive statistics (Table 1) report participant demographics by group.

Results demonstrated that 12 weeks of aquatic exercise in both shallow and deep water significantly improved dynamic balance and reduced fall risk and pain. Both shallow and deep water exercise groups exhibited significant post-intervention improvements in dynamic balance and reductions in fall risk and pain.

Improvements were more pronounced in the shallow water group compared to the deep water group. Notably, enhancements were significantly greater for the shallow water group. This suggests that foot contact with the pool floor facilitates more effective proprioceptive feedback, stimulating balance mechanisms more robustly than skin receptor stimulation via hydrostatic pressure alone (3). The presence of foot-floor contact in shallow water likely provides superior proprioceptive stimulation compared to deep water's reliance on hydrostatic pressure and cutaneous receptors.

Shallow water training also yielded greater reductions in fall risk and pain, likely due to more considerable balance improvements. These superior outcomes in fall risk and pain may be

mediated by enhanced balance function observed in the shallow water cohort. Improved balance corrects motor patterns and establishes effective muscle coordination, crucial for postural stability, thereby reducing pain and fall risk (8). Enhanced postural stability involves coordinated muscular control, mitigating pain and decreasing susceptibility to falls.

Overall, these findings support the therapeutic efficacy of aquatic exercise, particularly in shallow water, for elderly individuals with knee osteoarthritis. The results corroborate prior evidence endorsing water-based therapy and emphasize shallow water exercise's superiority for this population.

Keywords: Depth, Falling Risk, Balance, Elderly, Knee Osteoarthritis.

Article Message

Elderly individuals with chronic knee osteoarthritis can benefit significantly from water-based exercise to improve balance, reduce pain, and lower fall risk. Aquatic exercise provides substantial benefits for elderly patients with chronic knee osteoarthritis in terms of balance, pain relief, and fall prevention. Adjusting water depth to chest level, where feet maintain contact with the pool floor, is more effective than exercising in deep water. Optimizing water depth to allow foot-floor contact enhances therapeutic outcomes more than training in non-weight-bearing deep water.

Authors' Contributions

Conceptualization: Faezeh Zamanian, Mahdi Armandnia

Data Collection: Faezeh Zamanian, Mahdie Gharehlar

Data Analysis: Mahdi Armandnia, Majid Vesalinaseh

Manuscript Writing: Faezeh Zamanian, Mahdi Armandnia, Mahdie Gharehlar, Majid Vesalinaseh

Review and Editing: Mahdi Armandnia

Responsible for funding: No financial support was received for this study.

Literature Review: Faezeh Zamanian, Mahdi Armandnia, Mahdie Gharehlar, Majid Vesalinaseh

Project Manager: Mahdi Armandnia, Faezeh Zamanian

Ethical Considerations

The ethical code is UMIN000058649. This study was approved under ethical code UMIN000058649.

Conflict of Interest

The authors have no conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all individuals and participants who provided significant help during our research. The authors express sincere gratitude to all participants and collaborators who contributed to this study.



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی
پرتال جامع علوم انسانی



خطر سقوط و تعادل پویا پس از یک دوره تمرین در عمق‌های متفاوت آب در زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت زانو

فائزه زمانیان^۱ ID، مهدی آرمندنیا*^۲ ID، مهدیه قره‌لر^۳ ID، مجید وصالی‌ناصر^۴ ID

۱. استادیار گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران
۲. استادیار گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران
۳. گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران
۴. استادیار گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۲، تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴

*نویسنده مسئول: مهدی آرمندنیا E-mail: armandnia@art.ac.ir

How to Cite: Zamanian, F; Armandnia, M; Ghahreliar, M, Vesalinaseh, M. Risk of Fall and Dynamic Balance after Aquatic Exercise at Different Depths in Elderly Women with Knee Osteoarthritis. *Sport Medicine Studies*, 2025; 17(45), 73-94. Doi: 10.22089/smj.2025.18060.1812.

چکیده

اثرات و خواص فیزیکی آب منابع مفیدی برای تمرین افراد سالمند مبتلا به آرتروز است. ویژگی‌های فیزیکی آب تحت تأثیر عمق آبی قرار می‌گیرد که افراد در آن ورزش می‌کنند و تأثیرات تمرینی را متفاوت می‌کند؛ بنابراین هدف این مطالعه، مقایسه تأثیر تمرین در آب کم‌عمق و عمیق بر تعادل پویا، خطر سقوط و درد در زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت زانو بود. تعداد ۴۳ زن در دامنه سنی ۵۵ سال و بیشتر، با عارضه استئوآرتریت مزمن زانو پس از تکمیل رضایت‌نامه و ارزیابی‌های مقدماتی و پیش‌آزمون، با توجه به دو متغیر شاخص توده بدن و درصد چربی و همچنین متغیرهای وابسته هم‌تاسازی شدند. سپس به طور تصادفی در سه گروه قرار گرفتند: (۱) تمرین در آب کم‌عمق (۱۴=ن)، (۲) تمرین در آب عمیق (۱۴=ن) و (۳) کنترل (۱۵=ن). مداخله تمرینی هشت هفته تمرین ۴۵ تا ۶۰ دقیقه‌ای، سه بار در طول هفته بود. برای اندازه‌گیری‌های تعادل پویا، خطر سقوط و درد به ترتیب از آزمون‌های ستاره، پرسشنامه برگ و پرسشنامه کووس استفاده شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس دوعاملی با تکرار سنجش عامل آزمون و آزمون تعقیبی LSD در سطح اطمینان ۹۵ درصد تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد، بهبود تعادل پویا، کاهش خطر سقوط و میزان درد در گروه آب کم‌عمق در مقایسه با گروه آب عمیق ($P < 0.001$) و گروه کنترل ($P < 0.001$) به طور معناداری بیشتر بود. بهبود این متغیرها در گروه آب عمیق نیز در مقایسه با گروه کنترل به طور معناداری بیشتر بود ($P < 0.001$). براساس یافته‌های تحقیق، پیشنهاد می‌شود از تمرین در آب به‌ویژه تمرین در آب کم‌عمق، به عنوان راهکاری مناسب و تأثیرگذار بر کاهش خطر سقوط، درد و بهبود تعادل پویا برای سالمندان مبتلا به استئوآرتریت مزمن زانو استفاده شود.

واژگان کلیدی: عمق، خطر سقوط، تعادل، سالمندی، استئوآرتریت زانو.



مقدمه

یکی از چالش‌های فراروی سالمندان که از نظر هم اقتصادی و هم روان‌شناختی و سلامت جسمانی بسیار هزینه‌بر است، زمین خوردن می‌باشد (۱)؛ به‌ویژه اگر آن‌ها به بیماری‌های استخوانی و مفصلی همچون استئوآرتریت پائین تنه دچار باشند (۲). چندین دلیل برای افزایش خطر سقوط با افزایش سن وجود دارد که یکی از آن‌ها تغییرات پاسچری و کاهش عملکرد تعادل است (۳). تحرک و تعادل برای استقلال عملکردی، کاهش خطر زمین خوردن و کیفیت زندگی ضروری است (۴، ۱). به هر حال، آرتریت این مسئله را بغرنج‌تر می‌کند.

