DOI: 10.48305/jrrs.2024.42839.1096 Published by Vesnu Publications

سهم مشارکت سیستم‌های حسی تعادل ایستای زنان سالمند پس از یک دوره تمرین در آب: یک مطالعه نیمه تجربی

ندا حمیدی[۱]، الهام عظیم‌زاده[۲]، مهناز مروی اصفهانی[۳]، زهرا سادات رضائیان[۴]، فرناندو کوپتی[۵]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: تغییرات فیزیولوژیک ناشی از روند سالمندی، باعث کاهش تعادل و افزایش خطر سقوط به ویژه در زنان می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثرات یک دوره تمرین در آب بر عملکرد اجزای حسی سیستم کنترل‌کننده تعادل ایستا در زنان سالمند بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه کاربردی- نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون، بخشی از یک تحقیق بزرگ بود. زنان سالمند بدون علامت، به طور تصادفی در سه گروه تمرین با اسب، تمرین در آب و شاهد (هر گروه ۱۰ نفر) قرار گرفتند. سهم مشارکت اجزای حسی سیستم کنترل قامت (بینایی، دهلیزی، حسی عمقی) در تعادل ایستا، قبل و پس از ۱۶ جلسه تمرین با استفاده از آزمون سازماندهی حسی به وسیله سیستم پوسچروگرافی سیناپسیس® اندازه‌گیری شد. شرکت‌کنندگان گروه تمرین در آب و تمرین با اسب به مدت هشت هفته و هفته‌ای ۲ جلسه (۵۰ دقیقه)، پروتکل تمرینی مربوطه را اجرا نمودند و افراد گروه شاهد به زندگی معمولی خود ادامه دادند. از آزمون Paired t برای مقایسه‌های درون گروهی و از آزمون Independent t جهت بررسی تفاوت بین گروهی استفاده گردید.

یافته‌ها: گروه تمرین در آب در مرحله پس‌آزمون عملکرد بهتری در مقایسه با گروه شاهد و نسبت به پیش‌آزمون داشت. به عبارت دیگر، یک دوره تمرین در آب، باعث بهبود عملکرد سیستم دهلیزی در جهت قدامی- خلفی، سیستم حسی عمقی، تعادل ایستا در جهات قدامی- خلفی و میانی- جانبی در زنان سالمند نسبت به حالت پیش‌آزمون و نسبت به گروه شاهد شد ($P = ۰/۰۰۱$ برای همه).

نتیجه‌گیری: به طور کلی، شاید بتوان تمرین در آب را به عنوان یک استراتژی جایگزین، به منظور بهبود میزان مشارکت اجزای حسی سیستم‌های کنترل‌کننده تعادل در یک محیط امن‌تر برای سالمندان توصیه نمود.

کلید واژه‌ها: مشارکت حسی؛ تعادل؛ کنترل قامت؛ سالمندی؛ زنان؛ تمرین در آب

ارجاع: حمیدی ندا، عظیم‌زاده الهام، مروی اصفهانی مهناز، رضائیان زهرا سادات، کوپتی فرناندو. **سهم مشارکت سیستم‌های حسی تعادل ایستای زنان سالمند پس از یک دوره تمرین در آب: یک مطالعه نیمه تجربی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۴۰۲؛ ۱۹.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵

مقدمه

سالمندی یک فرایند بیولوژیکی پیچیده تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و اجتماعی است (۱) که با کاهش عملکرد فیزیکی و توانایی‌های شناختی همراه می‌باشد (۲). سالمندی تقریباً تمام سیستم‌های بدن از جمله سیستم‌های کنترل تعادل را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳). به عبارت دیگر، با افزایش سن، توانایی سیستم عصبی برای پردازش درون‌دادهای بینایی، دهلیزی و حسی- عمقی به عنوان سیستم‌های فیزیولوژیک درگیر در کنترل تعادل، دچار اختلال می‌شود (۴). افت عملکرد سیستم‌های کنترل تعادل، باعث محدود شدن توانایی‌های

۱- دانشجوی دکتری رفتار حرکتی، گروه علوم رفتاری و شناختی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- دکتری رفتار حرکتی، گروه علوم رفتاری و شناختی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳- دکتری بیومکانیک ورزشی، مرکز تحقیقات طب ورزشی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران
۴- دکتری فیزیوتراپی، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی- عضلانی، پژوهشکده تحقیقات توان‌بخشی و گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۵- دکتری علوم حرکت انسان، دانشگاه فدرال سانتا ماریا، مرکز تربیت بدنی و ورزش، سانتا ماریا، برزیل
نویسنده مسؤول: الهام عظیم‌زاده؛ دکتری رفتار حرکتی، گروه علوم رفتاری و شناختی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
Email: e-azimzadeh@sbu.ac.ir

عملکردی، جنبش‌پذیری تحرک (Mobility) و حرکت ایمن در سالمندان می‌شود (۵) که خود باعث کاهش توانایی در انجام فعالیت‌های روزانه می‌گردد و خطر زمین خوردن (Risk of falling) و آسیب‌های جدی مانند شکستگی را در میان سالمندان افزایش می‌دهد (۶).

تعادل انسان یک مفهوم پیچیده چند بعدی است که به توانایی فرد جهت حفظ مرکز فشار (Center of pressure یا CoP) در محدوده سطح اتکا به منظور جلوگیری از زمین خوردن تعریف می‌شود (۷) که توسط یک شبکه سازمان یافته از سیستم‌های تعاملی (Interactive systems) در بدن تنظیم می‌شود (۸). فعالیت عضلات برای حفظ تعادل، توسط سیستم عصبی مرکزی و از طریق ادغام ورودی‌های سیستم‌های حسی- عمقی، بینایی و دهلیزی کنترل می‌گردد (۹). حس عمقی که از عضلات و گیرنده‌های پوستی سرچشمه می‌گیرد، اطلاعاتی در مورد موقعیت بدن در محیط و همچنین، موقعیت بخش‌های مختلف بدن نسبت به همدیگر فراهم می‌نماید (۱۰). سیستم بینایی، داده‌هایی در مورد محیط خارجی (۱۱) و تکانش‌های دستگاه دهلیزی، اطلاعاتی درباره جهت و سرعت حرکت سر و وضعیت آن نسبت به نیروی جاذبه (۱۲) به سیستم عصبی مرکزی ارسال می‌کنند. به طور کلی، تنظیم تعادل به یکپارچه‌سازی (Integration) اطلاعات حسی از طریق سیستم عصبی مرکزی نیاز دارد تا یک پاسخ قامتی (Postural responce) مناسب برای حفظ وضعیت بدن در حالت‌های ایستادن و راه رفتن ایجاد شود که البته این پاسخ متناسب با تکلیف، در عملکرد و اجرا متفاوت است (۱۳). در نتیجه، کارایی سیستم‌های حسی درگیر در کنترل تعادل برای افراد در سنین مختلف بسیار مهم است و هرگونه اختلال در عملکرد این سیستم‌ها، منجر به عدم تعادل وضعیتی و افزایش خطر مواجه با آسیب می‌شود (۱۴). به منظور افزایش تعادل، لازم است شرایط دریافت اطلاعات حسی از سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حسی- عمقی تقویت شود تا عضلات ضد جاذبه فعال گردد و تعادل بهبود یابد (۱۵). یکی از روش‌های پیشنهاد شده برای تقویت و تحریک سیستم‌های حسی، تمرین در آب است که به عنوان یک مکمل درمانی مؤثر برای حفظ عملکرد جسمانی، بهبود تعادل و کاهش خطر سقوط در سالمندان توصیه می‌شود (۱۸-۱۶). ویژگی‌های فیزیکی آب به همراه تمرینات ورزشی در آن، می‌تواند بسیاری از اهداف فیزیکی پیشنهاد شده در یک برنامه توان‌بخشی تعادل را برآورده کند (۱۹).

