

The effect of aquatic training at different depths on lower limb muscle strength and balance in patients with chronic ischemic stroke

Hossein Babaeipour^{1*}, Mansour Sahebozamani², Najmeh Parhizmeymandi³, Alireza Vakilian⁴

1. Assistant Professor at Department. of Sport injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2. Professor at Department. of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3. Assistant Professor at Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities and Social Sciences, Ardakan University, Ardakan, Iran.
4. Associate Professor at Department. of Neurology and Non Communicable Diseases Research Center, Faculty of Medicine, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran.

Abstract

Background and Aim: Aquatic training has been recognized as an effective rehabilitation approach for improving motor function in stroke patients. This study aimed to investigate the effects of aquatic training at different depths on lower limb muscle strength and balance in males patients with chronic ischemic stroke. **Materials and Methods:** In the present study, 36 men (aged 56 to 70 years) with chronic ischemic stroke were randomly assigned to two experimental groups—shallow-water exercise and deep-water exercise—and one control group. The training sessions for the two experimental groups consisted of six weeks of aquatic exercise, with three 60-minute sessions per week. No intervention was performed for the control group. Balance was assessed using the Berg Balance Scale, and lower-limb muscle strength was evaluated with the Medical Research Council (MRC) scale. A mixed-design (between-within subjects) ANOVA was conducted to test the hypotheses, followed by Bonferroni post-hoc tests. **Results:** A significant time $\times$ group interaction was found for both balance ($P = .0001$) and muscle strength ($P = .0001$). In addition, there were significant main effects of group (muscle strength: $P = .0001$; balance: $P = .005$) and time (muscle strength: $P = .0001$; balance: $P = .0001$). Post-hoc analyses indicated that both experimental groups showed significant improvements in balance ($P = .005$) and muscle strength ($P = .001$) compared to the control group. In addition, the correlation test showed that both experimental groups showed significant increases in balance ($P = 0.003$) and muscle strength ($P = 0.015$) after the intervention, while no significant changes were observed in the control group for any of the variables ($P = 0.075$). **Conclusion:** Lower-limb balance and muscle strength in patients with chronic ischemic stroke increased significantly following aquatic exercise at both shallow and deep depths, but no significant differences were observed between the depth conditions. These findings suggest that aquatic exercise may serve as an effective and safe rehabilitation strategy for stroke survivors.

Keywords: Hydrotherapy, motor rehabilitation, stroke patients, postural stability, neuromuscular adaptation

¹ . Corresponding Author: Hossein Babaeipour, Assistant Prof, Dept. of Sport injuries and corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran Email: h.babaei@vru.ac.ir



اثر تمرین در آب بر قدرت عضلانی اندام تحتانی و تعادل در بیماران مبتلا به سکتة مغزی ایسکمیک مزمن

حسین بابایی پور^{۱*}، منصور صاحب‌الزمانی^۲، نجمه پرهیزمیمندی^۳، علیرضا وکیلان^۴

۱. استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

۲. استاد گروه آموزشی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۳. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

۴. دانشیار گروه آموزشی نورولوژی و مرکز تحقیقات بیماری‌های غیرواگیر، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: تمرین در آب به عنوان یک رویکرد توانبخشی موثر برای بهبود عملکرد حرکتی در بیماران سکتة مغزی شناخته شده است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تمرینات آبی در اعماق مختلف بر قدرت و تعادل عضلات اندام تحتانی در بیماران مرد مبتلا به سکتة مغزی ایسکمیک مزمن انجام شد. **روش تحقیق:** در مطالعه حاضر، ۳۶ مرد (۵۶ تا ۷۰ ساله) مبتلا به سکتة مغزی ایسکمیک مزمن به طور تصادفی در دو گروه تجربی شامل تمرین در آب کم عمق، تمرین در آب عمیق و یک گروه کنترل قرار گرفتند. جلسات تمرین برای دو گروه آزمایشی شامل شش هفته و هر هفته سه جلسه ۶۰ دقیقه‌ای تمرین در آب بود. برای گروه کنترل مداخله‌ای صورت نگرفت. تعادل با استفاده از مقیاس برگ و قدرت عضلات اندام تحتانی با استفاده از مقیاس انجمن تحقیقات پزشکی (MRC) ارزیابی شد. تحلیل واریانس آمیخته بین-درون آزمودنی‌ها برای بررسی فرضیه‌ها و به دنبال آن آزمون تعقیبی بونفرونی انجام شد. **یافته‌ها:** اثر تعاملی زمان × گروه برای تعادل ($P=0/0001$) و قدرت عضلانی ($P=0/0001$) معنی‌دار بود. علاوه بر این، اثرات اصلی معنی‌دار گروه (قدرت عضلانی: $P=0/0001$ ، تعادل: $P=0/0001$) و زمان (قدرت عضلانی: $P=0/0001$ ، تعادل: $P=0/0001$) مشاهده شد. همانطور که آزمون تعقیبی نشان داد، هر دو گروه تجربی بهبود قابل توجهی در تعادل ($P=0/005$) و قدرت عضلانی ($P=0/001$) نسبت به گروه کنترل نشان دادند. علاوه بر این، آزمون تی همبسته نشان داد هر دو گروه تجربی افزایش معنی‌داری در تعادل ($P=0/003$) و قدرت عضلانی ($P=0/015$) پس از مداخله نشان دادند، در حالی که هیچ تغییر معنی‌داری در گروه کنترل برای هیچ‌یک از متغیرها ($P=0/075$) مشاهده نشد. **نتیجه‌گیری:** در بیماران مبتلا به سکتة مغزی ایسکمیک پس از تمرین در آب در اعماق کم و عمیق، تعادل و قدرت عضلانی اندام تحتانی به طور قابل توجهی افزایش یافت اما بین تمرین در اعماق مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد تمرین در آب ممکن است به عنوان یک استراتژی توانبخشی مؤثر و ایمن برای بیماران سکتة مغزی عمل کند.

واژه‌های کلیدی: آب درمانی، توانبخشی حرکتی، بیماران سکتة مغزی، ثبات وضعیتی، سازگاری عصبی عضلانی

^۱ . نویسنده مسئول: حسین بابایی پور، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه ولی عصر

(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران. ایمیل: h.babaei@vru.ac.ir

مقدمه

سکته مغزی به از دست دادن ناگهانی عملکرد مغز به دلیل اختلال در خون‌رسانی به بافت مغزی اطلاق می‌شود. این اختلال ممکن است ناشی از انسداد عروق و ایجاد ایسکمی یا به دلیل خونریزی رخ دهد. سکته مغزی یکی از شایع‌ترین علل ناتوانی‌های جسمانی در سراسر جهان است. افراد پس از تجربه سکته مغزی با تغییرات گسترده‌ای در عملکردهای سیستم عصبی-عضلانی روبه‌رو می‌شوند. به‌ویژه در افراد مبتلا به سکته ایسکمیک مزمن، چالش‌های عمده‌ای در زمینه قدرت عضلانی اندام تحتانی و تعادل دیده می‌شود که می‌تواند کیفیت زندگی این بیماران را به شدت کاهش دهد (۱). کاهش قدرت عضلانی به‌ویژه در اندام‌های تحتانی، نه تنها منجر به محدودیت در حرکت و فعالیت‌های روزمره می‌شود، بلکه خطر زمین خوردن را نیز به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد (۲). از سوی دیگر، تعادل ضعیف یکی از عوامل اصلی در کاهش استقلال عملکردی بیماران پس از سکته مغزی است (۳).