بخشی از آنچه می‌تواند به حفظ تعادل ما کمک کند، مکانیسم حس عمقی^۱ است (۵). حس عمقی به حفظ تعادل به‌وسیله هوشیار کردن مغز نسبت به فشاری که عضلات دریافت می‌کنند، کمک کرده و بدن را از نحوه انتقال وزن و استفاده از مکانیسم‌های جبرانی برای حفظ تعادل آگاه می‌کند؛ اما وقتی که آرتریت، غضروف مفصلی و دیگر بافت‌های مفصل را تخریب کند، این موضوع می‌تواند به بعضی دیگر از اعصاب حس عمقی وابسته به آن آسیب برساند (۵). راه سیگنال‌ها از عضلات به سمت مغز بسته می‌شود و بدن نمی‌تواند از مکانیسم جبرانی به طور مناسب استفاده کند و یا موقعیتش را تشخیص دهد. اگر سیستم حس عمقی به‌خوبی عمل نکند، بدن مجبور است برای تعادل تنها به بینایی و سیستم دهلیزی تکیه کند که باعث کاهش ثبات می‌شود (۶). به‌علاوه آرتریت به دلیل وجود درد در مفصلی که وزن بدن را تحمل می‌کنند، می‌تواند بر تعادل اثر بگذارد. درد به نوبه خود الگوی راه رفتن را تغییر می‌دهد، تحرک‌پذیری را کاهش داده و خطر سقوط را افزایش می‌دهد. کاهش فعالیت به دلیل درد استئوآرتریت زانو سبب کاهش قدرت عضلانی پایین‌تنه و تعادل و افزایش خطر سقوط می‌شود (۷، ۳). تمرینات زیادی وجود دارد که خطر سقوط را کاهش دهد، اما درد استئوآرتریت زانو باعث دست نیافتن به اهداف تمرینی برای تقویت تعادل و آمادگی بدنی می‌شود (۹، ۸). توصیه شده است که تمرین در آب برای افرادی که مشکلات عضلانی اسکلتی دارند، مناسب‌تر از خشکی است (۱۰)؛ چراکه بار واردشده به مفاصل با افزایش عمق آب کاهش می‌یابد (۱۱). وزن بدن در آب به عمق نزدیک به سطح خار فوقانی-قدامی خاصه به ۵۰ درصد، در عمق تا جناغ سینه به ۲۵ درصد و در عمق تا هفتمین مهره گردنی به ۱۰ درصد وزن خود کاهش می‌یابد (۱۱)؛ بنابراین اختلاف عمق آب بر بار تمرینی تأثیر می‌گذارد و شناوری در آب بار واردشده بر ستون فقرات و مفاصل را کاهش می‌دهد. این ویژگی‌ها تأثیرات تمرینی را متفاوت می‌کنند و بر شدت و فراوانی درد در مشکلات اسکلتی عضلانی تأثیر می‌گذارند (۱۲، ۱۳). کاهش درد وابسته به عمق آب به نوبه خود باعث افزایش توانایی افراد در انجام تمرینات و دستیابی به اهداف تمرینی بیشتر می‌شود. همچنین ناپایداری و تلاطم ایجادشده به‌وسیله خواص آب با افزایش عمق بیشتر می‌شود و محیط‌های آبی را نسبت به خشکی ناپایدارتر می‌کند (۱۱)؛ بنابراین، تمرین در آب عمیق‌تر ناپایداری بیشتری نسبت به تمرین در آب کم‌عمق‌تر و خشکی ایجاد می‌کند که منجر به تولید نیرو و کمک بیشتر در بدن جهت حفظ تعادل می‌شود (۱۱). برتری دیگر آب عمیق نسبت به آب کم‌عمق در حجم، فشار اسمزی و فشار هیدروستاتیک بیشتر آب است که باعث گردش بیشتر خون و احتمال بازسازی بیشتر مفصل می‌شود. از طرف دیگر، تمریناتی که در یک زنجیره بسته انجام می‌شود، در مقایسه با تمرینات زنجیره باز در تحریک حس عمقی همراه با ثبات مؤثرترند (۱۱)؛ از این رو تمرین در آب عمیق به طوری که کف پا با استخر تماس نداشته باشد (زنجیره باز)، پیام‌های گیرنده‌های حس عمقی را تضعیف خواهد کرد؛ بنابراین تمرین در آب کم‌عمق به نفع زنجیره بسته و تحریک سیستم حسی عمقی است، ولی تمرین در آب عمیق به نفع تولید نیروی بیشتر برای حفظ تعادل، کاهش وزن و درد و بهره بردن

1. Proprioception

از فشار هیدروستاتیک بیشتر است. حال، سؤال این است که تمرین در کدام عمق آب در بهبود تعادل پویا، کاهش درد و خطر سقوط به سالمندان مبتلا به استئوآرتریت زانو کمک مؤثرتری می‌کند؟ شواهد تحقیقی برای این مقایسه بر متغیرهای مذکور ناکافی است و بیشتر مطالعات متغیر عملکرد تعادل را در دو عمق آب بررسی کرده‌اند که نتایج در زمینه تأثیر آب کم‌عمق و عمیق بر تعادل پویا متناقض است؛ به عنوان مثال، گزارش شده است که تمرین در آب تا ارتفاع سینه می‌تواند به بهبود تعادل ایستا و پویا کمک کند (۱۳)؛ در حالی که کندا^۱ و همکاران نشان دادند که تمرین در آب عمیق بر تعادل پویا نسبت به تمرین در آب کم‌عمق در سالمندان مؤثرتر است (۱۴). از طرف دیگر، نتایج تحقیقی نشان داد که پیشرفت سالمندان در عملکردهای تعادلی در گروه تمرین در آب کم‌عمق و عمیق تفاوت معناداری ندارد (۳۰)؛ بنابراین به علت کمبود شواهد تحقیقی و تناقض در نتایج آن‌ها به بررسی‌های بیشتر و باکیفیت نیاز است.

مطالعات تحقیقی، بیشتر فاکتورهای بیومکانیکی و عملکرد حرکتی سالمندان و بیماران مبتلا به استئوآرتریت را در آب کم‌عمق بررسی کرده‌اند و مطالعات درباره آب عمیق، بیشتر محدود به افراد سالم (برای مثال، کووک^۲ و همکاران (۱۵)، سو^۳ و همکاران (۱۶)) و ورزشکار است که پاسخ‌های فیزیولوژیک (برای مثال، هلمبرگ^۴ و همکاران (۱۷)) یا توان‌بخشی بعد از آسیب‌های ورزشی (برای مثال، مانوز^۵ و همکاران (۱۸)؛ باکتروپ^۶ و همکاران (۱۹)) را بررسی کرده‌اند؛ بنابراین بررسی تأثیر آب عمیق بر فاکتورهای عملکرد حرکتی سالمندان مبتلا به استئوآرتریت و سپس مقایسه آن با آب کم‌عمق، خلأ پژوهشی در مطالعات است.

از آنجاکه عمق‌های متفاوت پارامترهای مؤثر در تمرین در آب از جمله جاذبه، فشار هیدروستاتیک، شناوری و تماس پا را تحت تأثیر قرار می‌دهد، تمرین بدنی در آب کم‌عمق (آب تا ارتفاع جناغ سینه و تماس پا با کف استخر) و عمیق (تماس نداشتن پا با کف استخر) می‌تواند اثرات متفاوتی بر تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد داشته باشد. با توجه به نتایج مطالعات، تمرین در آب عمیق بر بهبود فاکتورهای فیزیولوژیک و کاهش وزن (۱۵) و سیستم وستیبولار (۳۰) مؤثرتر است و تمرین در آب کم‌عمق به دلیل تماس پا با کف استخر به نفع افزایش دقت حس عمقی (۳۰) است؛ از این رو پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر تمرین در آب عمیق و آب کم‌عمق بر تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد سالمندان زن مبتلا به استئوآرتریت زانو اجرا شد تا عمق مناسب‌تر برای تمرین در این دسته از سالمندان شناسایی شود. دانش به‌دست‌آمده از این مطالعه به کاردرمانگران، متخصصان کنترل و رشد حرکتی سالمندان، مراکز توان‌بخشی و پزشکی-ورزشی و فیزیوتراپیست‌ها کمک می‌کند تا محتوای برنامه خود را طوری طراحی کنند که بهترین تأثیر را بر بهبود عملکرد حرکتی و درد سالمندان مبتلا به استئوآرتریت زانو داشته باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. در این تحقیق پس از حذف دو شرکت‌کننده به دلیل حضور منظم نداشتن در جلسات تمرینی، داده‌های ۴۳ زن سالمند مبتلا به استئوآرتریت مزمن مفصل زانو تجزیه و تحلیل شد. این افراد از مراجعه‌کنندگان به پزشک متخصص ارتوپد بودند و حداقل سابقه هشت ماه

-
1. Kaneda
 2. Kwok
 3. So
 4. Holmberg
 5. Munoz
 6. Buckthorpe

درد در مفصل زانو داشتند. براساس هماهنگی‌های اولیه با پزشک متخصص، هر بیماری که به آب‌درمانی نیاز داشت، برای شرکت در جلسات آب‌درمانی به این پژوهش ارجاع داده شد. همچنین پزشک متخصص و متخصص آب‌درمانی در جلسه‌ای جداگانه با یکدیگر ملاقات کردند تا تمرینات آبی مناسب را به‌عنوان مداخله درمانی کاربردی و مؤثر برای بیماران مبتلا به استئوآرتریت مفصل زانو برنامه‌ریزی کنند. معیارهای انتخاب شرکت‌کننده‌ها شامل داشتن سن ۵۵ سال و بیشتر، توانایی راه رفتن بدون کمک، توانایی ادراک تمرینات، استفاده نکردن از داروهای روان‌گردان، نبود ضعف شدید بینایی و شنوایی و اجازه شرکت در تمرین در آب توسط پزشک بود. شرکت‌کننده‌های تحقیق داوطلبانه پس از تکمیل رضایت‌نامه و ارزیابی‌های مقدماتی و پیش‌آزمون با توجه به دو متغیر شاخص توده بدن و درصد چربی و همچنین متغیرهای وابسته هم‌تاسازی شدند. سپس به طور تصادفی در سه گروه ۱۵ نفره جای گرفتند که شامل گروه تمرین در آب کم‌عمق، گروه تمرین در آب عمیق و گروه کنترل بود. شرکت‌کنندگان برای خروج از پژوهش و ادامه ندادن کار مختار بودند. محقق تعهد کرد اطلاعات شرکت‌کنندگان به صورت محرمانه نزد وی محفوظ خواهد ماند.