محیط آبی برای توان‌بخشی سالمندان ایمن و کارامد است؛ چرا که آب به طور هم‌زمان بر عملکرد سیستم اسکلتی- عضلانی بدن تأثیر می‌گذارد و تعادل را بهبود می‌بخشد (۲۰). خاصیت شناوری آب، نیروی فشاری بر مفاصل را کاهش می‌دهد (۲۱) و این اثر ممکن است درک خستگی را کمتر و به حفظ انرژی کمک کند (۲۲). علاوه بر این، خاصیت ویسکوزیته و نیروی هیدرودینامیک آب، مقاومتی را ایجاد می‌کند که فرد هنگام انجام حرکات، باید نیروی بیشتری را اعمال کند (۲۱). به عبارت دیگر، تمرین در آب، امکان ورزش با شدت بالا و بنابراین، تقویت عضلات را فراهم می‌نماید. از طرف دیگر، نیروی فشاری کمتری به مفاصل وارد می‌شود و خاصیت غوطه‌وری آن، راحتی بیشتری را برای فرد تضمین می‌کند.

نتایج مطالعات مختلف، اثربخشی تمرین در آب را بر افزایش تعادل، تسکین درد و بهبود عملکرد جسمانی سالمندان نشان داده است (۲۵-۲۳، ۱۷، ۱۶). همچنین، تمرین در آب، میزان خطر زمین خوردن را از طریق افزایش قدرت عضلانی و بهبود تعادل حین ایستادن و راه رفتن، در این گروه از افراد کاهش می‌دهد (۱۷). مطالعات اندکی در رابطه با میزان مشارکت اجزای حسی سیستم کنترل‌کننده تعادل ارایه شده است (۲۶). با استفاده از ابزارهای دقیق مانند دستگاه پاسچروگرافی، می‌توان با ایجاد آشفتگی و تغییر شرایط محیطی، سازگاری‌های درونی سیستم‌های حسی درگیر در کنترل تعادل را اندازه‌گیری نمود؛ به طوری که می‌توان وجود نقص در هر یک از سیستم‌های حسی کنترل‌کننده تعادل و روند بهبود آن را مورد ارزیابی قرار داد (۲۷). در حال حاضر تحقیق انتشار یافته‌ای که به طور دقیق اثربخشی تمرین در آب را در حفظ تعادل در برابر آشفتگی‌های حسی متفاوتی که در زمان تمرین می‌تواند ایجاد شود، صورت نگرفته است تا اثرات این تمرینات جهت بهبود تعادل را بر عملکرد سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حسی- عمقی به صورت مجزا تحلیل و گزارش نماید. بنابراین، پژوهش حاضر به این سؤال پاسخ می‌دهد که میزان مشارکت اجزای حسی سیستم کنترل‌کننده تعادل ایستای زنان سالمند بدون علامت پس از یک دوره تمرین در آب چه تغییراتی می‌کند؟

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع نیمه تجربی کاربردی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون همراه با گروه شاهد بود که مراحل مختلف آن پیش از انجام به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد رسید و در سامانه ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران ثبت گردید. تحقیق حاضر بخشی از یک پژوهش بزرگ می‌باشد که جامعه هدف آن، زنان سالمند بدون علایم ۶۰ تا ۷۰ سال از میان سالمندانی که در نزدیکی مرکز سوارکاری و استخر زندگی می‌کردند، بود. پژوهش در سه گروه تمرین با اسب، تمرین در آب و شاهد انجام گرفت که با توجه به حجم تحلیل‌ها، در مطالعه حاضر فقط تحلیل بین گروه تمرین در آب و شاهد انجام شد.

نمونه‌گیری: فراخوان شرکت در تحقیق در محله‌های مجاور استخر دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد و باشگاه سوارکاری چوگان اسپادانا منتشر شد و شرکت‌کنندگان از میان زنان سالمندی که در شهر نجف‌آباد زندگی می‌کردند و داوطلب شرکت در پژوهش بودند، به طور در دسترس انتخاب شدند. حجم نمونه بر اساس نرم‌افزار G*Power 3.1.9.2 freeware, Released) G*Power March 17, 2020, University of Düsseldorf, Düsseldorf, Germany) و با در نظر گرفتن خطای نوع اول ۰/۰۵، توان ۰/۸ و اندازه اثر ۰/۶۰، ۳۰ نفر (در هر گروه ۱۰ نفر) برآورد گردید. ابتدا درباره اهداف و روش اجرای مطالعه توضیحات لازم به افراد داده شد و شرکت‌کنندگان فرم اطلاعات فردی شامل (سن، قد، وزن، سابقه فعالیت ورزشی و سابقه بیماری) و فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند. معیارهای ورود به تحقیق شامل درک دستورالعمل‌های ساده، اجرای آزمون‌ها بر روی پاسچروگرافی، راه رفتن در آب و سوار شدن بر اسب با استفاده از سکو بود. حساسیت به محیط استخر و گاز کلر، سرگیجه یا سایر اختلالات تعادلی، آسیب جسمی ناشی از سکته مغزی، جراحی، دیستروفی‌های عضلانی، اختلالات شدید ستون فقرات، دررفتگی شانه یا لگن، پرفشاری خون، بیماری‌های قلبی و چاقی نیز به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شد که با استفاده از فرم اطلاعات فردی به صورت خوداظهاری جمع‌آوری گردید و در صورت لزوم با معاینه پزشک معتمد ارزیابی صورت گرفت. ۵۰ نفر در این مرحله انتخاب شدند. نمونه‌ها در آزمون تعادلی که توسط پاسچروگرافی اندازه‌گیری شد، شرکت نمودند. سپس برای گزینش دقیق افراد بر اساس نمره تعادل کل به دست آمده از دستگاه پاسچروگرافی در دامنه ۵۰ تا ۷۰، ۴۰ نفر انتخاب شدند و

http://jrrs.mui.ac.ir

جزییات مطالعه برای این افراد توضیح داده شد و به آن‌ها ۲۴ ساعت زمان داده شد تا در صورت تمایل به همکاری فرم رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کنند. در ادامه، ۳۰ شرکت‌کننده با استفاده از تقسیم تصادفی ساده به روش سیستماتیک، در سه گروه ۱۰ نفره تمرین در آب، تمرین با اسب و شاهد قرار گرفتند. در طول انجام پژوهش، تمرین در آب و تمرین با اسب تنها فعالیت بدنی منظمی بود که گروه‌های تمرینی انجام می‌دادند و گروه شاهد بدون فعالیت بدنی منظم بود.

ارزیابی تعادل: با استفاده از تست سازماندهی حسی (SOT یا Sensory Organization Test) برای هر سه گروه توسط سیستم پوسچروگرافی سیناپسیس® (Synapsis Posturography System®: SPS®, version 3.0, SYNAPSIS, Marseille, France، فرانسه) مستقر در مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی- عضلانی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، سهم مشارکت اجزای حسی سیستم کنترل قامت (بینایی، دهلیزی، حسی- عمقی) یک روز قبل از شروع برنامه تمرین در آب و تمرین با اسب اندازه‌گیری گردید. قبل از شروع مطالعه، سیستم کالیبره شد و با هدف کاهش خطای آزمونگر، تحقیقات مقدماتی بر روی ۳ خانم سالمند بدون علامت صورت گرفت. این دستگاه مجهز به پلتفرم انتقالی و قادر به حرکت به سمت جلو و عقب می‌باشد و واکنش تعادلی فرد به آشفتگی‌های پوسچرالی که توسط دستگاه ایجاد می‌شود را اندازه‌گیری می‌کند. پاسخ‌های پوسچرال برای بازگرداندن تعادل بر اساس اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های مرکز فشار در سطوح قدامی- خلفی و میانی- جانبی بر حسب میلی‌متر ارزیابی شد (۲۸، ۲۷).

بر اساس داده‌های پوسچروگراف، سهم مشارکت اجزای حسی سیستم کنترل قامت (بینایی، دهلیزی، حسی- عمقی) و تعادل ایستا اندازه‌گیری می‌شود. نحوه اجرای آزمون بدین صورت بود که از آزمودنی‌ها درخواست شد تا در وضعیت ایستاده، دست‌ها کنار بدن و با پای برهنه و بدون حرکت بر روی پلتفرم دستگاه قرار گیرند. پاها مطابق با نشانه‌های تعیین شده، پاشنه‌ها با فاصله ۲ سانتی‌متر و زاویه ۳۰ درجه از هم و مطابق با اندازه پا بود. همچنین، اطلاعاتی مانند سن، قد، وزن و اندازه پا نیز در دستگاه برای هر آزمودنی تعریف گردید. هدف در طول اجرای آزمون‌ها، پایدار ماندن تا حد امکان بود. SOT، آزمون استانداردی به منظور اندازه‌گیری مشارکت سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حسی- عمقی در طول پاسخ به شش وضعیت در شرایط حسی است که در هر بخش یکی از حواس مرتبط با تعادل مورد بررسی قرار می‌گیرد. این تست از طریق اندازه‌گیری نوسان وضعیتی در دو جهت قدامی- خلفی و میانی- جانبی انجام می‌شود و کمی کردن توانایی فرد در استفاده از سیستم‌های حسی مختلف برای حفظ تعادل در وضعیت ایستاده طراحی شده است.