همچنین در بیماران سکته مغزی، عدم استفاده از اندام‌های تحتانی به دنبال اختلالات حرکتی ناشی از عواملی مانند ضعف عضلانی می‌تواند منجر به آتروفی عضلانی و در نتیجه عدم تعادل و وخیم‌تر شدن وضعیت‌های حرکتی شود (۴-۶). مطالعات رایبستین و جوزفسون (۷) گزارش کرده‌اند که ضعف عضلات اندام تحتانی، پنج برابر خطر سقوط را افزایش می‌دهد و اختلالات تعادل و راه رفتن سه برابر بیش‌تر می‌شود. بنابراین، توسعه و بررسی روش‌های درمانی مؤثر برای بهبود این دو عامل اساسی، از اهمیت بالینی و پژوهشی برخوردار است.

در توانبخشی این افراد روش‌های مختلفی از جمله فیزیوتراپی و تمرینات ورزشی مورد استفاده قرار گرفته است. تمرینات ورزشی نقش کلیدی در بهبود قدرت عضلانی، تعادل و عملکرد حرکتی ایفا می‌کنند. در این میان، تمرینات آبی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد به عنوان یکی از رویکردهای جذاب در توانبخشی بیماران مبتلا به اختلالات نورولوژیکی مورد توجه قرار گرفته‌اند. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که تمرینات آبی به دلیل کاهش فشار وزن بر مفاصل و افزایش ایمنی حرکت، به عنوان یک روش درمانی مؤثر برای بیماران مبتلا به سکته مغزی پیشنهاد شده است (۸). آب با فراهم کردن محیطی که مقاومت و تعادل را به صورت همزمان به چالش می‌کشد، فرصت مناسبی برای تقویت عضلات و بهبود تعادل فراهم می‌آورد. تمرین در محیط آب می‌تواند فشار را از مفاصل بردارد و از این طریق توانایی بیماران در انجام حرکات مختلف را افزایش دهد. همچنین، آب به عنوان یک محیط مقاومتی طبیعی، موجب بهبود قدرت عضلانی و تمرین‌های عملکردی می‌شود (۹). برخی مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات آبی می‌توانند باعث بهبود قدرت عضلانی، تعادل و کیفیت زندگی در بیماران سکته مغزی شوند (۸، ۱۰، ۱۱)، اما پژوهش‌های انجام شده بیش‌تر روی جمعیت عمومی بیماران سکته مغزی متمرکز بوده و کم‌تر به بیماران مبتلا به سکته ایسکمیک مزمن پرداخته‌اند. علاوه بر این، عمق آب می‌تواند به طور مستقیم بر الگوی فعالیت‌های عضلات تحتانی، بار وارد بر بدن و نیز مصرف انرژی حین پیاده‌روی در آب تأثیر بگذارد (۱۲، ۱۳). این امر ممکن است اثرات تمرینات را تغییر دهد. با این حال، اکثر مطالعات موجود تنها به تأثیر کلی تمرینات آبی پرداخته‌اند و نقش عمق‌های مختلف آب بر بهبود قدرت عضلانی و تعادل در بیماران مبتلا به سکته مغزی کم‌تر بررسی شده است. از آنجا که عمق آب می‌تواند اثرات بیومکانیکی و فیزیولوژیکی متفاوتی بر عضلات و الگوهای حرکتی داشته باشد، شناخت دقیق این تأثیرات می‌تواند به طراحی پروتکل‌های درمانی دقیق‌تر و اثربخش‌تر منجر شود.

بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات آبی در عمق‌های مختلف بر قدرت عضلانی اندام تحتانی و تعادل در بیماران مبتلا به سکته مغزی ایسکمیک مزمن طراحی شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند نه تنها در بهبود عملکرد حرکتی و کیفیت زندگی این بیماران مؤثر باشد، بلکه به متخصصان توان‌بخشی در طراحی مداخلات مبتنی بر تمرین کمک کند.

روش تحقیق

طرح پژوهش و آزمودنی‌ها: مطالعه حاضر شامل ۳۶ بیمار مرد مبتلا به سکته مغزی ایسکمیک (میانگین سنی $60/20 \pm 6/70$ سال؛ محدوده ۵۶ تا ۷۰ سال) بود. این تعداد بر اساس پژوهش‌های مشابه پیشین که نشان می‌دهد این حجم نمونه امکان تجزیه و تحلیل قابل اعتماد اثرات در مطالعات شبه تجربی را فراهم می‌کند، کافی تلقی شد (۱۴، ۱۵). آن‌ها به سه گروه ۱۲ نفره شامل دو گروه آزمایشی بر اساس عمق آب در برنامه تمرینی و یک گروه کنترل تقسیم شدند. مهمترین معیارهای ورود به مطالعه

عبارت بودند از: سکتة مغزی ایسکیمیک تشخیص داده شده توسط پزشک نورولوژیست، قدرت عضلانی سمت ضایعه در محدوده سه پنجم تا پنج پنجم (مطابق معیار MRC)، اولین سکتة مغزی، گذشت حداقل شش ماه و حداکثر دو سال از شروع بیماری، دارای درک کلامی، کسب حداقل نمره ۲۳ از آزمون وضعیت شناختی و ذهنی^۱ (MMSE)، کسب نمره ۲۱-۴۴ از مقیاس تعادل برگ، کسب رکورد حداکثر ۱۳/۵۰ ثانیه از مقیاس تحرک عملکردی^۲ TUG، توانایی حداقل پنج دقیقه ایستادن بدون کمک، توانایی حداقل ۱۰ دقیقه راه رفتن با یا بدون عصا و اتمام طول دوره برنامه فیزیوتراپی. این موارد به عنوان معیار ورود به پژوهش و به منظور اطمینان از همسانی شرکت کنندةها در توانایی‌ها و قابلیت‌های مذکور مورد استفاده قرار گرفتند. گروه‌های تمرینی (تمرین در آب کم عمق و تمرین در آب عمیق) و گروه کنترل با استفاده از روش تصادفی‌سازی تعدیل‌شده^۳ تخصیص داده شدند. این روش پیشرفته با هدف متعادل‌سازی شرکت کنندةها بین گروه‌ها بر اساس سن و نمرات مقیاس تعادل برگ^۴ طراحی شد. این راهبرد همگنی بین گروه‌ها را تضمین کرد، تفاوت‌های سیستماتیک در ویژگی‌های پایه را حذف نمود و از سوگیری در تخصیص جلوگیری کرد، که در نهایت منجر به حفظ اعتبار آماری مطالعه شد. این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی X (شماره X) تایید شد و همه شرکت کنندگان رضایت آگاهانه برای شرکت در مطالعه ارائه کردند. همچنین این مطالعه در دفتر ثبت کارآزمایی‌های بالینی X (شماره X) ثبت شد و مطابق با اصول اعلامیه هلسینکی انجام شد.