برای سنجش تعادل پویا از آزمون استاندارد گردش روی ستاره استفاده شد. در این آزمون، هشت جهت به صورت ستاره روی زمین رسم می‌شود که با زاویه ۴۵ درجه نسبت به هم قرار می‌گیرند. در تحلیل‌های استنباطی تحقیق حاضر از شاخص کلی تعادل پویا استفاده شد. در اجرای آزمون، برای تمرین آزمایشی آزمون، از توصیه‌های گریبل (۲۰۰۳) مبنی بر اجرای چهار بار کوشش آزمایشی تبعیت شد. در اجرای آزمون، شرکت‌کننده در مرکز ستاره روی پای آزمون قرار گرفت و با پای دیگر عمل دستیابی را بدون خطا در هشت جهت آزمون ستاره انجام داد. خطاهای اجرا شامل حرکت پا از مرکز ستاره، تکیه در نقطه تماس خط ستاره توسط پای دیگر و افتادن شخص بود. ترتیب اجرای جهت‌ها به صورت تصادفی توسط آزمونگر تعیین شد. فاصله محل تماس پای آزاد تا مرکز ستاره برحسب سانتی‌متر به‌عنوان فاصله دستیابی در نظر گرفته شد. اجرا در هر جهت سه بار انجام شد و میانگین سه اجرا محاسبه و به‌عنوان رکورد شرکت‌کننده ثبت شد. برای استفاده رکوردها در تحلیل، فاصله دستیابی نسبت به طول پا برحسب سانتی‌متر نرمال شد. طول پا از خار خاصه فوقانی قدامی تا قوزک داخلی اندازه‌گیری شد (۲۰).

از مقیاس تعادلی برگ^۱ برای اندازه‌گیری احتمال خطر سقوط شرکت‌کنندگان استفاده شد. این مقیاس، ابزاری استاندارد و معتبر برای ارزیابی تعادل عملکردی و پیش‌بینی خطر سقوط افراد، به‌ویژه سالمندان و افراد با ناتوانی‌های حرکتی است. این آزمون در ۱۴ ماده شامل وظایف ساده مانند نشستن و ایستادن و همچنین وظایف پیچیده‌تر مانند چرخش، ایستادن روی یک پا و خم شدن به جلو است که آزمونگر هر مرحله را براساس دستورالعمل مربوط اجرا می‌کند. توانایی شرکت‌کننده در ۱۴ ماده براساس عبارت‌هایی از صفر (عدم توانایی) تا چهار (توانایی کامل) درجه‌بندی می‌شود؛ بر این اساس، نمره آزمون در دامنه صفر تا ۵۶ قرار می‌گیرد (۲۱). ضریب آلفای کرونباخ به‌منظور ارزیابی همسانی درونی آزمون تعادل برگ ۰/۹۰ گزارش شده است (۲۲). جدول (۱) طبقه‌بندی میزان احتمال خطر سقوط سالمندان، براساس نمره به‌دست‌آمده از آزمون برگ را نشان می‌دهد.

1. Berg Balance Scale

جدول ۱- طبقه‌بندی احتمال خطر سقوط براساس نمره آزمون برگ

Table 1- Classification of fall risk based on Berg balance scale scores

احتمال سقوط Risk of fall	دامنه نمره Score range
بسیار بالا (100%)	0 تا 32
بالا (75 تا 100%)	33 تا 45
متوسط (50 تا 74%)	46 تا 49
ضعیف (25 تا 49%)	50 تا 52
بسیار ضعیف (1 تا 24%)	53 تا 56

پرسشنامه کووس ۴۲ سؤال دارد و دارای پنج بُعد به نام‌های درد (۹ سؤال)، علائم بیماری زانو (۷ سؤال)، عملکرد در زندگی روزمره (۱۷ سؤال)، عملکرد ورزشی و تفریحات سالم (۵ سؤال) و کیفیت زندگی مربوط به زانو (۴ سؤال) است. در این پرسشنامه نمره کلی وجود ندارد. پاسخ‌های پرسشنامه در همه قسمت‌ها (با گویه‌های مختلف) با استفاده از پیوستار پنج‌درجه‌ای لیکرت از صفر تا ۴ درجه‌بندی می‌شود. تعیین نمره ابعاد پرسشنامه از مجموع نمره سؤالات مربوط به هر بعد به دست می‌آید. امتیاز کلی هر خرده‌مقیاس بر حداکثر نمره احتمالی خرده‌مقیاس تقسیم می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان درد از بُعد درد پرسشنامه کووس^۱ استفاده شد. از آنجاکه در ارتوپدی به طور سنتی، همیشه عدد ۱۰۰ نشانگر بدون مشکل و عدد صفر به‌عنوان وخیم‌ترین وضعیت در نظر گرفته شده است، برای تطابق با این استاندارد، نمرات خرده‌مقیاس درد با استفاده از فرمول زیر نرمالیزه می‌شوند.

$$۱۰۰ * (۳۶ / \text{مجموع نمرات بعد درد}) - ۱۰۰ = \text{ادراک درد}$$

نمرات این خرده‌مقیاس بین صفر تا ۳۶ قرار دارد که برای تفسیر بهتر با استفاده از فرمول بالا، به مقیاس صفر تا ۱۰۰ تبدیل می‌شود؛ به طوری که مقادیر نزدیک به صفر نشان‌دهنده درد بیشتر در زانو است (۲۳). پرسشنامه پیامد صدمات زانو و استئوآرتریت (کووس) در سال ۱۳۸۵ ترجمه و بومی‌سازی شد. ضریب آلفای کرونباخ همه خرده‌مقیاس‌های این پرسشنامه در حد خوب (۰/۹۱ - ۰/۷۶) گزارش شد (۲۴).

پروتکل آزمایشی توافق شده بین پزشک متخصص و متخصص آب‌درمانی در این تحقیق، شامل تمرین بدنی در دو محیط آب کم‌عمق و عمیق به مدت هشت هفته (سه جلسه در طول هفته، هر جلسه به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه) بود که بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ به طور مجزا در دو نوبت برگزار می‌شد. براساس توصیه‌های ریسند^۲ و همکاران (۲۵) و زمانیان و همکاران (۲۶)، برای طراحی تمرینات بدنی در دوره‌های آب‌درمانی، هر جلسه تمرین بدنی در سه مرحله طراحی شد که شامل (۱) سازگاری با محیط آبی، (۲) گرم کردن عمومی و (۳) تمرینات اصلی (تعادلی پویا و مقاومتی) بود. جلسات پروتکل تمرینات اصلی (جدول ۲)، زیر نظر متخصص مجرب آب‌درمانی که دارای مدرک معتبر مربیگری شنا و آب‌درمانی بود، اجرا شد. برای گروه کم‌عمق تمامی تمرینات در عمقی صورت گرفت که آب در ارتفاع حدود جناغ سینه آزمودنی‌ها قرار داشت؛ به طوری که پا با کف استخر تماس داشته باشد. همچنین آزمودنی‌های گروه کنترل در تمام مدت تحقیق در فعالیت خاص ورزشی شرکت نکردند و تنها به اجرای فعالیت‌های عادی روزمره خود پرداختند. تمرینات به صورت گروهی انجام گرفت و یک نفر کمک مربی زیر نظر متخصص آب‌درمانی تمرینات سالمندان را کنترل و راهنمایی می‌کرد.

1. KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score)

2. Resende

در ابتدای هر جلسه تمرینی، نحوه صحیح اجرای تمرینات توسط متخصص آب درمانی برای شرکت‌کننده‌ها توضیح داده و اجرا می‌شد. سپس از شرکت‌کننده‌ها خواسته می‌شد تا ابتدا به صورت آزمایشی حرکات تمرینی را به صورت صحیح انجام دهند تا باعث ایجاد آسیب بیشتر نشود. شرکت‌کننده‌ها در صورت اطمینان از صحت انجام تمرینات، وارد مرحله واقعی تمرین می‌شدند. در حین انجام تمرینات آزمایشی و اصلی، شرکت‌کنندگان از لحاظ وضعیت انجام صحیح و درک فشار تمرینات همواره توسط تیم تمرین کنترل می‌شدند. برای کنترل میزان درگیری شرکت‌کننده‌های گروه‌های آزمایشی در تمرینات، میزان درک فشار در طول جلسات تمرین با استفاده از مقیاس بورگ اندازه‌گیری شد (۲۷). در حین اجرای تمرینات اصلی زانو، از شرکت‌کننده‌ها خواسته شد تا میزان درک فشار خود را براساس گویه‌های مقیاس از صفر (بدون هیچ فشاری) تا ۱۰ (حداکثر فشار) گزارش دهند. اندازه‌گیری‌ها در حین انجام حرکاتی که درجه سختی بیشتری داشتند، صورت گرفت. میانگین مقادیر به‌عنوان میزان درک فشار هر جلسه که شرکت‌کننده در آن به انجام تمرینات می‌پرداخت، در نظر گرفته شد. میانگین امتیاز ثبت‌شده سه جلسه هفتگی به‌عنوان میانگین هفتگی محاسبه شد. میانگین میزان درک فشار در دامنه ۴ تا ۶ متغیر بود که بیانگر فشار درک‌شده متوسط تا سخت است.