در مطالعه حاضر، ارزیابی تعادل ایستا شامل شش آزمون بود. آزمون اول در وضعیتی که فرد با چشمانی باز، پاهای برهنه، دست‌ها در کنار بدن و بر روی سطح سختی بر روی دو پا ایستاد و نوسانات پایه (Normal body sway) اندازه‌گیری شد. آزمون دوم، مشابه آزمون اول و با چشمان بسته اجرا شد. برای اطمینان از عدم بازخورد بینایی، از چشم‌بند استفاده گردید و از فرد درخواست شد موقعیت خود را تا حد امکان تثبیت کند. در آزمون سوم، در حالی که چشم‌ها باز بود، محرک بینایی در حال حرکت (تار عنکبوت) توسط یک سیستم نمایش تصویری در یک اتاق کاملاً تاریک اجرا گردید. این آزمون را بینایی مخدوش شده می‌نامند؛ چرا که نشانه‌های بینایی گمراه‌کننده ای از موقعیت بدن در فضا ارایه می‌شود. وضعیت در آزمون‌های ۴، ۵ و ۶ مشابه آزمون‌های ۱، ۲ و ۳ بود، فقط اطلاعات مربوط به سیستم حسی- عمقی با استفاده از یک تشک فوم (۵/۵ × ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) که بر روی سطح سفت سکو نصب شد، مخدوش گردید. به عبارت دیگر، آزمون چهارم مشابه آزمون اول، ایستاده بر روی فوم با چشمانی باز، آزمون پنجم، ایستاده بر روی فوم با چشمانی بسته و آزمون ششم، ایستاده بر روی فوم با بینایی مخدوش شده (ایجاد نشانه‌های بینایی گمراه‌کننده) اجرا شد. توالی اجرای آزمون‌ها بر اساس تنظیمات دستگاه پوسچروگراف برای همه به طور یکسان اجرا گردید. مدت زمان هر آزمون ۲۰ ثانیه بود و هر آزمون دو بار تکرار شد. مدت زمان استراحت بین هر تکرار، ۱۰ ثانیه و بین هر آزمون، ۳۰ ثانیه بر روی دستگاه بود. آزمودنی بعد از انجام کامل SOT از دستگاه خارج شد.

نمرات محاسبه شده از SOT شامل نمره حسی- عمقی (مقادیر آزمون دوم تقسیم بر مقادیر آزمون اول)، نمره بینایی (مقادیر آزمون چهارم تقسیم بر مقادیر آزمون اول) و نمره دهلیزی (مقادیر آزمون پنجم تقسیم بر مقادیر آزمون اول) بود. تعادل کل، نمره‌ای کلی است که مقادیر همه آزمون‌ها را به همراه آزمون محدوده پایداری در نظر می‌گیرد و توانایی آزمودنی را برای استفاده از ورودی‌های حسی جهت حفظ تعادل خودارزیابی می‌کند. تمامی تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیستم پوسچروگرافی انجام شد.

تمرین در آب: شرکت‌کنندگان گروه تمرین در آب به مدت هشت هفته و هفته‌ای ۲ جلسه به مدت ۵۰ دقیقه در پروتکل تمرین در آب شرکت نمودند. در این مدت، افراد گروه شاهد به زندگی معمولی خود ادامه دادند. یک روز پس از پایان پروتکل تمرینی، هر دو گروه مجدد در آزمون‌های مذکور شرکت نمودند.

برای انجام پروتکل تمرین در آب طبق تحقیقات پیشین، شدت تمرین برابر با ۷۵-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه (۲۹) بود. درجه حرارت آب ۲۸ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در طول مداخلات تمرینی مطابق با اصل اضافه بار، سطوح دشواری پیش رونده‌ای در هر کدام از تمرینات در نظر گرفته شد که در جدول ۱ ارایه شده است. تمام برنامه‌های تمرینی توسط متخصص ورزشی (با مدرک علوم ورزشی) که در ورزش در آب دارای مربیگری درجه ۳ بود، صورت گرفت.

از آمار توصیفی جهت توصیف داده‌ها، آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، آزمون Paired t به منظور مقایسه‌های درون‌گروهی و آزمون Independent t جهت بررسی تفاوت بین‌گروهی استفاده گردید. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ (version 23, IBM Corporation, Armonk, NY) و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

۳۰ شرکت‌کننده در سه گروه ۱۰ نفره تمرین در آب، تمرین با اسب و شاهد قرار گرفتند. همه شرکت‌کنندگان در هر گروه، تمامی مراحل مطالعه را به پایان رساندند (نرخ ریزش برابر با صفر درصد). نتایج آزمون Shapiro-Wilk نشان داد که تمام متغیرهای مورد بررسی از توزیع طبیعی پیروی می‌کرد ($P > ۰/۰۵$)؛ از این‌رو، از آزمون‌های آماری پارامتریک برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. در جدول ۲ اطلاعات دموگرافیک گروه‌ها ارایه شده است.

تفاوت معنی‌داری بین میانگین متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (Body mass index یا BMI) دو گروه در مرحله پیش‌آزمون وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$). همچنین، مطابق با داده‌های جدول ۳، نتایج مقایسه درون‌گروهی (آزمون Paired t) نشان داد که در گروه شاهد در پایان مدت طرح، هیچ تغییر معنی‌داری در متغیرهای مورد اندازه‌گیری نسبت به ارزیابی قبل از شروع مطالعه وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$).

جدول ۱. پروتکل تمرینی ورزش در آب

مرحله	تمرین	تکرار- مسافت
گرم کردن	ورود به آب، هل دادن آب بادست وپاها همراه با راه رفتن، گام برداری به پهلو (چپ و راست)، گام برداری به جلو و عقب،	۵۰ تا ۲۰۰ متر (۲ تا ۸ عرض
(۱۰ دقیقه)	گام برداری با حرکت ضربدری پاها به پهلو (چپ و راست)، نشستن و برخاستن همراه با حرکات چرخشی دست	۲۵ متری استخر)
فعالیت مربوط به برنامه	راه رفتن با گام های کشیده	۵۰ تا ۲۰۰ متر
اصلی (۳۰ دقیقه)	راه رفتن به جلو ـ عقب با انجام حرکات سر (خم و صاف کردن، خم کردن جانبی، و چرخش به دو طرف) همراه با حرکات دست به صورت هماهنگ	۵۰ تا ۲۰۰ متر
	گام برداری نظامی (درجا)	۵۰ تا ۲۰۰ متر
	ایستادن روی یک پا	۳۰-۶۰ ثانیه (۲-۴ تکرار)
	ایستادن روی پنجه یک پا با چشمان باز و بسته	۳۰-۶۰ ثانیه (۲-۴ تکرار)
	ایستادن روی یک پا با انجام حرکات سر (خم و صاف کردن، خم کردن جانبی، و چرخش به دو طرف) با چشمان باز و بسته	۳۰-۶۰ ثانیه (۲-۴ تکرار)
	ایستادن روی یک پا و حرکت دست ها به بالا با چشمان باز و بسته	۳۰-۶۰ ثانیه (۲-۴ تکرار)
	ایستادن روی یک پا انجام حرکت 8 با پای دیگر با چشم باز و بسته	۸-۱۵ تکرار
	ایستادن روی یک پا و خم و باز کردن مفصل ران پای دیگر و هم زمان حرکت دست ها با چشمان باز و بسته	۳۰-۶۰ ثانیه (۲-۴ تکرار)
	راه رفتن در جهت ها و با سرعت های مختلف و حرکت دست ها در تمام جهات	۵۰ تا ۲۰۰ متر
	راه رفتن در جهت ها و با سرعت های مختلف و بالا بردن دست ها به صورت غیرقابل پیش بینی بافرمان مربی	۵۰ تا ۲۰۰ متر
	تغییر جهت به صورت غیرقابل پیش بینی بافرمان مربی	۵۰ تا ۲۰۰ متر
	راه رفتن به جلو عقب با انجام حرکات سر و دست به صورت هماهنگ (خم و باز کردن)	۵۰ تا ۲۰۰ متر
	راه رفتن به پهلو با انجام حرکات سر و دست به صورت هماهنگ (حرکات چرخشی)	۵۰ تا ۲۰۰ متر
	چرخش تنه همراه با جابجا کردن آب توسط دست ها	۸-۱۵ تکرار
	خم و باز کردن ران به حالت نیمه نشسته	۸-۱۵ تکرار
	حرکت های فلکشن ـ اکستنشن، ابداکشن ـ اداکشن و روتیشن مفصل های شانه، آرنج، مچ دست، ران، زانو و مچ پا با توجه به درجه آزادی هر مفصل	هر مفصل ۸-۱۵ تکرار
	حرکت اسکات	۸-۱۵ تکرار
	حرکت اسکات همراه با راه رفتن به پهلو (چپ و راست)	۸-۱۵ تکرار
	حرکت اسکات روی پنجه همراه با راه رفتن به پهلو (چپ و راست)	۸-۱۵ تکرار
	حرکت پروانه با چشمان باز و بسته	۸-۱۵ تکرار
	حرکت مترسک چوبی با چشمان باز و بسته	۸-۱۵ تکرار
سرد کردن (۱۰ دقیقه)	راه رفتن آرام همراه با کشیدن نفس های عمیق، انجام حرکات کششی دست وپا، خوابیدن روی آب	۵۰ تا ۲۰۰ متر