روش اجرا: پروتکل این مطالعه برای هر گروه شامل سه مرحله بود. مرحله اول ارزیابی قدرت عضلانی و تعادل به عنوان نمرات پیش آزمون. مرحله دوم برای دو گروه آزمایشی شامل شش هفته و هر هفته سه جلسه ۶۰ دقیقه‌ای تمرین در آب با دمای آب ۳۴-۳۶ درجه سانتی گراد و دمای هوا ۲۴ درجه سانتی گراد بود (۱۶، ۱۷). تمرینات در آب شامل: خم کردن، باز کردن و دور کردن ران، راه رفتن به جلو، عقب و پهلو، چرخش ران با خم کردن زانو، حرکت قیچی وار ران و ایستادن رو یک پا بود (۱۸) (شکل ۱). مطابق اصل تمرین علمی، تطبیق نوع و الگوی حرکات در هر جلسه برای هر دو گروه انجام شد. این مرحله برای گروه کنترل بدون مداخله سپری شد. در نهایت در مرحله سوم با ارزیابی مجدد قدرت عضلانی و تعادل، نمرات پس‌آزمون برای هر سه گروه ثبت شد.

هر جلسه تمرین در آب شامل پنج دقیقه گرم کردن، ۵۰ دقیقه تمرینات اصلی به همراه استراحت و پنج دقیقه سرد کردن بود (۱۸). جلسه اول با سه ست سه تکراری شروع شد و در نهایت جلسه پایانی با رعایت اصل تمرین با سه ست ۱۰ تکراری پایان یافت. به بیماران در جلسه اول مجموعاً ۱۵ دقیقه استراحت بین ست‌ها داده شد که در نهایت به مجموعاً ۳ دقیقه (جلسه ۱۸) کاهش یافت. از جلسه اول تا جلسه آخر با کاهش زمان استراحت و افزایش تعداد تکرارها، بار تمرینی افزایش یافت (جدول ۱). برای گروه اول (گروه کم عمق)، تمرین در آب تا ارتفاع لگن (خار خاصره قدامی فوقانی)^۱ و در گروه دوم (گروه عمیق) در آب تا ارتفاع قفسع سینه (زائده خنجر استخوان جناغ سینه) انجام شد. در طول جلسات تمرین، دو ناجی غریق برای ایمنی و آرامش خاطر بیماران، طبق پروتکل تمرین حضور داشتند (۱۸).

1. Mini-mental state examination

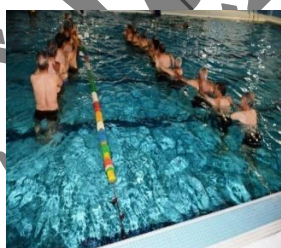
2. Timed Up and Go

3. Minimization Randomization

4. Berg Balance Scale

جدول ۱. نحوه اجرای پروتکل تمرینات در آب

هفته‌ها	جلسه‌ها	تعداد تمرین‌ها	تعداد ست‌ها	تعداد تکرارها	زمان فعالیت و استراحت (دقیقه)		
					تمرین	گرم کردن	استراحت
اول	۱	۹	۳	۳	۳۵	۵	۱۵
	۲	۹	۳	۴	۳۶	۵	۱۴
	۳	۹	۳	۶	۳۷	۵	۱۳
دوم	۴	۹	۳	۸	۳۸	۵	۱۲
	۵	۹	۳	۱۰	۳۹	۵	۱۱
	۶	۹	۳	۱۰	۳۹	۵	۱۱
سوم	۷	۹	۳	۶	۴۰	۵	۱۰
	۸	۹	۳	۶	۴۰	۵	۱۰
	۹	۹	۳	۸	۴۱	۵	۹
چهارم	۱۰	۹	۳	۸	۴۱	۵	۹
	۱۱	۹	۳	۱۰	۴۲	۵	۸
	۱۲	۹	۳	۱۰	۴۲	۵	۸
پنجم	۱۳	۹	۳	۸	۴۴	۵	۶
	۱۴	۹	۳	۸	۴۴	۵	۶
	۱۵	۹	۳	۹	۴۶	۵	۴
ششم	۱۶	۹	۳	۹	۴۶	۵	۴
	۱۷	۹	۳	۱۰	۴۷	۵	۳
	۱۸	۹	۳	۱۰	۴۷	۵	۳



شکل ۱. نمونه‌ای از تمرین دو گروه تجربی

ارزیابی قدرت عضلانی: در پژوهش حاضر قدرت عضلانی شرکت‌کننده‌ها با استفاده از نورم معتبر پزشکی^۱ (MRC) در محدوده سه پنجم تا پنج پنجم مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی قدرت در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد.

مقیاس MRC: دامنه نمرات این هنجار از صفر پنجم (فلج) تا پنج پنجم (طبیعی) است. به عبارت دیگر، قدرت انقباضی هر عضله به پنج درجه تقسیم می‌شود (۱۷):

^۱ . Medical Research Council

صفر پنجم: عضله توانایی انقباض ندارد به عبارت دیگر فلج است.

یک پنجم: انقباض عضلانی احساس می‌شود، اما این انقباض باعث حرکت در استخوان یا اندام نمی‌شود.

دو پنجم: انقباض عضلانی آنقدر قوی است که باعث حرکت افقی اندام می‌شود، اما نیرو در حدی نیست که بتواند بر نیروی جاذبه غلبه کند.

سه پنجم: حرکت در برابر جاذبه در (تقریباً) برد کامل.

چهار پنجم: نیروی عضلانی بیش از سه پنجم است، اما کم‌تر از حد طبیعی است.

پنج پنجم: نیروی عضلانی طبیعی است.

ارزیابی تعادل: در این مطالعه، از آزمون TUG به‌عنوان یکی از معیارهای ورود به پژوهش استفاده شد، زیرا این آزمون ابزاری معتبر، ساده و سریع برای غربالگری اولیه عملکرد حرکتی و خطر افتادن در بیماران سکته مغزی است. آزمون TUG به‌طور گسترده‌ای برای سنجش توانایی برخاستن، راه‌رفتن، چرخیدن و نشستن مورد استفاده قرار می‌گیرد و حساسیت بالایی در شناسایی اختلالات عملکردی دارد. از آنجا که هدف از استفاده آن، ارزیابی مقدماتی جهت تعیین توانایی حداقلی حرکت مستقل بیمار برای ورود به برنامه تمرینی بود، انتخاب آن منطقی و عملیاتی بود.