جدول ۲- پروتکل تمرین در آب

Table 2- Water exercise protocol

دوره تمرینی Exercise periods				نوع تمرین Exercise type
دو هفته اول (هفته‌های ۱ و ۲) First two-weeks (1&2)	دو هفته دوم (هفته‌های ۳ و ۴) Second two-weeks (3&4)	دو هفته سوم (هفته‌های ۵ و ۶) Third two-weeks (5&6)	دو هفته چهارم (هفته‌های ۷ و ۸) Fourth two-weeks (7&8)	
هر تمرین را دو دقیقه اجرا کنید	هر تمرین را دو دقیقه اجرا کنید	هر تمرین را دو دقیقه اجرا کنید	هر تمرین را دو دقیقه اجرا کنید	تمرینات تعادلی پویا
<ul style="list-style-type: none"> • راه رفتن • گام برداشتن به پهلو • دوچرخه زدن (عمیق) و دوچرخه تک‌پا (کم‌عمق) • راه رفتن با پای کشیده • رژه رفتن 	<ul style="list-style-type: none"> • راه رفتن • گام برداشتن به پهلو • دوچرخه زدن (عمیق) و دوچرخه تک‌پا (کم‌عمق) • راه رفتن با پای کشیده • رژه رفتن 	<ul style="list-style-type: none"> • راه رفتن • گام برداشتن به پهلو • دوچرخه زدن (عمیق) و دوچرخه تک‌پا (کم‌عمق) • راه رفتن با پای کشیده • رژه رفتن 	<ul style="list-style-type: none"> • راه رفتن • گام برداشتن به پهلو • دوچرخه زدن (عمیق) و دوچرخه تک‌پا (کم‌عمق) • راه رفتن با پای کشیده • رژه رفتن 	
یک سری را با ۸ تا ۱۲ بار تکرار انجام دهید	دو سری را با ۸ تا ۱۲ بار تکرار انجام دهید	سه سری را با ۸ تا ۱۲ بار تکرار انجام دهید	چهار سری را با ۸ تا ۱۲ بار تکرار انجام دهید	تمرینات تقویتی
<ul style="list-style-type: none"> • فلکشن ران و اکستنشن ران • زانو بلند • چمباتمه زدن • فلکشن و اکستنشن زانو • فلکشن و اکستنشن ران 	<ul style="list-style-type: none"> • فلکشن ران و اکستنشن ران • زانو بلند • چمباتمه زدن • فلکشن و اکستنشن زانو • فلکشن و اکستنشن ران 	<ul style="list-style-type: none"> • فلکشن و اکستنشن ران • زانو بلند • چمباتمه زدن • فلکشن و اکستنشن زانو • فلکشن و اکستنشن ران 	<ul style="list-style-type: none"> • فلکشن و اکستنشن ران • زانو بلند • چمباتمه زدن • فلکشن و اکستنشن زانو • فلکشن و اکستنشن ران 	

پس از اتمام هشت هفته پروتکل تمرین در آب برای گروه‌های آزمایشی، تمامی آزمودنی‌ها ارزیابی مجدد شدند. همه اندازه‌گیری‌ها در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، در شرایط زمانی مشابه (ساعت ۹ تا ۱۲ ظهر) و توسط آزمونگرهای یکسان صورت گرفت.

برای توصیف داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی از جمله میانگین، انحراف استاندارد، درصد تغییرات و رسم نمودار و جدول استفاده شد. ابتدا مفروضه‌های طبیعی بودن توزیع داده‌ها و تجانس واریانس گروه‌ها با استفاده از آزمون‌های شاپیرو-ویلک و لون تأیید شد. سپس تحلیل واریانس دوعاملی با تکرار سنجش عامل آزمون برای تحلیل اثر متغیرهای مستقل (عامل درون‌گروهی: تمرین در آب؛ عامل بین‌گروهی: عمق آب) استفاده شد. از آزمون LSD برای مقایسه‌های تعقیبی و از آزمون t همبسته به منظور مقایسه‌های درون‌گروهی، برای تحلیل معناداری اثر تمرین در آب بر متغیرهای وابسته در هر گروه استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در سطح $P \leq 0.05$ با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

نتایج

جدول (۳) آماره‌های توصیفی مربوط به ویژگی‌های فردی شرکت‌کننده‌های پژوهش را به تفکیک گروه‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۳- آماره‌های توصیفی مربوط به ویژگی‌های فردی شرکت‌کننده‌ها به تفکیک گروه

Table 3- Descriptive statistics related to the individual characteristics of the subjects by groups

کنترل Control (n=15)	گروه‌ها Groups		ویژگی Characteristic
	آب عمیق Deep water (n=14)	آب کم عمق Shallow water (n=14)	
63.41± 5.16	63.11± 5.37	62.41± 5.16	سن (سال) Age (year)
154.85± 3.99	155.22± 4.03	154.92± 4.63	قد (سانتی‌متر) Height (cm)
60.13± 10.86	61.03± 11.20	59.84± 10.45	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)
25.83± 4.21	26.11± 4.09	25.71± 3.96	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع) Body Mass Index (kg/m ²)
31.17± 7.55	31.83± 6.88	30.69± 7.24	درصد چربی (%) Fat percentage (%)

جدول (۴) آماره‌های توصیفی مربوط به تعادل پویای گروه‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۴- آماره‌های توصیفی مربوط به تعادل پویا (درصد دسترسی) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Table 4- Descriptive statistics related to the dynamic balance (Percentage of Accessibility) in pre-test and post-test

جهت و درصد تغییرات Direction and percentage of changes	اندازه‌گیری‌ها Time of test		جهت آزمون Direction of the test	گروه‌ها Groups
	پس‌آزمون Post-test	پیش‌آزمون Pre-test		
17.62% ↑	3.62±37.18	3.21±31.61	Anteromedial قدامی-داخلی	آب کم‌عمق Shallow water
17.12% ↑	2.98±38.72	3.60±33.06	Anterior قدامی	
14.44% ↑	3.79±37.96	4.02±33.17	Anterolateral قدامی-خارجی	
17.15% ↑	3.84±35.59	4.09±30.38	Lateral خارجی	
18.37% ↑	4.01±33.38	4.36±28.20	Posterolateral خلفی-خارجی	
22.21% ↑	3.62±34.45	3.76±28.19	Posterior خلفی	
14.82% ↑	4.13±34.24	3.61±29.82	Posteromedial خلفی-داخلی	
14.79% ↑	3.81±32.06	4.04±27.93	Medial داخلی	
17.01% ↑	3.94±35.44	3.94±30.29	Total شاخص کلی	
11.90% ↑	3.07±33.48	3.56±29.92	Anteromedial قدامی-داخلی	
4.30% ↑	3.29±35.19	3.82±33.74	Anterior قدامی	آب عمیق Deep water
3.82% ↑	3.02±34.22	3.89±32.96	Anterolateral قدامی-خارجی	
4.17% ↑	3.48±31.23	4.12±29.98	Lateral خارجی	
4.27% ↑	2.94±27.12	3.78±26.01	Posterolateral خلفی-خارجی	
3.63% ↑	3.18±32.26	3.92±31.13	Posterior خلفی	
2.74% ↑	2.93±31.09	3.59±30.26	Posteromedial خلفی-داخلی	
4.55% ↑	3.42±30.34	4.13±29.02	Medial داخلی	
4.89% ↑	3.45±31.86	3.97±30.82	Total شاخص کلی	
0.72% ↓	4.23±31.84	4.11±32.07	Anteromedial قدامی-داخلی	
2.07% ↓	3.86±31.23	3.72±31.89	Anterior قدامی	
2.23% ↓	4.03±31.98	3.93±32.71	Anterolateral قدامی-خارجی	کنترل Control
3.24% ↓	3.97±28.05	4.15±28.99	Lateral خارجی	
2.20% ↓	3.85±28.89	4.06±29.54	Posterolateral خلفی-خارجی	
1.81% ↓	3.91±29.32	3.74±29.86	Posterior خلفی	
3.49% ↓	3.47±29.31	3.05±30.37	Posteromedial خلفی-داخلی	
2.58% ↓	4.83±28.27	4.63±29.02	Medial داخلی	
2.67% ↓	4.42±29.86	4.39±30.68	Total شاخص کلی	

جدول (۵) آماره‌های توصیفی مربوط به خطر سقوط و میزان ادراک درد گروه‌ها را در پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد.