نتایج آزمون Paired t در گروه تمرین در آب نشان داد که تفاوت معنی‌داری در متغیرهای دهلیزی، حسی- عمقی و تعادل کل قدامی- خلفی و میانی- جانبی وجود داشت (P = ۰/۰۰۱)؛ در حالی که تغییر معنی‌داری در سایر متغیرها مشاهده نشد.

مطابق با جدول ۴، مقایسه بین‌گروهی (آزمون Independent t) بین متغیرهای اندازه‌گیری نشان داد که هیچ تفاوت معنی‌داری در مرحله پیش‌آزمون بین گروه‌های تمرین در آب و شاهد وجود نداشت (P > ۰/۰۵۰). نتایج مقایسه بین‌گروهی در مرحله پس‌آزمون نیز حاکی از آن بود که در متغیرهای دهلیزی قدامی- خلفی، حسی- عمقی و قدامی- خلفی (P = ۰/۰۰۱) و میانی- جانبی (P = ۰/۰۰۱ برای همه) تفاوت معنی‌داری بین گروه تمرین در آب و گروه شاهد وجود داشت، اما تفاوت معنی‌داری در متغیرهای دهلیزی میانی- جانبی (P = ۰/۰۶۷)، بینایی قدامی- خلفی (P = ۰/۵۴۳) و بینایی میانی- جانبی (P = ۰/۸۴۶) بین گروه‌های تمرین در آب و شاهد مشاهده نشد.

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرهای دموگرفیک شرکت‌کنندگان

متغیر	گروه	تعداد نمونه	میانگین ± انحراف معیار	مقدار P
سن (سال)	تمرین در آب	۱۰	۶۶/۲۱ ± ۵/۰۴	۰/۳۸
	شاهد	۱۰	۶۴/۹۸ ± ۵/۳۷	
قد (متر)	تمرین در آب	۱۰	۱۶۱/۹۰ ± ۶/۴۳	۰/۳۱
	شاهد	۱۰	۱۶۳/۲۱ ± ۴/۲۱	
وزن (کیلوگرم)	تمرین در آب	۱۰	۶۵/۴۰ ± ۷/۱۲	۰/۲۷
	شاهد	۱۰	۶۶/۳۸ ± ۸/۳۷	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	تمرین در آب	۱۰	۲۴/۹۷ ± ۴/۱۳	۰/۵۲
	شاهد	۱۰	۲۴/۹۳ ± ۴/۵۸	

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۳. نتایج آزمون Paired t متغیرهای اندازه‌گیری در گروه‌های شرکت‌کننده

گروه	متغیر (میلی‌متر)	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	آماره T	درجه آزادی	مقدار P
شاهد	بینایی قدامی- خلفی	۹۵/۳۳ ± ۴/۶۴	۹۵/۶۶ ± ۴/۰۱	۰/۴۳	۹	۰/۶۸۰
	بینایی میانی- جانبی	۹۳/۴۱ ± ۵/۰۳	۹۳/۶۱ ± ۴/۵۳	۰/۲۳	۹	۰/۸۲۰
	دهلیزی قدامی- خلفی	۷۸/۲۱ ± ۶/۳۹	۷۹/۹۰ ± ۵/۳۰	۰/۲۱	۹	۰/۸۴۰
	دهلیزی میانی- جانبی	۸۲/۵۰ ± ۶/۴۸	۸۱/۲۰ ± ۵/۹۲	۰/۱۶	۹	۰/۸۷۰
	حسی عمقی قدامی- خلفی	۶۹/۲۰ ± ۷/۸۸	۷۰/۶۶ ± ۶/۶۹	۱/۴۰	۹	۰/۱۹۰
	حسی عمقی میانی- جانبی	۷۴/۵۰ ± ۷/۷۲	۷۵/۶۶ ± ۷/۲۹	۰/۶۲	۹	۰/۵۵۰
	تعادل کل قدامی- خلفی	۶۸/۷۳ ± ۶/۳۲	۶۹/۴۱ ± ۷/۸۳	۰/۵۰	۹	۰/۶۳۰
	تعادل کل میانی- جانبی	۷۳/۶۶ ± ۴/۴۸	۷۴/۳۰ ± ۶/۴۸	۰/۸۳	۹	۰/۴۳۰
تمرین در آب	بینایی قدامی- خلفی	۹۵/۷۰ ± ۴/۵۹	۹۶/۶۹ ± ۳/۹۸	۱/۴۳	۹	۰/۱۹۰
	بینایی میانی- جانبی	۹۲/۶۰ ± ۴/۸۹	۹۳/۹۱ ± ۵/۲۶	۱/۳۵	۹	۰/۲۱۰
	دهلیزی قدامی- خلفی	۷۹/۶۰ ± ۶/۹۴	۹۲/۶۰ ± ۵/۲۸	۷/۹۸	۹	۰/۰۰۱
	دهلیزی میانی- جانبی	۸۳/۷۰ ± ۴/۱۲	۸۶/۵۰ ± ۵/۷۴	۱/۹۴	۹	۰/۰۸۰
	حسی عمقی قدامی- خلفی	۶۸/۷۵ ± ۷/۹۵	۹۶/۲۰ ± ۳/۱۵	۲۲/۸۶	۹	۰/۰۰۱
	حسی عمقی میانی- جانبی	۷۷/۵۸ ± ۷/۱۸	۹۴/۸۵ ± ۳/۰۱	۸/۵۷	۹	۰/۰۰۱
	تعادل کل قدامی- خلفی	۶۹/۸۱ ± ۵/۶۹	۸۶/۷۰ ± ۶/۵۶	۵/۶۸	۹	۰/۰۰۱
	تعادل کل میانی- جانبی	۷۲/۳۸ ± ۴/۰۱	۸۴/۱۸ ± ۵/۹۶	۵/۲۸	۹	۰/۰۰۱

بحث

تغییرات آناتومیکی و فیزیولوژیکی ناشی از سیر طبیعی سالمندی، تأثیر منفی بر عملکرد تعادلی بدن در کنترل پاسچر می‌گذارد و عملکرد طبیعی سیستم‌های عصبی- عضلانی و حسی عمقی را تضعیف می‌کند و باعث بروز حوادثی مانند زمین خوردن می‌شود (۵). به همین منظور، در پژوهش حاضر، اثرات تمرین در آب بر میزان مشارکت اجزای حسی سیستم کنترل‌کننده تعادل زنان سالمند با ۱۶ جلسه برنامه تمرینی (دو جلسه در ۸ هفته به مدت ۵۰ دقیقه) اجرا شد.

رویکرد مطالعه، بررسی عملکرد تعادلی با تأکید بر تحلیل شاخص‌های مرتبط با آن همچون سیستم‌های حسی عمقی، دهلیزی و بینایی بود. در تحقیق حاضر، با استفاده از دستگاه پاسچروگرافی سیناپسیس®، سهم مشارکت سیستم‌های حسی (بینایی، دهلیزی و حسی عمقی) در کنترل تعادل ایستا در جهات قدامی- خلفی و میانی- جانبی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج، بهبود معنی‌دار عملکرد سیستم‌های حسی عمقی، دهلیزی را در تعادل ایستا نشان داد، اما تأثیری در عملکرد سیستم بینایی در کنترل تعادل ایستا مشاهده نشد.