در مقابل، در مرحله ارزیابی دقیق‌تر پیش و پس از مداخله، از مقیاس تعادل تعادل برگ^۱ استفاده شد، چرا که این ابزار دارای دقت بالا و ساختار چند بعدی در ارزیابی تعادل ایستا و پویا بوده و تغییرات عملکردی را به‌صورت حساس‌تر و کامل‌تر نشان می‌دهد. این مقیاس یک ابزار استاندارد و معتبر برای ارزیابی تعادل عملکردی و شامل ۱۴ آیتم است که در جمعیت‌های مختلف، از جمله بیماران مبتلا به سکته مغزی، سالمندان و افراد با اختلالات عصبی-عضلانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مقیاس نخستین بار در سال ۱۹۸۹ توسط کتی برگ و همکاران طراحی شد و به‌طور گسترده‌ای در پژوهش‌های بالینی و توانبخشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹).

مقیاس تعادل برگ ویژگی‌های روان‌سنجی قوی را نشان می‌دهد، از جمله پایایی عالی آزمون-بازآزمایی (ضریب همبستگی درون طبقه‌ای $0.95-0.98$) [ICC] (۲۰) و پایایی بین ارزیاب برابر 0.95 در جمعیت‌های سکته مغزی به دست آمده است (۲۱). این مقیاس به‌طور گسترده برای ارزیابی تعادل عملکردی در گروه‌های بالینی مختلف، مانند افراد مسن (۲۲)، بازماندگان سکته مغزی (۲۱، ۲۳) و افراد مبتلا به بیماری پارکینسون (۲۴) تأیید شده است. علاوه بر این، کاربرد آن به ارزیابی خطر سقوط در بیماران پس از سکته مغزی گسترش می‌یابد و آن را به ابزاری حیاتی برای پیش‌بینی پیامدهای نامطلوب مرتبط با تحرک تبدیل می‌کند (۲۵). در پژوهش حاضر ارزیابی تعادل در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد.

روش‌های تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS انجام شد. قبل از آزمون فرضیه‌های پژوهش، فرض نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون شاپیرو-ویلک ارزیابی شد و سطح معنی داری $\alpha < 0.05$ اتخاذ شد. برای تأیید هم‌ارزی پایه بین گروه‌ها در تمام معیارهای پیش‌آزمون، از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) برای نمرات پیش‌آزمون استفاده شد. برای آزمون فرضیه‌ها، تحلیل واریانس آمیخته بین-درون آزمودنی‌ها برای هر متغیر وابسته (تعادل و قدرت) به‌طور جداگانه در ارزیابی اثرات زمان (عامل درون آزمودنی‌ها) و گروه (عامل بین آزمودنی‌ها) انجام شد. طرح طبقه‌بندی مورد استفاده برای اندازه اثر بر اساس طبقه‌بندی کوهن (0.01 = اثر کوچک، 0.06 = اثر متوسط، و 0.14 = اثر بزرگ) بود. آزمون تعقیبی بونفرونی نیز برای روشن شدن تفاوت در مقایسه‌های جفتی اجرا شد.

¹. Berg Balance Scale

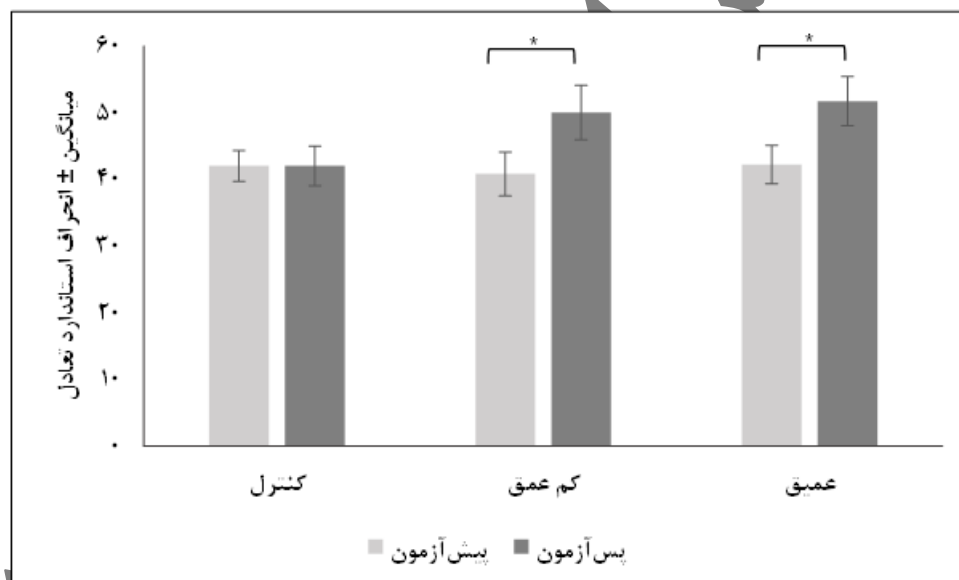
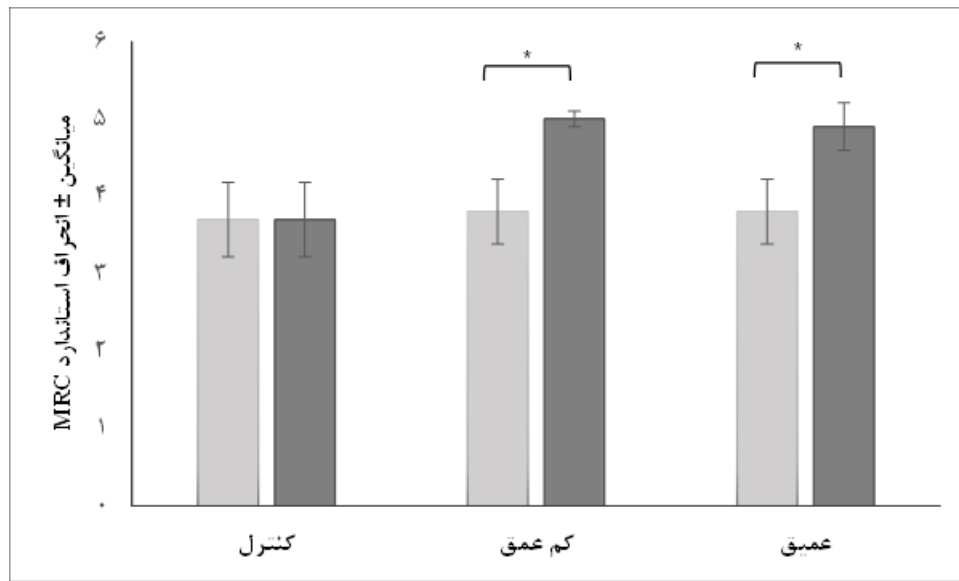
یافته‌ها

مشخصات افراد شرکت‌کننده شامل میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی، در گروه‌های مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. در این ویژگی‌ها بین سه گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین گروه‌ها از نظر ویژگی‌های مذکور همگن بودند.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کننده‌ها