جدول ۵- آماره‌های توصیفی مربوط به خطر سقوط و میزان ادراک درد در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Table 5- Descriptive statistics related to the risk of falling and pain in pre-test and post-test

جهت و درصد تغییرات Direction and percentage of changes	اندازه‌گیری‌ها Time of tests		گروه‌ها Groups	متغیرها Variables
	پس‌آزمون Post-test	پیش‌آزمون Pre-test		
44.11% ↑	6.72±46.33	10.48±32.15	آب کم عمق Shallow water	
27.99% ↑	39.64± 7.28	8.99±30.97	آب عمیق Deep water	خطر سقوط Falling risk
9.49% ↓	30.32± 9.01	33.50± 9.81	کنترل Control	
54.73% ↑	7.41±48.29	31.21± 8.64	آب کم عمق Shallow water	میزان ادراک درد Pain
27.18% ↑	8.10±40.76	8.10±32.05	آب عمیق Deep water	
4.32% ↓	7.85±31.22	32.63 ± 7.43	کنترل Control	

جدول (۶) نتایج تحلیل واریانس دوعاملی با تکرار سنجش عامل آزمون برای تحلیل اثر متغیرهای مستقل (عامل درون-گروهی: تمرین در آب؛ عامل بین‌گروهی: عمق آب) بر شاخص کلی تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد را نشان می‌دهد.

جدول ۶- نتایج تحلیل اثر بر شاخص کلی تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد

Table 6- The result of main effects on dynamic balance, falling risk and pain

متغیرها Variables	منبع تغییر Source	df1	df2	F	P	η^2
	تمرین در آب Aquatic exercise	1	40	3.06	0.01**	0.08
تعادل پویا Dynamic balance	عمق آب (کم عمق/عمیق/کنترل) Depth (shallow/ deep/ control)	2	40	3.15	0.01**	0.08
	تمرین در آب × عمق آب Depth × Aquatic exercise	2	40	4.90	0.007**	0.13
خطر سقوط Falling risk	تمرین در آب Aquatic exercise	1	40	8.72	0.001***	0.20
	عمق آب (کم عمق/عمیق/کنترل) Depth (shallow/ deep/ control)	2	40	9.39	0.001***	0.23

جدول ۶- نتایج تحلیل اثر بر شاخص کلی تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد
 Table 6- The result of main effects on dynamic balance, falling risk and pain

η^2	P	F	df2	df1	منبع تغییر Source	متغیرها Variables
0.35	0.001***	12.40	40	2	تمرین در آب × عمق آب Depth × Aquatic exercise	
0.21	0.001***	9.04	40	1	تمرین در آب Aquatic exercise	
0.24	0.001***	9.67	40	2	عمق آب (کم عمق/عمیق/کنترل) Depth (shallow/ deep/ control)	میزان ادراک درد Pain
0.35	0.001***	12.97	40	2	تمرین در آب × عمق آب Depth × Aquatic exercise	

*معناداری در سطح $P \leq 0.05$; **معناداری در سطح $P \leq 0.01$; ***معناداری در سطح $P \leq 0.001$

*Significance at the $P \leq 0.05$; **Significance at the $P \leq 0.01$; ***Significance at the $P \leq 0.001$

در ادامه با توجه به معناداری اثر تعاملی دو متغیر مستقل (تمرین در آب و عمق آب) و به منظور بررسی دقیق تر یافته‌های تحقیق، درک بهتر تغییرات و تفاوت‌ها و تحلیل معناداری اثر تمرین در آب در هر گروه، نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون سه گروه تمرین آب کم عمق، تمرین در آب عمیق و کنترل از طریق آزمون t همبسته مقایسه شد (جدول ۷).

جدول ۷- نتایج آزمون t همبسته برای مقایسه درون گروهی شاخص کلی تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد
 Table 7- The results of paired t test for within groups comparison of dynamic balance, risk of falling and pain

P	df	t همبسته	تفاوت میانگین Mean difference pretest- (posttest)	گروه Groups	متغیرها Variables
0.001***	13	-12.07	-5.15	آب کم عمق Shallow water	تعادل پویا Dynamic balance
0.04*	13	-2.31	-1.04	آب عمیق Deep water	
0.54	14	0.93	0.82	کنترل Control	
0.001***	13	-12.79	-14.18	آب کم عمق Shallow water	خطر سقوط Falling risk
0.001***	13	-10.25	-8.67	آب عمیق Deep water	
0.594	14	0.82	3.18	کنترل Control	
0.001***	13	-12.91	-17.08	آب کم عمق Shallow water	میزان ادراک درد Pain
0.001***	13	-10.57	-8.71	آب عمیق Deep water	
0.80	14	0.21	1.41	کنترل Control	

*معناداری در سطح $P \leq 0.05$; ***معناداری در سطح $P \leq 0.001$

*Significance at the $P \leq 0.05$; ***Significance at the $P \leq 0.001$

نتایج نشان داد، در دو گروه آزمایشی تمرین در آب کم عمق و تمرین در آب عمیق، نمرات پیش آزمون و پس آزمون تفاوت معناداری داشت ($P < 0.001$)، اما در گروه کنترل این تفاوت معنادار نبود ($P > 0.05$).
با توجه به معناداری اثر اصلی عمق آب از آزمون LSD برای انجام مقایسه‌های چندگانه بین گروه‌ها استفاده شد (جدول ۸).

جدول ۸- نتایج آزمون LSD برای مقایسه تعقیبی بین گروهی شاخص کلی تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد
Table 8- The results of LSD test for between groups comparisons of dynamic balance, risk of falling and pain

P	خطای انحراف استاندارد Standard deviation	تفاوت میانگین دو گروه Mean difference	گروه‌های مورد مقایسه Groups	متغیرها Variables
0.001***	0.89	3.58	آب کم عمق-آب عمیق Deep water-Shallow water	تعادل پویا Dynamic balance
0.001***	0.83	5.58	آب کم عمق-کنترل Control-Shallow water	
0.02*	0.90	2.00	آب عمیق-کنترل Control-Deep water	
0.001***	0.96	6.69	آب کم عمق-آب عمیق Deep Water-Shallow water	خطر سقوط Falling risk
0.001***	0.74	16.01	آب کم عمق-کنترل Control-Shallow water	
0.001***	1.08	9.32	آب عمیق-کنترل Control-Deep water	
0.001***	0.78	7.53	آب کم عمق-آب عمیق Deep Water-Shallow water	میزان ادراک درد Pain
0.001***	0.54	17.07	آب کم عمق-کنترل Control-Shallow water	
0.001***	0.69	9.54	آب عمیق-کنترل Control-Deep water	

*معناداری در سطح $P \leq 0.05$; ***معناداری در سطح $P \leq 0.001$

*Significance at the $P \leq 0.05$; ***Significance at the $P < 0.001$

بحث و نتیجه گیری

مطالعه حاضر با هدف مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین بدنی در آب کم عمق و عمیق بر تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت مزمن مفصل زانو اجرا شد. نتایج نشان داد، تمرین در آب در هر دو قسمت کم عمق و عمیق استخر می‌تواند تعادل پویا، خطر سقوط و میزان ادراک درد را در مقایسه با گروه کنترل، به طور معناداری بهبود بخشد. نتایج همچنین حاکی از آن بود که بین نمرات متغیرهای مطالعه شده در گروه تمرین در آب کم عمق در مقایسه با گروه تمرین در آب عمیق اختلاف معناداری وجود دارد.

در خصوص تعادل پویا، تأثیر تمرین در قسمت کم عمق به طور معناداری بیشتر از قسمت عمیق بود. تحقیقات متعددی با به کارگیری محیط آب کم عمق نشان داده‌اند که تمرین در آب کم عمق منجر به بهبود تعادل ایستا، پویا و عملکرد

سیستم حسی-عمقی می‌شود (برای مثال، دیترویلو^۱ و همکاران (۶)، کوسیآ^۲ و همکاران (۱۰)، ینان^۳ و همکاران (۱۳)، کوتاراس^۴ و همکاران (۲۸)، سانگ و اوه^۵ (۲۹)) که با نتایج تحقیق حاضر همخوان است. بیشتر مطالعات در خصوص تمرین در آب عمیق، بر فاکتورهای فیزیولوژیک سالمندان متمرکز شده‌اند؛ با وجود این، مطالعات زمانیان (۲۶)، توکل و همکاران (۳۰) و سیدجعفری و صاحب‌زمانی (۳۱) اثربخشی آب عمیق بر تعادل ایستا را در سالمندان نشان داده‌اند. در خصوص مقایسه اثربخشی تمرین آبی در عمق‌های مختلف استخر بر متغیرهای این مقاله، مطالعات چندانی صورت نگرفته است. نتایج این تحقیق، با نتایج پژوهش‌های بیرانوند و همکاران (۲۰۲۲) و احمد^۶ و همکاران (۲۰۲۳) که تفاوت معناداری را در بهبود تعادل پویا بین گروه تمرین در آب کم عمق و گروه تمرین در آب عمیق در مردان و زنان سالمند بیشتر از ۶۰ سال مشاهده نکردند، همخوانی ندارد. همچنین با نتایج پژوهش کندا و همکاران که نشان دادند بهبود تعادل پویا در آب عمیق به طور معناداری بیشتر از آب کم عمق در سالمندان سالم است، مغایرت دارد (۱۴). به هر حال، احتمال دارد علت این مغایرت‌ها در نوع برنامه تمرینی، نمونه‌های مطالعه‌شده، روش‌های اندازه‌گیری و ابزارهای ارزیابی متفاوت باشد. به طور کلی، یافته‌های این پژوهش از اثربخشی تمرین بدنی در محیط آب بر تعادل پویا حمایت می‌کند. به نظر می‌رسد، محیط آب به دلیل افزایش زمان عکس‌العمل، فرصت بهبود تعادل را برای افرادی که دچار نقصان تعادل هستند فراهم می‌آورد؛ چراکه به علت خاصیت ویسکوزیته آب، حرکات آهسته‌تر صورت می‌گیرند و در نتیجه افراد مدت‌زمان را بیشتری برای ایجاد پاسخ و عکس‌العمل در اختیار دارند (۳۲). همچنین فشار هیدروستاتیک که در محیط آب به تمامی سطح بدن وارد می‌شود، احساس ثبات و امنیت بیشتری را برای سالمندان به وجود می‌آورد؛ بنابراین محیط محافظ آب اجازه حفظ پاسچر مستقیم و صاف را به طور مستقل برای افراد سالمند فراهم می‌کند (۲۸، ۲۶، ۱۱) که این چالش می‌تواند در بهبود فاکتورهای تعادل در سالمندان نقش داشته باشد. مقاومت آب و به هم خوردن پیاپی تعادل و برقراری مجدد آن نیز احتمالاً به بهبود تعادل پویا (۳۲، ۲۶، ۱۱، ۴)، قدرت عضلانی و فعال‌سازی هر چه بیشتر عضلات ضد جاذبه (۳۰) کمک شایانی می‌کند.