جدول ۴. نتایج آزمون Independent t متغیرهای اندازه‌گیری در گروه‌های شرکت‌کننده

متغیر (میلی‌متر)	مرحله	گروه (i)	گروه (j)	تفاوت میانگین دو گروه (i-j)	آماره T	درجه آزادی	مقدار P
بینایی قدامی- خلفی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۰/۵	۰/۳۱	۱۸	۰/۷۶۱
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۰/۹	۰/۶۲	۱۸	۰/۵۴۳
بینایی میانی- جانبی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۰/۸	۰/۴۰	۱۸	۰/۶۹۶
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۰/۳	۰/۲۰	۱۸	۰/۸۴۶
دهلیزی قدامی- خلفی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۱/۴	۰/۹۶	۱۸	۰/۳۵۱
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۱۴/۲	۷/۲۰	۱۸	۰/۰۰۱
دهلیزی میانی- جانبی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۰/۹	۰/۵۳	۱۸	۰/۶۰۵
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۴/۷	۱/۹۵	۱۸	۰/۰۶۷
حسی عمقی قدامی-خلفی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۰/۷	۰/۴۰	۱۸	۰/۶۹۴
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۲۶/۱	۱۶/۹۸	۱۸	۰/۰۰۱
حسی عمقی میانی- جانبی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۲/۹	۱/۶۳	۱۸	۰/۱۱۹
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۱۸/۱	۱۰/۹۲	۱۸	۰/۰۰۱
تعادل کل قدامی- خلفی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۰/۳	۰/۱۳	۱۸	۰/۸۹۵
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۱۷/۳	۶/۷۰	۱۸	۰/۰۰۱
تعادل کل میانی- جانبی	پیش‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۱/۱	۰/۵۵	۱۸	۰/۵۸۸
	پس‌آزمون	تمرین در آب	شاهد	۹/۶	۳/۹۹	۱۸	۰/۰۰۱

http://jrrs.mui.ac.ir

در پژوهش حاضر، برنامه تمرین در آب به گونه‌ای طراحی شد که نیمی از تمرینات در بخش کم‌عمق (زنجیره حرکتی بسته) و نیمی در بخش عمیق (زنجیره حرکتی باز) با بستن کمربند نودل اجرا شود. در بخش کم‌عمق، آب در حد سینه بود و به شرکت‌کنندگان اجازه می‌داد با کنترل تحمل وزن بر روی مفاصل، سرعت حرکات را افزایش دهند و مفاصل را در کل دامنه حرکتی و در جهات مختلف با توجه به درجه آزادی مفصل تمرین دهند. در واقع، بخش کم‌عمق آب، خاصیت شناوری را کاهش و نیروی عکس‌العمل زمین را افزایش می‌دهد؛ در حالی که خاصیت شناوری و غوطه‌وری در بخش عمیق آب زیاد می‌باشد. در نتیجه، الگوی عصبی- عضلانی عضلات فعال در بخش‌های مختلف استخر متفاوت است (۳۰).

یکی از نتایج مطالعه حاضر، به بهبود تعادل ایستا در زنان سالمند پس از یک برنامه تمرین در آب اشاره دارد که با تحقیقات پیشین (۳۳-۳۱، ۲۵، ۲۳) همسو است. هرچند به نظر می‌رسد که تأثیر تمرین در آب بر استراتژی‌های بازیابی تعادل در مردان (۳۴، ۳۱) و زنان سالمند (۳۵، ۳۲) متفاوت باشد، اما بخشی از تفاوت گزارش شده در پژوهش‌های مذکور می‌تواند به دلیل تفاوت در نحوه ارزیابی خطر سقوط با استفاده از تجهیزات پیشرفته آنالیز حرکت (۳۴) یا آزمون‌های بالینی (۳۷، ۳۶، ۳۲) باشد. به هر حال، یافته‌های مطالعات پیشین به طور ضمنی به تفاوت احتمالی اثربخشی این تمرینات در زنان و مردان اشاره دارد که یکی از دلایل انجام تحقیق حاضر در زنان سالمند بود. نکته جالب این که بر اساس پژوهش‌های پیشین، وضعیت شناختی شرکت‌کنندگان (۳۶) و یا ابتلا به استئوآرتریت مفصل زانو (۳۸)، این تأثیر را تضعیف نمی‌کند. البته بر خلاف سالمندان بدون علامت (۳۹)، بهبود تعادل ایستا به دنبال ورزش در بخش کم‌عمق استخر برای افراد دارای استئوآرتریت زانو بیش از ورزش در بخش‌های عمیق آن (۳۸) گزارش شده است.

از سوی دیگر، نتایج مطالعه حاضر با بخشی از یافته‌های برخی محققان پیشین (۴۱، ۴۰، ۳۸) مغایرت داشت. به عنوان مثال، با وجود بهبود تعادل ایستا در آزمون زمان ایستادن تک پا و تعادل پویا (آزمون Y) در پای غالب در هر سه جهت، تعادل پویا در پای غیر غالب فقط در جهت قدامی بهبود نشان داد، اما در دو جهت خلفی بهبودی مشاهده نشد. این تناقضات را می‌توان به تفاوت در نوع تمرینات آموزش داده شده، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان، طول مدت تمرین و یا نوع آزمون مورد استفاده برای سنجش تعادل نسبت داد که مقایسه کمی یافته‌های آن‌ها را دشوار می‌کند.

تمرین در آب، ورزشی منحصر به فرد است که علاوه بر به چالش کشیدن هم‌زمان آمادگی سیستم‌های تمرینات هوازی و قدرتی، محیطی امن و البته آرامش‌بخش را برای افراد سالمند فراهم می‌کند (۴۱). با کمک خاصیت شناوری آب (Buoyan) می‌توان به سه روش تمرینی کمک (Assistance)، حمایت (Support) و مقاومت (Resistance) به فرد آموزش داد؛ بدین صورت که فشار هیدرواستاتیک آب از بدن غوطه‌ور حمایت و محیطی با گرانش کمتر را ایجاد می‌کند که باعث کاهش خطر سقوط می‌شود (۴۲). از طرف دیگر، خاصیت چسبندگی (Viscosity) آب در برابر حرکات بدن، مقاومتی طبیعی اعمال می‌کند که باعث تقویت عملکرد عصبی- عضلانی در اجرای تمرینات ورزشی مختلف می‌شود (۴۳) و با افزایش زمان انجام حرکت و کاهش سرعت حرکت (۴۴)، زمان عکس‌العمل را افزایش می‌دهد (۴۳) و در نتیجه، افراد مدت زمان بیشتری جهت ایجاد پاسخ و عکس‌العمل در اختیار دارند (۴۴). همچنین، این خاصیت باعث می‌شود مقاومت عضلانی به کار گرفته شده ۱۰ برابر بیشتر از ورزش در هوا باشد که عاملی برای درگیری بیشتر قشر حرکتی مغز (تسهیل سیستم عصبی) است. در نتیجه، شلیک نورون‌های حرکتی و فعالیت قشر حرکتی مغز در افراد مسن افزایش می‌یابد. این امر همگام‌سازی واحدهای حرکتی و تحریک‌پذیری نورون‌های حرکتی را بهبود می‌بخشد که خود را به صورت افزایش قدرت عضلانی و نیز بهبود تعادل در افراد مسن نشان می‌دهد (۴۵). با بهبود قدرت عضلانی، حساسیت دوک‌های عضلانی و دیگر گیرنده‌های حسی حرکتی افزایش و در نهایت، کنترل عصبی- عضلانی بهبود می‌یابد و در یک چرخه بسته، با افزایش سرعت پاسخ‌های مکانیکی و فیزیولوژیکی، منجر به فعالیت نورون‌های حرکتی آلفا و گاما و تسهیل انقباض عضلانی می‌شود (۴۶).