گروه	کم عمق	عمیق	کنترل	مقدار P
سن (سال)	۶۱/۸۰±۴/۵۷	۶۲/۸۰±۴/۱۰	۶۲/۳۰±۴/۷۱	۰/۸۸۳
وزن (کیلوگرم)	۶۸/۳۲±۸/۰۷	۷۳/۴۷±۱۴/۹۷	۷۰/۳۰±۷/۶۸	۰/۵۶۶
قد (سانتی‌متر)	۱۶۴/۱۰±۶/۲۳	۱۶۶/۲۰±۴/۹۲	۱۶۴/۸۷±۶/۴۰	۰/۷۳۵
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۴۷/۲۵±۳/۵۰	۲۶/۵۲±۴/۶۳	۲۶/۰۷±۲/۵۱	۰/۸۱۴

برای بررسی همگنی گروه‌ها از نظر قدرت عضلانی و تعادل در مرحله پیش‌آزمون و اطمینان از نبود تفاوت بین گروه‌ها قبل از مداخله، از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد. نتایج نشان داد که بین سه گروه (گروه کنترل، گروه تمرین در عمق کم و گروه تمرین در عمق زیاد) در متغیرهای تعادل ($F_{(2,27)} = 0/71$, $P = 0/502$) و قدرت عضلانی اندام تحتانی ($F_{(2,27)} = 0/17$, $P = 0/845$) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، که نشان‌دهنده همگنی اولیه گروه‌ها بود. برای بررسی فرضیه‌های پژوهش به دلیل وجود اندازه‌گیری‌های مکرر و نیاز به بررسی تعامل بین زمان و گروه، تحلیل واریانس آمیخته بین-درون آزمودنی‌ها انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل اثر تعاملی زمان $\times$ گروه معنی‌داری را برای تعادل ($F_{(2,27)} = 115/63$, $P = 0/0001$) و قدرت عضلانی ($P = 0/0001$) نشان داد. نمرات در پس آزمون تحت تأثیر گروه قرار گرفتند. علاوه بر این، اثر اصلی گروه برای هر دو متغیر معنی‌دار بود (قدرت عضلانی: $F_{(2,27)} = 11/68$, $P = 0/0001$ و تعادل: $F_{(2,27)} = 6/44$, $P = 0/005$) که تفاوت بین گروه‌ها را نشان می‌دهد. به طور مشابه، یک اثر اصلی مهم زمان برای تعادل ($F_{(1,27)} = 462/14$, $P = 0/0001$) و قدرت عضلانی ($P = 0/0001$) مشاهده شد که نشان‌دهنده پیشرفت‌های کلی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون است. آزمون‌های تعقیبی بونفرونی برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی انجام شد. نتایج نشان داد که هر دو گروه تجربی بهبود معنی‌داری در تعادل ($P = 0/005$) و قدرت عضلانی ($P = 0/001$) در مقایسه با گروه کنترل ($P = 0/07$) نشان دادند. علاوه بر این، آزمون تی همبسته برای بررسی تغییرات درون‌گروهی انجام شد. یافته‌ها نشان داد که هر دو گروه تجربی افزایش معنی‌داری در تعادل ($P = 0/003$) و قدرت عضلانی ($P = 0/015$) پس از مداخله نشان دادند، در حالی که هیچ تغییر معنی‌داری در گروه کنترل برای هیچ‌یک از متغیرها ($P = 0/075$) مشاهده نشد (شکل ۲).



شکل ۲. میانگین و انحراف استاندارد تعادل و قدرت عضلانی در گروه‌های مختلف

بحث

در مطالعه حاضر اثر تمرین در آب با اعماق مختلف بر تعادل و قدرت عضلات اندام تحتانی در بیماران مبتلا به سکتۀ مغزی ایسکمیک مزمن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که تمرین در آب می‌تواند به طور مؤثری قدرت عضلات اندام تحتانی را در بیماران مبتلا به سکتۀ مغزی ایسکمیک مزمن بهبود بخشد. این یافته با پژوهش‌های پیشین که نشان می‌دهند تمرین در آب به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد محیط آب مانند کاهش وزن بدن (به دلیل خاصیت شناوری) و مقاومت هیدرودینامیکی، می‌تواند به بهبود قدرت عضلانی کمک کند همخوانی دارد. پرادو و همکاران (۲۶) در یک مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز نشان دادند تمرین در آب می‌تواند به‌طور قابل توجهی قدرت عضلانی را در بزرگسالان جوان و سالمندان بهبود بخشد. آن‌ها گزارش کردند ویژگی‌های منحصربه‌فرد محیط آب، مانند خاصیت شناوری و مقاومت هیدرودینامیکی، به

کاهش بار مکانیکی و افزایش مقاومت در برابر حرکت کمک می‌کنند که منجر به تقویت عضلات می‌شود. همچنین ژو و همکاران (۲۷) در یک مطالعه متاآنالیز، تأثیرات مثبت تمرین در آب بر قدرت عضلانی اندام تحتانی، انعطاف‌پذیری و کیفیت زندگی را تأیید کردند. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که محیط آبی با کاهش وزن بدن و ارائه مقاومت مناسب، شرایط ایده‌آلی برای بهبود عملکرد عضلانی فراهم می‌کند. مطابق با مطالعه دافی (۲۸) نیز هشت هفته تمرین در آب قدرت عضلانی را در افراد سکنه مغزی بهبود می‌بخشد و خطر افتادن فرد را کاهش می‌دهد.

یک توضیح احتمالی برای افزایش مشاهده شده در قدرت عضلانی در این مطالعه ممکن است افزایش به کارگیری و فعال‌سازی واحدهای حرکتی باشد که پیش از این به کار گرفته نشده بودند. از آنجا که این بیماران هیچ تجربه قبلی با تمرینات آبی نداشتند و برای اولین بار به طور جدی درگیر تمریناتی بودند، احتمالاً فیبرهای عضلانی که قبلاً برای فعالیت عضلانی به کار گرفته نشده بودند، فرصت فعال شدن و استفاده در زمینه تمرینات آبی جدید را داشته باشند (۲۹، ۳۰).

مکانیسم‌های بالقوه زیربنای اثرات تمرینات مقاومتی در آب بر بهبود قدرت عضلات اندام تحتانی را می‌توان بیش‌تر توضیح داد. در محیط آبی، عضلات به طور مداوم درگیر هستند تا موقعیت‌های مختلف بدن را تثبیت کنند و فرصت کمی برای استراحت باقی می‌گذارند. این درگیری مداوم قدرت عضلانی را افزایش، درد مرتبط با ضعف عضلانی را کاهش و انرژی و سرزندگی کلی بیماران را افزایش می‌دهد (۳۱). در محیط آبی، تمرینات مقاومتی با وزن بدن از سه مکانیسم اصلی برای بهبود قدرت عضلانی و عملکرد حرکتی بهره می‌برند: اول، مقاومت هیدرواستاتیک چندجهته که ناشی از حرکت در آب و اعمال نیروی مقاومتی در تمام جهات است و نیاز به انقباض متعادل عضلات آگونیست-آنتاگونیست را افزایش می‌دهد. دوم، شناوری و کاهش بار مکانیکی بر مفاصل که نه تنها درد و ریسک آسیب را کاهش می‌دهد، بلکه دامنه حرکت و امکان درگیری فیبرهای عضلانی غیرفعال شده را افزایش می‌دهد و سوم، فشار هیدرواستاتیک که با تحریک گیرنده‌های عمقی به بهبود بازخورد حسی-حرکتی و هماهنگی عصبی-عضلانی کمک می‌کند (۳۲، ۳۳).