یکی از دلایل بهبود بیشتر تعادل پویا در آب کم عمق نسبت به عمیق می‌تواند این باشد که تمرین در آب کم عمق که پای بیماران کف استخر را لمس می‌کند، سیستم زنجیره بسته محسوب می‌شود. ویژگی بارز سیستم زنجیره بسته وجود «بازخورد» ناشی از تماس کف پا با سطح است که در زنجیره باز وجود ندارد. این بازخورد با تحریک بیشتر حس عمقی باعث بهبود بیشتر تعادل پویا می‌شود. همچنین وجود کنترل‌کننده‌های بازخورد در شبکه کنترل حرکتی موجب ثبات پاسچری بدن می‌شود؛ در نتیجه سالمندان بیمار بدون ترس از سقوط به انجام تمرینات می‌پردازند (۳۳). سیگنال‌های حسی ارائه‌شده توسط ویسکوزیته آب باعث تحریک عضلات و سیستم حسی عمقی می‌شود (۱۱)، اما تحریکاتی که از سطح تماس پا با زمین اتفاق می‌افتد، بر بهبود پاسخگویی به عملکرد تعادل مؤثرتر است. در مجموع می‌توان گفت که برآیند افزوده شدن خصوصیات سیستم زنجیره بسته به خواص آب باعث برتری تأثیر تمرین در محیط آب کم عمق نسبت به محیط آب عمیق در بهبود تعادل پویا شده است.

با توجه به اینکه خطر سقوط در سالمندان در ارتباط تنگاتنگ با شاخص‌های تعادل است، با افزایش تعادل پویا این انتظار می‌رود که خطر سقوط در شرکت‌کننده‌های تحقیق کاهش یابد. نتایج تحقیق حاضر در این باره نشان داد که تمرین

1. Ditroilo
2. Kucia
3. Yennan
4. Kottaras
5. Song & Oh
6. Ahmed

بدنی در آب کم عمق و عمیق، به طور معناداری خطر سقوط زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت مزمن مفصل زانو را کاهش داد؛ به طوری که اثر تمرین بدنی در آب کم عمق بر خطر سقوط به طور معناداری بیشتر از تمرین بدنی در آب عمیق بود. شواهد پژوهشی نیز حاکی از آن است که تمرین در آب کم عمق باعث کاهش خطر سقوط می شود (۳۴، ۸، ۴) که با یافته های تحقیق حاضر مطابقت دارد. علاوه بر این، تمرین در آب سرعت سقوط را کاهش داده و اجازه می دهد تا افراد با مشکلات تعادل از اشتباهات پاسچری خود که منجر به سقوط می شود، آگاه شوند و الگوی صحیح تری از راه رفتن را انجام دهند (۳۴). استئوآرتریت زانو سبب مشکلات حرکتی زانو و آسیب کنترل حرکتی و افزایش خطر سقوط می شود (۳۵، ۴). سالمندان مبتلا به استئوآرتریت زانو، نوسان پوسچری شان وقتی که مرکز ثقل آن ها از مرکز بدن شان دور می شود، افزایش می یابد؛ بنابراین، این ضعف تعادل در حال حرکت باعث افزایش خطر سقوط می شود (۳۶، ۲۹، ۴)؛ در نتیجه بهبود تعادل پویا، همان طور که اشاره شد، سهم عمده ای در کاهش خطر سقوط خواهد داشت. تمرین در آب کم عمق، کینماتیک حرکتی مفصل را کامل تر اجرا می کند و الگوی حرکتی راه رفتن در عمق کم آب که پا با کف استخر تماس دارد، مشابهت بیشتری با خشکی دارد؛ بنابراین، این عوامل همراه با بیشتر بودن اثربخشی تمرین در آب کم عمق بر بهبود شاخص های تعادل پویا، در مجموع سبب بیشتر بودن اثربخشی شرایط آب کم عمق بر کاهش خطر سقوط می شود. از دیگر دلایل بهبود تعادل پویا و کاهش خطر سقوط می توان به کاهش علائم بالینی، به خصوص کاهش درد در محیط آب اشاره کرد؛ چراکه وجود درد سبب مهار یا اختلال در عملکرد حرکتی بیماران مبتلا به استئوآرتریت می شود (۳۷). احتمال می رود با کم شدن درد مفصل زانو در اثر تمرینات آبی، عاداتها و حالت های بدن و الگوهای حرکتی نامناسب ناشی از علت مکانیکی درد اصلاح شده و موجب برقراری هماهنگی عضلانی، ثبات و تعادل در حین حرکت می شود که این نیز به نوبه خود باعث کاهش خطر سقوط در این دسته از افراد شده است.

یافته های تحقیق حاضر در خصوص کاهش ادراک درد زانو در اثر تمرین در آب کم عمق در بیماران استئوآرتریت زانو با یافته های مطالعات اسلوما^۱ و همکاران (۸)، زوان^۲ و همکاران (۹)، ینان و همکاران (۱۳)، سانگ و اوه (۲۹)، والنزولا-فونزالیدا^۳ و همکاران (۳۸) و آگوستو^۴ و همکاران (۳۹) هم راستا است. محقق در رابطه با بررسی اثر پروتکل های تمرینی بر درد زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت مزمن زانو، نتایج متناقضی را نیافت. در رابطه با مکانیسم بهبود معنادار ادراک درد در شرکت کنندگان این پژوهش در اثر تمرین در آب، باید اذعان داشت که درمان عمده در آب به کاهش نیروهای مربوط به تحمل وزن ارتباط دارد. همان طور که اشاره شد، شناوری در محیط آب باعث بالا نگه داشتن بدن برخلاف جهت جاذبه زمین می شود و می تواند به عنوان نیرویی کمکی و حمایتی با کاهش وزن همراه شود (۴۰). فشار وارد شده به مفصل که در اثر نیروی جاذبه و وزن ایجاد می شود، کاهش یافته و درد ناشی از عارضه مفصلی نیز متعاقب آن کاهش می یابد (۳۸، ۸)؛ در نتیجه باعث شکسته شدن سیکل درد می شود و بیمار می تواند تمرینات را در دامنه حرکتی و میزان درگیری بیشتری انجام دهد و مدت زمان بیشتری به انجام تمرینات بپردازد.

نقش عضلات و بافت های نرم اطراف مفاصل در حمایت ساختارهای غیرفعال بسیار اهمیت دارد. ضعف این عضلات در اطراف مفصل زانو می تواند موجب تخریب ساختارهای حساس به درد و در نهایت موجب درد زانو شود که مطالعات علت این ضعف را به وضعیت های نامناسب افراد در انجام فعالیت های گوناگون و کاهش تحرک ربط داده اند (۴۱)؛ بنابراین

-
1. Slouma
 2. Xuan
 3. Valenzuela-Fuenzalida
 4. Augusto

شرایط تمرین مقاومتی آب به دلیل فشار هیدرواستاتیک و چگالی بیشتر آب نسبت به هوا احتمالاً کمک می‌کند تا با درگیر شدن عضلات در برابر مقاومت، قدرت عضلانی افزایش یابد و منجر به بهبود درد و تعادل شود. شناوری مفصل زانو در آب می‌تواند سبب کاهش یا تعدیل فشار داخل کپسول مفصلی شود. این ویژگی همانند تکنیک دکامپرسن^۱ که با اعمال کشش بین مفصل مقداری فاصله ایجاد می‌کند، عمل کرده و در درمان درد مفاصل مؤثر است (۴۱).