اولین یکپارچگی حسی- حرکتی (Sensorimotor integration) جهت کنترل تعادل، مربوط به رفلکس کششی (Strech reflex) است که به واسطه دوک‌های عضلانی انجام می‌شود (۴۷). این رفلکس‌ها از طریق یک مدار بسیار ساده در طناب نخاعی، به سرعت در برابر تغییرات غیر منتظره طول عضله مقاومت می‌کند (۴۸) و از عملکردهای بی‌شماری (Myriad of functions) پشتیبانی می‌کند و بسیار انعطاف‌پذیر است. در شرایط طبیعی، رفلکس‌های کششی به واسطه فیزیولوژی محیطی (Peripheral physiology) شکل می‌گیرند و مدارهای عصبی موجود در طناب نخاعی، ساقه مغز و قشر مغز را درگیر می‌کنند (۴۹). هنگامی که یک عضله کشیده می‌شود، دوک عضلانی واقع در داخل عضله نیز کشیده می‌شود و سرعت شلیک عصبی آوران‌های دوک عضلانی افزایش می‌یابد (۵۰)، پس احتمال دارد که افزایش حساسیت دوک‌های عضلانی و بهبود کنترل عصبی- عضلانی، یکی از دلایل بهبود تعادل پس از تمرین در آب باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که به دنبال برنامه تمرین در آب، عملکرد سیستم حسی- عمقی بیش از سیستم‌های دهلیزی و بینایی بهبود یافت که با یافته‌های پژوهش کونته و همکاران (۵۱) مطابقت دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر، عملکرد سیستم دهلیزی پس از یک دوره تمرین در آب بهبود یافت. سیستم دهلیزی با مشارکت سیستم‌های بینایی و حسی عمقی، به طور قابل توجهی بر ابعاد چندگانه تعادل اثر می‌گذارد (۵۲). تغییرات در وضعیت سر و بدن به دلیل انجام حرکات فلکشن، اکستنشن، فلکشن جانبی و چرخش سر با چشمان باز و بسته و همچنین، تغییر جهت‌های ناگهانی در حین تمرین در آب، ممکن است بر سیستم تعادلی تأثیر بگذارد. اطلاعات عصبی حاصل شده، از گیرنده‌های کنترل‌کننده تعادل به مخچه منتقل می‌شود و دستورات صادر شده از مخچه به عضلات مختلف بدن تعادل را حفظ می‌کند (۵۳). حرکات مکرر چشم و سر و چرخش سر و شانه در حین تمرین در آب، اطلاعات مورد نیاز برای جهت‌دهی بدن در فضای مغز را به سیستم دهلیزی ارایه می‌نماید. به عبارت دیگر، هسته‌های دهلیزی وظیفه ادغام پیام‌های اندام‌های دهلیزی با سایر پیام‌های سیستم بینایی، مخچه و حتی نخاع را بر عهده دارند. با ادغام پیام‌های دریافتی در هسته‌های دهلیزی، این پیام‌ها به نواحی مختلف مغز شامل نواحی دهلیزی، تالاموس، قشر حسی عمقی، مخچه، نخاع و هسته‌های حرکتی چشمی ارسال می‌شوند (۵۴). این شبکه دهلیزی پیچیده به افراد کمک می‌کند تا بدن خود را از نظر گرانش به صورت فضایی جهت‌دهی کنند و تشخیص دهند که چه زمانی باید سر و بدن را بچرخانند. شاید یکی از دلایلی که به دنبال تمرین در آب، افراد سالمند به خصوص در صورت از دست دادن ناگهانی تعادل می‌توانند از نظر جهت‌گیری موقعیت مناسبی را پیدا

http://jrrs.mui.ac.ir

کنند و تعادل خود را بهبود بخشند، بهبود عملکرد سیستم دهلیزی به دنبال این تمرینات باشد. طبق تحقیقات انجام شده، تمرینات مکرر کنترل پاسچر در موقعیت‌های مختلف تمرین در آب، باعث می‌شود که سیستم دهلیزی (از طریق مسیرهای نزولی خود) به طور مستقیم و غیر مستقیم بر روی گروه‌های عضلانی اکستنسور تأثیر بگذارد تا وضعیت ایستاده را حفظ و تعادل را به طور رفلکسی در هنگام تغییرات غیر منتظره کنترل نماید (۵۵). به نظر می‌رسد که تمرین در آب، باعث تحریک آوران‌های پوستی می‌شود و ورودی‌های دهلیزی را تسهیل می‌کند و به همین دلیل، می‌توان از این تمرینات به منظور افزایش مخابره پیام‌های حسی به سطح مربوطه در سیستم عصبی مرکزی استفاده نمود (۵۶). در پژوهش‌های پیشین مشخص شده است که تمرین در آب در بیماران مبتلا به بیماری‌های دهلیزی، محیطی بسیار کارامد می‌باشد و با بهبود عملکرد سیستم دهلیزی، میزان بروز، شدت و طول مدت شکایت از سرگیجه کاهش می‌یابد (۵۷).

عدم معنی‌دار بودن نمرات سیستم بینایی در تعادل ایستا می‌تواند به دلیل بالا بودن نمره عملکرد این سیستم در آزمون‌های پوسچروگرافی باشد. به طور کلی، افراد مسن جهت کنترل تعادل، وابستگی بیشتری به ورودی‌های بینایی دارند و برای حفظ تعادل، به سیستم بینایی اتکای بیشتری می‌کنند (۵۸). در واقع، بینایی یکی از درون‌داده‌هایی است که می‌تواند کمبود حس‌های دیگر را جبران کند (۵۹). نتایج مطالعات نشان داده است که گیرنده‌های حسی که جهت‌گیری بدن را کنترل می‌کنند، در سالمندان حساسیت کمتری دارند (۱۰). این کاهش حساسیت با اتکای بیش از حد به بینایی جبران می‌شود (۶۰، ۵۸). اتکای بیش از حد به ورودی بینایی، ممکن است یک استراتژی جبرانی طبیعی به منظور مقابله با تعادل ضعیف در سالمندان باشد (۶۱). این مسأله بالا بودن نمره سیستم بینایی را توضیح می‌دهد و به همین دلیل، احتمالاً تغییرات نمره این سیستم معنی‌دار نشد.

محدودیت‌ها

از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم کنترل برخی از متغیرهای مخدوشگر همچون میزان خواب و میزان فعالیت قبل از جلسات ارزیابی اشاره کرد که ممکن بود بر پاسخ‌های آن‌ها هنگام انجام آزمون تأثیر بگذارد. همچنین، پژوهش تنها بر روی زنان انجام شد. با توجه به تفاوت شاخص‌های تعادل در زنان و مردان (۶۲)، نتایج مطالعه به مردان قابل تعمیم نیست.

پیشنهادها

با توجه به مزایای برنامه ورزش در آب بر تعادل زنان سالمند بدون علامت در مطالعه حاضر، احتمالاً می‌توان آن را برای بهبود کیفیت زندگی و آمادگی جسمانی در سالمندان پیشنهاد نمود. همچنین، مقایسه تأثیر ورزش در آب با سایر روش‌های بهبود تعادل در افراد سالمند بدون علامت و در افراد مبتلا به انواع بیماری‌های مرتبط با سیستم تعادل مطلوب خواهد بود.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد در زنان سالمند سالم، عملکرد سیستم حسی عمقی و سیستم دهلیزی پس از یک دوره تمرین در آب بهبود یافت و منجر به بهبود تعادل ایستا شد. کنترل تعادل شامل فعالیت های عصبی- عضلانی پیچیده‌ای است که به افراد اجازه می‌دهد تا تنظیمات وضعیتی سریع و دقیق را برای حفظ تعادل انجام دهند. بنابراین، بررسی عملکرد سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حس عمقی در کنترل تعادل ایستا، ممکن است به شناسایی نوع اختلال در افراد مختلف کمک کند. خطر اختلال در سیستم‌های کنترل تعادل، به پزشکان در انتخاب تمرینات بدنی هدفمند به منظور بهبود کنترل تعادل و توسعه و اجرای برنامه‌های شخصی و پیشگیری از سقوط برای افراد سالمند کمک می‌نماید. همچنین، خصوصیات فیزیکی آب (دما، شناوری، فشار هیدرواستاتیک و ویسکوزیته) می‌تواند محیطی ایمن، مؤثر و راحت را هنگام انجام ورزش برای افرادی که در تمرینات زمینی مشکل دارند، فراهم کند.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از رساله مقطع دکتری تخصصی رفتار حرکتی با کد اخلاق IR.IAU.NAJAFABAD.REC.1402.075 و کد ثبت کارآزمایی بالینی IRCT20230829059293N1، مصوب دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از کلیه آزمودنی‌های شرکت‌کننده در مطالعه، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی- عضلانی دانشکده علوم توان‌بخشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و استخر دانشگاه آزاد نجف‌آباد، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