نتیجه دیگر این مطالعه نشان داد تعادل در هر دو گروه تمرین بهبود یافت. این نتایج با یافته‌های مطالعات پیشین در حوزه توانبخشی آبی پس از سکنه مغزی همخوانی دارد (۳۴). یکی از مکانیسم‌های احتمالی این بهبود، کاهش اثر نیروی گرانش در محیط آبی است که به بیماران امکان می‌دهد حرکات تعادلی را با کنترل بهتری انجام دهند و الگوهای حرکتی کارآمدتری را توسعه دهند. همچنین، فشار هیدرواستاتیک آب می‌تواند موجب افزایش حس عمقی و تحریک گیرنده‌های حسی در اندام‌های تحتانی شود که این امر به بهبود بازخورد حسی-حرکتی و افزایش هماهنگی عضلانی می‌انجامد (۸). مارینیو بوزلی و همکاران (۳۵) نیز در مطالعه خود نشان دادند که تمرینات آبی با استفاده از خاصیت شناوری و مقاومت آب، تحریک حس عمقی و ثبات مرکزی را افزایش می‌دهد که این مکانیسم‌ها به طور مستقیم بر بهبود تعادل در بیماران سکنه مغزی تأثیرگذارند.

از دیگر دلایل احتمالی بهبود تعادل می‌توان به افزایش سازگاری‌های عصبی ناشی از تمرین مانند به کارگیری واحدهای عصبی کارآمدتر، سازماندهی مجدد در قشر حسی-پیکری، افزایش کارایی و قدرت ارتباطات سیناپسی، افزایش فعالسازی دستگاه عصبی، کاهش رفلکس‌های بازدارنده عصبی، کاهش مقاومت مسیرهای عصبی به انتقال تکانه و بهبود و تسهیل در انتقال درون‌دادهای هر یک از حواس اشاره کرد (۳۶، ۳۷).

با توجه به مطالعات پیشین دلیل دیگر بهبود تعادل، احتمالاً افزایش قدرت عضلانی است که پس از تمرین در آب مشاهده شد. مطالعات نشان داده‌اند تقویت عضلات اندام تحتانی می‌تواند به بهبود تعادل و کاهش خطر افتادن در بیماران سکنه مغزی کمک کند. در این مطالعات تمرینات مقاومتی منجر به افزایش قدرت عضلانی و در نتیجه بهبود تعادل در این بیماران شد (۳۸، ۳۹). بنابراین پیشنهاد می‌شود برنامه‌های توانبخشی بر تقویت عضلات اندام تحتانی تمرکز داشته باشند تا به بهبود تعادل و کاهش خطر افتادن در این بیماران کمک کنند.

این بخش از نتایج پژوهش حاضر با مطالعه لاند و همکاران (۴۰)، همخوانی ندارد. تفاوت در نتایج احتمالاً به تفاوت در ویژگی‌های جمعیت شرکت‌کننده‌ها و شرایط بالینی آن‌ها بازمی‌گردد. در مطالعه لاند، شرکت‌کننده‌ها زنان مبتلا به آرتروز زانو بدون سابقه سکنه مغزی ایسکمیک بودند در مقابل، شرکت‌کننده‌های پژوهش حاضر مردانی با سابقه سکنه مغزی ایسکمیک بودند که معمولاً با اختلالات حرکتی، ضعف عضلانی و مشکلات تعادلی همراه هستند. این تفاوت در وضعیت سلامت پایه می‌تواند بر پاسخ به تمرینات تأثیرگذار باشد.

مطالعه حاضر نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تمرینات در آب عمیق و کم‌عمق از نظر بهبود تعادل و قدرت عضلانی در بیماران سکنه مغزی وجود ندارد. این یافته با شواهد نوظهوری همسو است که بیان می‌کنند اثرات مفید تمرینات آبی بر تعادل و قدرت عضلانی بیش‌تر به خواص ذاتی آب مانند شناوری، فشار هیدرواستاتیک و مقاومت وابسته است تا به عمق آب. شناوری آب نیروهای گرانشی روی مفاصل را کاهش می‌دهد و به بیماران این امکان را می‌دهد تا بدون توجه به عمق، حرکات را با کم‌ترین درد و ترس از سقوط انجام دهند. کوتزنر و همکاران (۴۱) گزارش دادند انجام فعالیت‌های مشابه در آب منجر به کاهش ۳۶ تا ۵۵ درصدی نیروهای مفاصل در مقایسه با فعالیت‌های زمینی، با کاهش مطلق بیش از ۱۰۰ درصد وزن بدن در طول تحمل وزن و حرکات پویا می‌شود. در مطالعه حاضر، حتی در گروهی که سطح آب تا لگن (گروه کم‌عمق) بود، شناوری کافی برای کاهش بار بر مفاصل و تسهیل حرکات عملکردی فراهم شد.

با وجود اینکه مقاومت در برابر آب به دلیل غوطه‌وری بیش‌تر با عمق افزایش می‌یابد، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد حتی غوطه‌وری در سطح لگن نیز مقاومت هیدرودینامیک کافی برای به چالش کشیدن عضلات اندام تحتانی ایجاد می‌کند. هر دو گروه در مطالعه حاضر احتمالاً انقباضات عضلانی ایزوکینتیک مشابهی را به دلیل مقاومت چند جهته آب تجربه کردند، که باعث فعال شدن متعادل آگونیست-آنتاگونیست، یک عامل حیاتی در توانبخشی سکنه می‌شود.

با این حال، برخی مطالعات مانند تحقیق حسینی‌مهر و همکاران (۴۲)، گزارش کرده‌اند که تمرین در آب عمیق نسبت به آب کم‌عمق به بهبود بیش‌تری در قدرت عضلات اندام تحتانی منجر شده است. این تفاوت ممکن است ناشی از عوامل مختلفی باشد، از جمله تفاوت در طول دوره تمرین، نوع تمرینات انتخاب شده، مدت زمان تمرین اصلی در هر جلسه و ویژگی‌های شرکت‌کننده‌ها. به عنوان مثال، در مطالعه حاضر شرکت‌کننده‌ها بیماران سکنه مغزی بودند و ۶ هفته تمرین داشتند که تمرین اصلی در هر ۵۰ دقیقه بود ولی در مطالعه حسینی‌مهر سالمندان سالم به مدت ۱۲ هفته مورد مداخله قرار گرفتند و مدت زمان تمرین اصلی در هر جلسه ۲۰ دقیقه بود. همچنین، یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعه زمانیان و همکاران (۴۳) که روی زنان سالمند انجام شده بود، هم‌راستا نیست. آنان گزارش کردند که تمرین در آب کم‌عمق نسبت به آب عمیق، بهبود بیش‌تری در تعادل ایجاد می‌کند. به گفته ایشان، مزیت احتمالی آب کم‌عمق در بهبود تعادل ممکن است ناشی از ایجاد زنجیره حرکتی بسته در این شرایط باشد؛ عاملی که می‌تواند به بازیابی بهتر تعادل و حس عمقی کمک کند. اختلاف میان یافته‌های دو مطالعه احتمالاً به تفاوت در ویژگی‌های جمعیت مورد بررسی (زنان سالمند در مقابل بیماران سکنه مغزی) یا تفاوت در مدت مداخله تمرینی (۱۲ هفته) بازمی‌گردد.