به دلیل وجود فشار هیدرواستاتیک آب، درد مفصل در قسمت‌های غوطه‌ور در آب کمتر ادراک می‌شود (۱۱). این موضوع به دلیل اشباع حسی پایانه‌های عصب حسی روی پوست رخ می‌دهد که به تئوری مکانیسم کنترل دروازه^۲ مربوط است. در این مکانیسم، رشته‌های عصبی ضخیم سلول‌های میلین‌شده، سلول‌های مهاری را فعال می‌کنند و باعث سرکوب انتقال درد می‌شوند که به این حالت «بستن دروازه درد» می‌گویند. زمانی که تحریکی اتفاق می‌افتد، رشته‌های عصبی بزرگ و سریعی به نام A-Beta فعال می‌شود. این رشته‌های عصبی اطلاعات مربوط به لمس و فشار را ارسال می‌کنند و مسؤل اینترنورون‌ها هستند که سیگنال‌های درد منتقل شده توسط سایر رشته‌های عصبی را از بین می‌برند (۴۲)؛ از این رو تحریک ناشی از فشار هیدرواستاتیک و محیط آب همانند ماساژ و لمس روی پوست عمل می‌کند و می‌تواند از طریق بستن دروازه درد، میزان ادراک درد را کاهش دهد (۱۱). طبق تئوری مکانیسم کنترل دروازه درد، ماساژ و لمس به‌عنوان استراتژی‌های درد، فعالیت رشته‌های عصبی بزرگ را افزایش می‌دهد و سرانجام سیگنال‌های درد را مهار می‌کند؛ از این رو بیمار در آب با ادراک درد کمتری به انجام تمرینات می‌پردازد. فشار هیدرواستاتیک در آب عمیق بیشتر است، اما در تحقیق حاضر اثربخشی تمرین در آب کم‌عمق نسبت به آب عمیق در کاهش میزان درد پس از اتمام دوره تمرینی، بیشتر بود. در واقع، به نظر می‌رسد، ادراک درد پس از دوره تمرینی به غیر از فشار هیدرواستاتیک آب به طور عمده‌تر به عوامل دیگری نظیر تأثیرات تمرین زنجیره حرکتی بسته، تماس پا با کف استخر، دریافت بازخورد و در نتیجه فعال‌سازی شاخص‌های تعادل پویا (همچون گیرنده‌های عمقی مفاصل) وابسته است که این عوامل در آب کم‌عمق مؤثرترند.

با توجه به معیارهای خروج از تحقیق سالمندان دارای مشکلات بینایی و شنوایی، نارسایی‌های عصبی، مشکلات عضلانی اسکلتی که قادر به راه رفتن نبودند و سن شرکت کنندگان که در دامنه بین ۵۷ تا ۶۹ سال بود، قابلیت تعمیم یافته‌های این پژوهش به همه سالمندان محدود می‌شود. همچنین این پژوهش محدود به سالمندان زن مبتلا به استئوآرتریت مفصل زانو بود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، تأثیر تمرین در عمق‌های متفاوت آب در مردان و زنان مبتلا به سایر عارضه‌های مفصلی و اسکلتی بررسی و مقایسه شود. در این تحقیق، عمق آب در حد جناغ سینه، به طوری که پا با استخر در تماس باشد تعیین شد؛ در حالی که برخی از رویکردهای درمانی تمرین در آب، ارتفاع تا حد کمر را نیز پیشنهاد کرده‌اند (۳۲)؛ بنابراین توصیه می‌شود که در تحقیقات آینده عمق‌های متفاوت دیگر نیز بر بهبود عملکرد حرکتی سالمندان مبتلا به استئوآرتریت بررسی شود. در پژوهش حاضر، مسائل روان‌شناختی آزمودنی‌ها کنترل نشد که می‌تواند تا حدودی بر نتایج تحقیق اثرگذار باشد. در واقع، قرار گرفتن سالمندان در کنار یکدیگر و انجام تمرینات در محیط لذت‌بخش آبی می‌تواند تغییرات رفتاری-روانی ایجاد کند تا حس مثبت‌تر و توانایی بیشتری در انجام تمرینات و در نتیجه بهبود عملکرد و کاهش درد داشته باشند.

تمرین در هر دو عمق آب، تعادل پویا و خطر سقوط را بهبود داد و میزان ادراک درد را در سالمندان مبتلا به استئوآرتریت زانو کاهش داد. با توجه به این نتایج، استفاده از تمرین در آب را به دلیل کاهش احتمال آسیب، ماهیت کم‌خطر آن، وجود شرایط چالشی برای حفظ تعادل و فرح‌بخش و لذت‌بخش بودن آب می‌توان به‌عنوان شیوه‌های تمرینی مؤثر در

1. Decompression

2. Gate Control

بهبود عملکرد حرکتی سالمندان مبتلا به استئوآرتریت زانو پیشنهاد کرد؛ اما با توجه به زنجیره باز بودن نوع تمرینات در قسمت عمیق استخر، احتمالاً تغییرات محدودتری را در حس عمقی ایجاد کرد؛ به همین دلیل، پیشرفت عملکرد تعادل و متعاقب آن بهبود خطر سقوط در مقایسه با گروه تمرینات در آب کم عمق، به طور معناداری کمتر بود؛ بنابراین تنظیم عمق آب در حد سینه به طوری که پا با کف استخر در تماس باشد (زنجیره حرکتی بسته)، می تواند بیشترین اثربخشی را بر تعادل پویا، خطر سقوط و میزان درد سالمندان داشته باشد؛ با این حال، اگر بیمار دچار درد شدیدتر و محدودیت حرکتی باشد، می توان از مزایای زنجیره حرکتی باز (۱۱) در محیط آب عمیق استفاده کرد. به طور کلی، با توجه به نتایج معنادار مطالعه حاضر و اثربخشی تمرین در آب بر تعادل، خطر سقوط و درد، پیشنهاد می شود که از دوره های تمرین در آب کم عمق و عمیق حداقل هشت هفته به عنوان برنامه توان بخشی سالمندان مبتلا به استئوآرتریت مزمن زانو استفاده شود.

پیام مقاله

سالمندان مبتلا به استئوآرتریت مزمن مفصل زانو می توانند از مزایای تمرین در آب برای بهبود تعادل، کاهش درد و خطر سقوط بهره ببرند. تنظیم عمق آب محل تمرین در حد سینه، به نحوی که پا با کف استخر در تماس باشد، اثربخشی بیشتری نسبت به زمانی دارد که تمرین در آب عمیق انجام می شود.

ملاحظات اخلاقی

موازین اخلاقی رعایت شد و با کد [UMIN000058649](https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2024.11.003) به تأیید مراجع اخلاق در پژوهش رسید.

مشارکت نویسندگان

ایده پردازی: فائزه زمانیان و مهدی آرمندنی
جمع آوری داده ها: فائزه زمانیان و مهدیه قره لر
تحلیل داده ها: مهدی آرمندنی و مجید وصالی ناصح
نوشتن مقاله: فائزه زمانیان، مهدی آرمندنی، مهدیه قره لر و مجید وصالی ناصح
بازبینی و ویرایش: مهدی آرمندنی
مرور ادبیات: فائزه زمانیان، مهدی آرمندنی، مهدیه قره لر و مجید وصالی ناصح
مدیر پروژه: مهدی آرمندنی، فائزه زمانیان

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از همه شرکت کنندگان و کسانی که در انجام این پژوهش همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می کنند.

منابع

1. Cui Q, Zhong Y, Gui Y, Ma S, Ge Y. Experiences and perceptions of fear of falling in older adults: A systematic review and meta-synthesis of qualitative studies. *Geriatric Nursing*. 2025; 61:324-35. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2024.11.003>