نقش نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی مطالعه: ندا حمیدی

جذب منابع مالی برای انجام مطالعه: ندا حمیدی

خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه: ندا حمیدی، مهناز مروی اصفهانی، الهام عظیم‌زاده، زهرا سادات رضائیان

فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه: ندا حمیدی، مهناز مروی اصفهانی، زهرا سادات رضائیان

جمع‌آوری داده‌ها: ندا حمیدی، مهناز مروی اصفهانی

تحلیل و تفسیر نتایج: ندا حمیدی، مهناز مروی اصفهانی، فرناندو کوپتی، زهرا سادات رضائیان

خدمات تخصصی آمار: ندا حمیدی، مهناز مروی اصفهانی، زهرا سادات رضائیان

تنظیم دست‌نوشته: ندا حمیدی، الهام عظیم‌زاده، مهناز مروی اصفهانی، زهرا سادات رضائیان، فرناندو کوپتی

ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی: ندا حمیدی، الهام عظیم‌زاده، مهناز مروی اصفهانی، زهرا سادات رضائیان، فرناندو کوپتی

تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله: ندا حمیدی، الهام عظیم‌زاده، مهناز مروی اصفهانی، زهرا سادات رضائیان، فرناندو کوپتی

مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران: ندا حمیدی، الهام عظیم‌زاده، مهناز مروی اصفهانی، زهرا سادات رضائیان، فرناندو کوپتی

منابع مالی

پژوهش حاضر برگرفته از رساله مقطع دکتری تخصصی رفتار حرکتی با کد اخلاق IR.IAU.NAJAFABAD.REC.1402.075 و کد ثبت کارآزمایی بالینی IRCT20230829059293N1، مصوب دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد و بدون حمایت مالی تنظیم گردید. دانشگاه شهید بهشتی در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و

http://jrrs.mui.ac.ir

گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

به دلیل حجم اطلاعات استخراج شده، با نظر هیأت تحریریه مجله پژوهش در علوم توانبخشی، گزارش این بخش از مطالعه فوق در قالب دو مقاله متوالی صورت گرفت که به دلیل قوانین داخلی دانشگاه شهید بهشتی، از ذکر این بخش بندی در عنوان خودداری شد.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

References

1. Rodrigues LP, Teixeira VR, Alencar-Silva T, Simonassi-Paiva B, Pereira RW, Pogue R, et al. Hallmarks of aging and immunosenescence: connecting the dots. Cytokine & growth factor reviews. 2021;59:9-21.
2. Lockie RG, Dawes JJ, Kornhauser CL, Holmes RJ. Cross-sectional and retrospective cohort analysis of the effects of age on flexibility, strength endurance, lower-body power, and aerobic fitness in law enforcement officers. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2019;33(2):451-8.
3. Kanekar N ,Aruin AS. Aging and balance control in response to external perturbations: role of anticipatory and compensatory postural mechanisms. Age. 2014;36:1067-77.
4. Alcock L, O'Brien T, Vanicek N, editors. The effect of age on the somatosensory, visual and vestibular contributions to the maintenance of postural equilibrium. XXV Congress of the International Society of Biomechanics; 2015: Newcastle University.
5. Michalska J, Kamieniarz A, Sobota G, Stania M, Juras G, Słomka KJ. Age-related changes in postural control in older women: Transitional tasks in step initiation. BMC geriatrics. 2021;21:1-9.
6. Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ. Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. Journal of the American Geriatrics Society. 2000;48(8):883-93.
7. Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. Journal of neurophysiology. 1996;75(6):2334-43.
8. Paillard T. Relationship between muscle function ,muscle typology and postural performance according to different postural conditions in young and older adults. Frontiers in Physiology. 2017;8:281498.
9. Manchester D, Woollacott M, Zederbauer-Hylton N, Marin O. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. Journal of gerontology. 1989;44(4):M118-M27.
10. Goble DJ, Coxon JP, Wenderoth N, Van Impe A, Swinnen SP. Proprioceptive sensibility in the elderly: degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2009;33(3):271-8.
11. Wade MG, Jones G. The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture. Physical therapy. 1997;77(6):619-28.
12. Angelaki DE, Cullen KE. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. Annu Rev Neurosci. 2008;31:125-50.
13. Coppé J-P, Desprez P-Y, Krtolica A, Campisi J. The senescence-associated secretory phenotype: the dark side of tumor suppression. Annual review of pathology: mechanisms of disease. 201.۱۱۸-۵:۹۹;۰
14. Ha V-AT, Nguyen TN, Nguyen TX, Nguyen HTT, Nguyen TTH, Nguyen AT, et al. Prevalence and factors associated with falls among older outpatients. International journal of environmental research and public health. 2021;18(8):4041.
15. Geigle PR, Cheek Jr WL, Gould ML, Hunt III CH, Shafiq B. Aquatic physical therapy for balance: the interaction of somatosensory and hydrodynamic principles. The Journal of Aquatic Physical Therapy. 1997;5(1):4-10.
16. Kim Y, Vakula MN, Waller B, Bressel E. A systematic review and meta-analysis comparing the effect of aquatic and land exercise on dynamic balance in older adults. BMC geriatrics. 2020;20:1-14.
17. 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.
18. Karaçal R, Sarı C. Hydrotherapy for Fall Prevention In Elderly Individuals. Experimental and Applied Medical Science.4(1):469-75.
19. Becker BE. Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. Pm&r. 2009;1(9): 859-72.

20. Verhagen AP, Cardoso JR, Bierma-Zeinstra SM. Aquatic exercise & balneotherapy in musculoskeletal conditions. Best Practice & Research Clinical Rheumatology. 2012;26(3):335-43.
21. Miyoshi T, Shirota T, Yamamoto S-I, Nakazawa K, Akai M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. Disability and Rehabilitation. 2004;26(12):724-32.
22. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? Sports medicine. 2006;36:747-65.
23. Alikhajeh Y, Hosseini SRA, Moghaddam A. Effects of hydrotherapy in static and dynamic balance among elderly men. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2012;46:2220-4.
24. Ferreira DL, Campos DM, Vassimon-Barroso V, de Oliveira JC, Souza IS, Christofoletti G, et al. Aquatic exercise training for falls and potentially modifiable risk factors of falls in older people: A blinded randomized controlled trial protocol. European Journal of Integrative Medicine. 2020;39.
25. Morris DM. Aquatic therapy to improve balance dysfunction in older adults. Topics in Geriatric Rehabilitation. 2010;26(2):104-19.
26. Eslait FJG, Triviño PAE, Vergara YVG, García MAM, Gutiérrez VFL. Implementation outcomes of a sensory integration therapy program with computerized dynamic posturography in patients with balance and sensory dysfunction. Journal of Otology. 2023;18(1):26-32.
27. Fawzan S, Kozou H, Baki F, Asal S. Fall risk assessment and effect of vestibular rehabilitation in the elderly population. The Egyptian Journal of Otolaryngology. 2022;38(1):88.
28. Abdelmotaleb H, Sobhy O, Bassiouny M, Elsherif M. Evaluation of postural stability and vestibulo-ocular reflex in adults with chronic suppurative otitis media. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2023;280(2): 897-905.
29. Vasconcelos BB, Protzen GV, Galliano LM, Kirk C, Del Vecchio FB. Effects of high-intensity interval training in combat sports: a systematic review with meta-analysis. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020;34(3):888-900.
30. Beyranvand R, Sahebozamani M, Daneshjoo A. The effect of 8-week aquatic exercise on postural control and balance recovery strategy of elderly men. MED SPORT. 2018;71:284-95.
31. Jain PP, Kanase SB, Rainak A. Effect of Aquatic Exercises on Postural Control in Elderly population. NeuroQuantology. 2022;20(16):5349.
32. Resende SM, Rassi CM. Effects of hydrotherapy in balance and prevention of falls among elderly women. Brazilian Journal of Physical Therapy. 2008;12:57-6.۳
33. So BC, Kwok MM, Fung VC, Kwok AH, Lau CW, Alison L, et al. A study comparing gait and lower limb muscle activity during aquatic treadmill running with different water depth and land treadmill running. Journal of Human Kinetics. 2022;82(1):39-50.
34. Beyranvand R, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Seyedjafari E. Assessment and comparison the effect of exercise in different depth of water on postural stability and balance recovery strategies of older people: a clinical trial. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023;11(6):1002-15.
35. Bento PCB, Lopes MdFA, Cebolla EC, Wolf R, Rodacki AL. Effects of water-based training on static and dynamic balance of older women. Rejuvenation research. 2015;18(4):326-31.
36. Nahand MS, Najafababdi MG, Naghdi N, Sheikh M, Shaw BS. Effect of combined aquatic and cognitive training on quality of life, fall self-efficacy, and motor performance in aged with varying cognitive status: a proof-of-concept study. Journal of exercise rehabilitation. 2020;16(2):148.
37. Kang K-J, Lee J-S, Yang J-O, Park J-S, Han K-H. Effect of aquatic walking exercise on gait and balance parameters of elderly women. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2020;30(1):73-81.
38. 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.
39. KohanzadehBajestan Z, Ghasemi A, Naeimikia M .The Effect of 8 Weeks Shallow and Deep Water Exercises on Static Balance and Dynamic Balance of Elderly Women. SOREN Student Sports & Health Open Researches E-Journal: New-Approaches. 2021;2(1): 31–7.
40. Azimzadeh E, Aslankhani MA, Shojaei M, Salavati M .Effect of hydrotherapy on static and dynamic balance in older adults: Comparison of perturbed and non-perturbed programs. Iranian Journal of Ageing. 2013;7(4):27-34.