این مطالعه محدودیت‌هایی را ارائه می‌دهد که باید در هنگام تفسیر یافته‌ها در نظر گرفته شود. اول، تعمیم‌پذیری نتایج ممکن است به بیماران مبتلا به سکنه مغزی ایسکمیک مزمن با سطوح شدت مشابه محدود شود، زیرا افراد با علائم سکنه مغزی شدیدتر یا کم‌تر از مطالعه حذف شدند. بنابراین، کاربرد نتایج برای همه بیماران سکنه مغزی یا کسانی که در مراحل مختلف بهبودی هستند ممکن است با محدودیت همراه باشد. علاوه بر این، در حالی که این مطالعه اثرات دو عمق آب (سطح لگن و قفسه سینه) را مورد بررسی قرار داد، نتایج ممکن است به طور کامل تأثیر اعماق دیگر یا شدت‌های مختلف تمرین در آب را که ممکن است برای افراد خاص مؤثرتر باشد، منعکس نکند. علاوه بر این، اثرات ۱۸ جلسه مداخله بلافاصله پس از پایان تمرینات مورد ارزیابی قرار گرفت و اثرات طولانی مدت بررسی نشد. دوره‌های پیگیری طولانی‌تر بینش وسیع‌تری در مورد اثرات ماندگار مداخلات ارائه می‌دهد.

نتیجه‌گیری: تمرین در آب با اعماق مختلف، فارغ از میزان غوطه‌وری، به‌طور مؤثری قدرت عضلات اندام تحتانی و تعادل بیماران مبتلا به سکنه مغزی ایسکمیک مزمن را بهبود می‌بخشد. در این مطالعه مشخص شد که عمق غوطه‌وری در آب تأثیر معنی‌داری بر میزان بهبود قدرت عضلات اندام تحتانی و تعادل بیماران سکنه مغزی ایسکمیک مزمن ندارد؛ به عبارت دیگر، تفاوت عمق آب در نتایج به گونه‌ای بود که نمی‌توان آن را به عنوان عامل تعیین‌کننده در موفقیت تمرینات آبی در نظر گرفت. بنابراین، آنچه بیش از میزان عمق اهمیت دارد، کیفیت طراحی تمرینات، نحوه اجرا و تداوم برنامه‌های تمرینی است که باید در اولویت قرار گیرد. این یافته‌ها نشان می‌دهد برای تدوین پروتکل‌های توانبخشی آبی، تمرکز بیش‌تر باید روی ساختار دقیق تمرین، تنظیم شدت و استمرار جلسات باشد تا انتخاب عمق استخر. در نهایت، نتایج مطالعه می‌تواند زیرساخت لازم برای استانداردسازی

تمرینات آبی در توانبخشی سکتۀ مغزی را فراهم کند و راه را برای مطالعات آینده و ارزیابی اثرات عصبی-عضلانی دقیق تر هموار سازد.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌دارند که در خصوص انجام و انتشار این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافع علمی یا مالی وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

نویسندگان بر خود واجب می‌دانند از مشارکت ارزشمند بیماران گرمی که با صبوری و همکاری در تمامی مراحل پژوهش حضور فعال داشتند، قدردانی نمایند. همچنین از همراهی و همکاری مدیریت و پرسنل محترم استخر شهر رفسنجان که شرایط لازم جهت اجرای مداخلات تمرینی را فراهم نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Zhou Y, Ren H, Hou X, Dong X, Zhang S, Lv Y, et al. The effect of exercise on balance function in stroke patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Neurology*. 2024;1-18. <https://doi.org/10.1007/s00415-024-12467-1>
2. Takada H, Yamashita K, Osawa L, Komiya Y, Muraoka M, Suzuki Y, et al. Assessment of lower limb muscle strength can predict fall risk in patients with chronic liver disease. *Scientific reports*. 2024;14(1):64. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50574-7>
3. Tan H, Gong Z, Xing S, Cao L, Liu H, Xu L. Effects of balance training in addition to auxiliary activity on balance function of patients with stroke at high risk for falls. *Frontiers in neurology*. 2023;13:937305. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.937305>
4. Azzollini V, Dalise S, Chisari C. How does stroke affect skeletal muscle? State of the art and rehabilitation perspective. *Frontiers in Neurology*. 2021;12:797559. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.797559>
5. Gobeze M, Kassa T, Suliman J, Eriku GA, Takele MD, Bitew DA, et al. Balance impairment and associated factors among stroke survivors in public hospitals of Amhara regional state: a multicenter cross-sectional study. *BMC neurology*. 2024;24(1):387. <https://doi.org/10.1186/s12883-024-03885-9>
6. Qi H, Tian D, Luan F, Yang R, Zeng N. Pathophysiological changes of muscle after ischemic stroke: a secondary consequence of stroke injury. *Neural Regen Res*. 2024 19(4):737-46. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.382221>
7. Rubenstein L, Josephson K. Interventions to reduce the multifactorial risks for falling. *Revista Espanola de Geriatria y Gerontologia*. 2005;40:45. [https://doi.org/10.1016/s0211-139x\(05\)75085-x](https://doi.org/10.1016/s0211-139x(05)75085-x)
8. Veldema J, Jansen P. Aquatic therapy in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Acta Neurologica Scandinavica*. 2021;143(3):221-41. <https://doi.org/10.1111/ane.13371>
9. Fall LB, Marinho DA, Marques EA, Costa MJ, Santos CC, Marques MC, et al. Benefits of aquatic exercise in adults with and without chronic disease—A systematic review with meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2022;32(3):465-86. <https://doi.org/10.1111/sms.14112>
10. Melo RS, Cardeira CSF, Rezende DSA, Guimarães-do-Carmo VJ, Lemos A, de Moura-Filho AG. Effectiveness of the aquatic physical therapy exercises to improve balance, gait, quality of life and reduce fall-related outcomes in healthy community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *PLoS one*. 2023;18(9):e0291193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291193>
11. Zhang Y, Wang Y-Z, Huang L-P, Bai B, Zhou S, Yin M-M, et al. Aquatic therapy improves outcomes for subacute stroke patients by enhancing muscular strength of paretic lower limbs without increasing spasticity: a randomized controlled trial. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2016;95(11):840-9. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000512>
12. Gyu-sun M. The Impact of Water Depth and Speed on Lower Muscles Activation During Exercise in Different Aquatic Environments. *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*. 2024;16(2):169-78. <https://doi.org/10.7236/IJIBC.2024.16.2.169>
13. Lim H, Azurdia D, Jeng B, Jung T. Influence of water depth on energy expenditure during aquatic walking in people post stroke. *Physiotherapy Research International*. 2018;23(3):e1717. <https://doi.org/10.1002/pri.1717>

14. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports medicine*. 2004;34:329-48. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434050-00005>
15. Persch LN, Ugrinowitsch C, Pereira G, Rodacki AL. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. *Clinical biomechanics*. 2009;24(10):819-25. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.07.012>
16. Roberts R, Callow N, Hardy L, Markland D, Bringer J. Movement imagery ability: development and assessment of a revised version of the vividness of movement imagery questionnaire. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2008;30(2):200-21. <https://doi.org/10.1123/jsep.30.2.200>
17. Wilson JL, Hareendran A, Grant M, Baird T, Schulz UG, Muir KW, et al. Improving the assessment of outcomes in stroke: use of a structured interview to assign grades on the modified Rankin Scale. *Stroke*. 2002;33(9):2243-6. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000027437.22450.bd>
18. Zhu Z, Cui L, Yin M, Yu Y, Zhou X, Wang H, et al. Hydrotherapy vs. conventional land-based exercise for improving walking and balance after stroke: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2016;30(6):587-93. <https://doi.org/10.1177/0269215515593392>
19. Berg K, Wood-Dauphine S, Williams J, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 1989;41(6):304-11. <https://doi.org/10.3138/ptc.41.6.304>
20. Hiengkaew V, Jitaree K, Chaiyawat P. Minimal detectable changes of the Berg Balance Scale, Fugl-Meyer Assessment Scale, Timed "Up & Go" Test, gait speeds, and 2-minute walk test in individuals with chronic stroke with different degrees of ankle plantarflexor tone. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2012;93(7):1201-8. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.01.014>
21. Mao H-F, Hsueh I-P, Tang P-F, Sheu C-F, Hsieh C-L. Analysis and comparison of the psychometric properties of three balance measures for stroke patients. *Stroke*. 2002;33(4):1022-7. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000012516.63191.c5>
22. SW M. Use of the berg balance scale for predicting multiple falls in community-dwelling elderly people: A prospective study. *Phys Ther*. 2008;88(4):449-59. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070251>
23. Flansbjerg U-B, Blom J, Brogårdh C. The reproducibility of Berg Balance Scale and the Single-leg Stance in chronic stroke and the relationship between the two tests. *PM&R*. 2012;4(3):165-70. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.11.004>
24. Dibble LE, Lange M. Predicting falls in individuals with Parkinson disease: a reconsideration of clinical balance measures. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2006;30(2):60-7. <https://doi.org/10.1097/01.npt.0000282569.70920.dc>
25. Mackintosh SF, Hill KD, Dodd KJ, Goldie PA, Culham EG. Balance score and a history of falls in hospital predict recurrent falls in the 6 months following stroke rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2006;87(12):1583-9. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.09.004>
26. Prado AK, Reichert T, Conceição MO, Delevatti RS, Kanitz AC, Krueel LF. Effects of aquatic exercise on muscle strength in young and elderly adults: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022;36(5):1468-83. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001595>
27. Zhou W-S, Mao S-J, Zhang S-K, Xu H, Li W-L. Effects of aquatic exercises on physical fitness and quality of life in postmenopausal women: an updated systematic review and meta-analysis. *Frontiers in public health*. 2023;11:1126126. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1126126>
28. Duffy K. Aquatic therapy for a patient post-stroke: A case report: Florida Gulf Coast University; 2014.
29. Del Vecchio A, Casolo A, Negro F, Scorcelletti M, Bazzucchi I, Enoka R, et al. The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *The Journal of physiology*. 2019;597(7):1873-87. <https://doi.org/10.1113/jp277250>
30. Weiss A, Suzuki T, Bean J, Fielding RA. High intensity strength training improves strength and functional performance after stroke. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2000;79(4):369-76. <https://doi.org/10.1097/00002060-200007000-00009>
31. Roth AE, Miller MG, Ricard M, Ritenour D, Chapman BL. Comparisons of static and dynamic balance following training in aquatic and land environments. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2006;15(4):299-311. <https://doi.org/10.1123/jsr.15.4.299>
32. Torres-Ronda L, i del Alcázar XS. The properties of water and their applications for training. *Journal of human kinetics*. 2014;44:237. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0129>

33. Mattos Fd, Leite N, Pitta A, Bento PCB. Effects of aquatic exercise on muscle strength and functional performance of individuals with osteoarthritis: a systematic review. *Revista brasileira de reumatologia*. 2016;56(6):530-42. <https://doi.org/10.1016/j.rbre.2016.09.003>
34. Nayak P, Mahmood A, Natarajan M, Hombali A, Prashanth C, Solomon JM. Effect of aquatic therapy on balance and gait in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2020;39:101110. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101110>
35. Marinho-Buzelli AR, Bonnyman AM, Verrier MC. The effects of aquatic therapy on mobility of individuals with neurological diseases: a systematic review. *Clinical rehabilitation*. 2015;29(8):741-51. <https://doi.org/10.1177/0269215514556297>
36. Bakker LB, Lamothe CJ, Vetrovsky T, Gruber M, Caljouw SR, Nieboer W, et al. Neural Correlates of Balance Skill Learning in Young and Older Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine-Open*. 2024;10(1):3. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00668-3>
37. Taube W. Neurophysiological adaptations in response to balance training. *German Journal of Sports Medicine/Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2012;63(9). <https://doi.org/10.5960/dzsm.2012.030>
38. Shao C, Wang Y, Gou H, Xiao H, Chen T. Strength training of the nonhemiplegic side promotes motor function recovery in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2023;104(2):188-94. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.09.012>
39. Feratywi A, Dewi AC. Correlation between Improved Balance and Decreased Limb Spasticity and Improved Muscle Strength in Post-Stroke Hemiparesis. *Journal of Sports and Physical Education Studies*. 2024;4(1):01-6. <https://doi.org/10.32996/jspes.2024.4.1.1>
40. Lund H, Weile U, Christensen R, Rostock B, Downey A, Bartels EM, et al. A randomized controlled trial of aquatic and land-based exercise in patients with knee osteoarthritis. *Journal of rehabilitation medicine*. 2008;40(2):137-44. <https://doi.org/10.2340/16501977-0134>
41. Kutzner I, Richter A, Gordt K, Dymke J, Damm P, Duda GN, et al. Does aquatic exercise reduce hip and knee joint loading? In vivo load measurements with instrumented implants. *PloS one*. 2017;12(3):e0171972. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171972>
42. Hosseinimehr SH, Anbarian M, Mohammadi Z. Effects of 12 weeks water training in shallow and deep part of pool on balance and lower limb muscles strength in elderly. *Studies in Sport Medicine*. 2022;14(33):97-114. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01183-y>
43. 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. [In Persian] <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2022.546.2>

نسخه پیش از انتشار ویدئویش نشده