2. Marks R. Muscles and their osteoarthritis pathogenic linkages. *Arch Rheum Arthritis Res.* 2024;3(3): 1-8. <https://doi.org/10.33552/ARAR.2024.03.000561>
3. de Oliveira Fernandes V, de Souza Moreira B, de Melo GASC, de Avelar NCP, Costa HS, de Carvalho Bastone A. Factors associated with fear of falling in older women with knee osteoarthritis: a cross-sectional study. *Geriatric Nursing.* 2024;55:333-8. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2023.12.018>
4. Hajmohammadi F, Hosseinifar M, Akbari A, Ghiasi F, Namvar H, Askari Ashtiani A. The effect of aquatic and non-aquatic balance training on the fall risk of patients with grade 2 and 3 knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Iranian Rehabilitation Journal.* 2021;19(4):343-50. [In Persian].
5. Freire I, Seixas A. Effectiveness of a sensorimotor exercise program on proprioception, balance, muscle strength, functional mobility and risk of falls in older people. *Front Physiol.* 2024;15:1309161. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1309161>
6. Huang Y, Kang S, Park I. Effects of unstable exercise using the inertial load of water on lower extremity kinematics and center of pressure during stair ambulation in middle-aged women with degenerative knee arthritis. *Appl Sci.* 2025;15(6):62992. <https://doi.org/10.3390/app15062992>
7. Grønne DT, Ryg J, Rubin KH, Delbaere K, Roos EM, Skou ST. Statistical analysis plan: Concern about falling in people with knee or hip osteoarthritis and the role of pain, function, and psychological factors – a cross-sectional study of 7,381 patients treated in primary care. 2024. Available at: <https://portal.findresearcher.sdu.dk/en/publications>
8. Slouma M, Abbes M, Kharrat L, Dhahri R, Maaoui R, Mouhli N, et al. Aquatic versus land-based exercise for knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J Korean Acad Fam Med.* 2024. <https://doi.org/10.4082/kjfm.23.0102>
9. Xuan CKT, Chiun PL, Sian FT, Hua KK, Wah YC. The effectiveness of aquatic exercise in reducing pain and improving muscles strength in knee osteoarthritis patient: a systematic review and meta-analysis. *J Survey Fish Sci.* 2023;10(4S):528-51. <https://doi.org/10.17762/sfs.v10i4S.760>
10. Kucia K, Koteja A, Rydzik Ł, Javdaneh N, Shams A, Ambroży T. The impact of a 12-week aqua fitness program on the physical fitness of women over 60 years of age. *Sports.* 2024;12(4):105. <https://doi.org/10.3390/sports12040105>
11. Gyu-sun M. The impact of water depth and speed on lower muscles activation during exercise in different aquatic environments. *Int J Internet Broadcasting Commun.* 2024;16(2):169-78. <https://doi.org/10.7236/IJIBC.2024.16.2.169>
12. Leonel LS, Wolin IAV, Danielevicz A, Diesel M, Constantini MI, de Oliveira Junior JB, et al. Twenty-four weeks of combined training in different environments, aquatic and land, in the type 2 diabetes management (Aquatic and Land Exercise for Diabetes - ALED): protocol of a randomized clinical trial. *Trials.* 2025;26(1):12. <https://doi.org/10.1186/s13063-024-08660-2>
13. Yennan P, Suputtitada A, Yuktanandana P. Effects of aquatic exercise and land-based exercise on postural sway in elderly with knee osteoarthritis. *Asian Biomed.* 2010;4(5):739-45. <https://doi.org/10.2478/abm-2010-0096>
14. 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. *J Aging Phys Act.* 2008;16(4):381-92. <https://doi.org/10.1123/japa.16.4.381>
15. Kwok MM, So BC, Heywood S, Lai MC, Ng SS. Effectiveness of deep water running on improving cardiorespiratory fitness, physical function and quality of life: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(15):9434. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159434>
16. So BCL, Yuen CHN, Tung KLH, Lam S, Cheng SL, Hung ZWL, et al. A study on trunk muscle activation of 2 deep water running styles (high-knee and cross-country style) and land walking. *J Sport Rehabil.* 2020;29(1):73-8. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0334>
17. Holmberg PM, Gorman AD, Jenkins DG, Kelly VG. Lower-body aquatic training prescription for athletes. *J Strength Cond Res.* 2021;35(3):859-69. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003925>
18. Muñoz Juzado A, Saitua Penas A, López B, Riber Pérez C, Satué Ambrojo K, Sánchez de Medina A, et al. The use of the water treadmill for the rehabilitation of musculoskeletal injuries in the sport horse. *J Vet Res.* 2019;6(3):439-45. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2019-0050>
19. Buckthorpe M, Pirotti E, Della Villa F. Benefits and use of aquatic therapy during rehabilitation after ACL reconstruction – a clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(6):978.

20. Gribble P. The star excursion balance test as a measurement tool. *Int J Athl Ther Train*. 2003;8(2):46-7. <https://doi.org/10.1123/att.8.2.46>
21. Miyamoto ST, Lombardi Júnior I, Berg KO, Ramos LR, Natour J. Brazilian version of the Berg balance scale. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2004;37:1411-21. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2004000900017>
22. Kashani V, Zarifkar M, Alinaghipoor Z. Determining validity and reliability of the Persian version of activities-specific balance confidence scale for elderly. *Koomesh*. 2018;20(4):705-12. <https://doi.org/10.30699/jambs.30.142.397>
23. Fukuhara S, Ikegami N, Torrance GW, Nishimura S, Drummond M, Schubert F. The development and use of quality-of-life measures to evaluate health outcomes in Japan. *Pharmacoeconomics*. 2002;20:17-23. <https://doi.org/10.2165/00019053-200220002-00003>
24. Saraei-Pour S, Salavati M, Akhbari B, Kazem-Nezhad A. Translation and adaptation of Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) into Persian and testing Persian version reliability among Iranians with osteoarthritis. *Archives of Rehabilitation*. 2007;8(1):42-6. [In Persian].
25. 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. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552008000100011>
26. Zamanian F, Vesalinaseh M, Nourollahnajafabadi M, Asadysaravi S, Haghighi M, Najafabad I. Comparison of the effects of aquatic exercise in shallow and deep water on postural control in elderly women with chronic knee osteoarthritis. *Life Sci J*. 2012;9(4):5768-71. <http://www.lifesciencesite.com>
27. Borg GA. Perceived exertion: a note on history and methods. *Med Sci Sports*. 1973;5:90-3. <https://doi.org/10.1249/00005768-197300520-00017>
28. Kottaras A, Lytras D, Kottaras S, Iakovidis P. Effect of aquatic physiotherapy on functioning, balance performance, motor performance, and health-related quality of life in patients with Parkinson's disease: a review of structure and dosimetry of aquatic exercise programs. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine*. 2021;33(1):67-86. <https://doi.org/10.1615/CritRevPhysRehabilMed.2021038050>
29. Song J-A, Oh JW, editors. Effects of aquatic exercises for patients with osteoarthritis: systematic review with meta-analysis. *Healthcare*. 2022;10(3):560. <https://doi.org/10.3390/healthcare10030560>
30. Tavakol A, Daneshjoo A, Sahebozamani M. Effect of six weeks shallow and deep water exercises on static balance and pain of girls with patellofemoral pain. *Rehabilitation Medicine*. 2018;5(3):111-8.
31. Seyedjafari E, Sahebozamani M, Ebrahimipour E. Effect of eight weeks of water exercises on deep part of the pool on the static balance of the elderly man. *Iranian Journal of Ageing*. 2017;12(3):384-93. <https://doi.org/10.21859/> [In Persian].
32. Mello AI. "Water immersed inverted pendulum": a biomechanical model of shallow water walking at different depths and speeds. 2021. <http://hdl.handle.net/10183/230861>
33. Gbiri C, Okafor U, Alade M. Comparative efficacy of open-chain and close-chain kinematics on proprioception, muscles' strength and functional performances in individuals with knee osteoarthritis. *Occup Med Health Aff*. 2013;1(1):1-5. <https://doi.org/10.4172/omha.1000104>
34. Jung T, Kim Y, Lim H, Vrongistinos K. The influence of water depth on kinematic and spatiotemporal gait parameters during aquatic treadmill walking. *Sports Biomechanics*. 2019;18(3):297-307. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1409255>
35. Sturnieks DL, Tiedemann A, Chapman K, Munro B, Murray SM, Lord SR. Physiological risk factors for falls in older people with lower limb arthritis. *J Rheumatol*. 2004;31(11):2272-9.
36. Długosz-Boś M, Filar-Mierzwa K, Stawarz R, Ścisłowska-Czarnecka A, Jankowicz-Szymańska A, Bac A. Effect of three months pilates training on balance and fall risk in older women. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3663. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073663>
37. Sartipzadeh M, Moazami M, Mohammadi M. The effect of core stabilization training on elderly balance and knee pain with knee osteoarthritis. *J Paramed Sci Rehabil*. 2016;5(3):7-17. <https://doi.org/10.22038/jpsr.2016.7342> [In Persian].
38. Valenzuela-Fuenzalida JJ, Barahona-Vásquez M, López-Chaparro M, Martínez-Hernández D, Ávila-Sepulveda R, Orellana-Donoso M, et al. Effectiveness of aquatic exercise versus other therapeutic modalities in patients with knee osteoarthritis pain: a systematic review with meta-analysis. 2024:2-20. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3812766/v1>

39. Augusto Teixeira C, Haas L, Frata B, Fiori Bortoli A, Scalco Acco F, de Castro G, et al. Effects of a low, medium, and high-intensity aquatic physiotherapy protocol on functional and biochemical parameters in individuals with knee osteoarthritis: protocol for a crossover randomized controlled trial. *F1000Research*. 2024; 12:1605. <https://doi.org/10.12688/f1000research.140342.4>
40. Heywood S, McClelland J, Geigle P, Rahmann A, Villalta E, Mentiplay B, et al. Force during functional exercises on land and in water in older adults with and without knee osteoarthritis: implications for rehabilitation. *Knee*. 2019;26(1):61-72. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2018.11.003>
41. 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. *J Sport Biomech*. 2021;7(1):44-55. <https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.1.3>
42. Devor M. Experiencing pain: perspectives of Patrick D. Wall—founding editor of the journal PAIN. *Pain*. 2025;166(1):11-9. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003480>