http://jrrs.mui.ac.ir

41. 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.
42. Carregaro RL, Toledo AMd. Efeitos fisiológicos e evidências científicas da eficácia da fisioterapia aquática. Revista movimenta. 2008;1(1.(
43. Cugusi L, Manca A, Bergamin M, Di Blasio A, Monticone M, Deriu F, et al. Aquatic exercise improves motor impairments in people with Parkinson's disease, with similar or greater benefits than land-based exercise: a systematic review .Journal of physiotherapy. 2019;65(2):65-74.
44. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement: John wiley & sons; 2009.
45. Behm DG, Anderson KG. The role of instability with resistance training. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2006;20(3):716-22.
46. Punakallio A. Balance abilities of workers in physically demanding jobs with special reference to firefighters of different ages (Tasapainon hallinta fyysisesti kuormittavaa työtä tekevillä, erityisesti eri-ikäisillä palomiehillä): Kuopion yliopisto; 2004.
47. Aflalo J, Quijoux F, Truong C, Bertin-Hugault F, Ricard D. Impact of sensory afferences in postural control quantified by force platform: a protocol for systematic review. Journal of personalized medicine. 2022;12(8):1319.
48. Bhattacharyya KB. The stretch reflex and the contributions of C David Marsden. Annals of Indian Academy of Neurology. 2017;20(1):1-4.
49. Reschechtko S, Pruszynski JA. Stretch reflexes. Current Biology. 2020;30(18):R1025-R30.
50. Eccles RM, Lundberg A. Supraspinal control of interneurones mediating spinal reflexes. The Journal of physiology. 1959;147(3):565.
51. Conte A, Khan N, Defazio G, Rothwell JC, Berardelli A. Pathophysiology of somatosensory abnormalities in Parkinson disease. Nature Reviews Neurology. 2013;9(12):687-97.
52. Feshki F, Banaeifar A, Kasbparast M. The effects of a 6-week selected balance and cawthorne-cooksey exercises on static balance and mobility in female patients with multiple sclerosis. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2020;10(3):169-76.
53. Abbaspourany M, Shariat Zadeh M, Lotfi G, Naghavi Alhoseini J. The effect of balance & strength exercise training on static balance and isometric strength in girl students with mental retardation. Motor Behavior. ۲٤۸-۳۳:(۲۳)۸;۰۱٦
54. Ribeiro AdSB, Pereira JS. Balance improvement and reduction of likelihood of falls in older women after Cawthorne and Cooksey exercises. Brazilian journal of otorhinolaryngology. 2005;71(1):38-46.
55. Pudjiastuti SS, Zubaidi A. Penggunaan Medial ARCH Support dan Keseimbangan Dinamis pada Kondisi Flat Foot. Interest: Jurnal Ilmu Kesehatan. 2012;1(1.(
56. Ruoti RG, Morris DM, Cole AJ. Aquatic rehabilitation. (No Title). 1997.
57. Pereira CMM, Vale JdSPd, Oliveira WPd, Pinto DdS, Cal RVR ,Azevedo YJd, et al. Aquatic physiotherapy: a vestibular rehabilitation option. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology. 2021;87:649-54.
58. Howcroft J, Lemaire ED, Kofman J, McIlroy WE. Elderly fall risk prediction using static posturography. PLoS one:(۲)۱۲;۲۰۱۷ .e0172398.
59. Gallahue DL. Understanding motor development: Infants, children. Adolescents. 1989:200-36.
60. Simoneau M, Teasdale N, Bourdin C, Bard C, Fleury M, Nougier V. Aging and postural control: postural perturbations caused by changing the visual anchor. Journal of the American Geriatrics Society. 1999;47(2): 235-40.
61. Bugnariu N, Fung J. Aging and selective sensorimotor strategies in the regulation of upright balance. Journal of neuroengineering and rehabilitation. 2007;4:1-7.
62. Puszczalowska-Lizis E, Bujas P, Jandzis S, Omorczyk J, Zak M. Inter-gender differences of balance indicators in persons 60–90 years of age. Clinical Interventions in Aging. 2018:903-12.

DOI: 10.48305/jrrs.2024.42839.1096 Published by Vesnu Publications

Contribution of the Sensory Systems to Static Balance following Exercise Training in Elderly Women (Part One: Aquatic Exercise): Quasi-experimental Study

Neda Hamidi[1], Elham Azimzadeh[2], Mahnaz Marvi Esfahani[3], Zahra Sadat Rezaeian[4], Fernando Copetti[5]

Original Article

Abstract

Introduction: Physiological changes induced by aging decreases balance and increases the risk of falls more specificaaly among women. The aim of present study was to investigate the effects of aquatic exercises on the engagement of sensory components of system that controls static balance in elderly women.

Materials and Methods: In this applied, semi-experimental study, with pre-test-post-test design and a control group, symptom-free elderly women of 60 to 70 years old were randomly assigned into aquatic, hippotherapy and control group (10 people each). The participation of sensory components of postural control system (visual, vestibular, somatosensory) in static balance was measured before and after 16 training sessions using the sensory organization test by the Synapsis® posturography system. The aquatic exercise group and the hippotherapy group participated in the relevant exercise protocol for 8 weeks, 2 sessions per week (50 minutes) and the control group continued their normal life. The data was analyzed using the paired T-test for intra-group comparisons and independent T-test to examine the between-group differences.

Results: The results showed that the aquatic exercise group had better performance in the post-test compared to the control group. Aquatic training significantly improved the vestibular system function in anterior-posterior direction, somatosensory system, static balance in anterior-posterior and medial-lateral directions in elderly women (P = 0.001 for all).

Conclusion: In general, aquatic exercise may be recommended as an alternative strategy in a safer environment for improving the participation of sensory components of the systems that controls static balance in elderly females.

Keywords: Sensory integration; Balance; Postural control; Elderly; Women; Aquatic exercise

Citation: Hamidi N, Azimzadeh E, Marvi Esfahani M, Rezaeian ZS, Copetti F. **Contribution of the Sensory Systems to Static Balance following Exercise Training in Elderly Women (Part One: Aquatic Exercise): A Quasi-experimental Study.** J Res Rehabil Sci 2023; 19.

Received date: 26.12.2023 Accept date: 31.01.2024 Published: 05.03.2024

1- PhD Candidate of Motor Behavior, Department of Behavioral and Cognitive Sciences and Technology in Sport, School of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2- PhD in Behavioral Behavior, Department of Behavioral and Cognitive Sciences and Technology in Sport, School of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3- PhD in Sports Biomechanics, Sports Medicine Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran
4- PhD in Physiotherapy, Musculoskeletal Research Center, Rehabilitation Research Institute and Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
5- PhD in Human Movement Sciences, Federal University of Santa Maria, the Center of Physical Education and Sports, Santa Maria, Brazil
Corresponding Author: Elham Azimzadeh; PhD in Behavioral Behavior, Department of Behavioral and Cognitive Sciences and Technology in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran; Email: e-azimzadeh@sbu.ac.ir