

## ***Relationship between Changes in Muscle Strength and Postural Sway after Eight Weeks Aquatic Exercise in Elderly People: A Clinical Trial***

Ramin Beyranvand<sup>1</sup>,  
Mansour Sahebozamani<sup>2</sup>,  
Abdolhamid Daneshjoo<sup>3</sup>,  
Ehsan Seyedjafari<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD in Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

<sup>4</sup> MSc in Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

(Received April 30, 2017 Accepted September 3, 2017)

### ***Abstract***

**Background and purpose:** Previous research has shown that improving lower extremity muscle strength plays an important role in prevention of falls in older people. The aim of this study was to investigate the relationship between the changes of lower extremity muscle strength and postural control ability in elderly after a hydrotherapy program.

**Materials and methods:** In a clinical trial, 30 elderly male were randomly selected and classified into intervention (mean age 65.4 years, mean height 169.3 cm, and mean weight 70.8 kg) and control groups (mean age 63.6 years, mean height 1688 cm, and mean weight 70.9 kg). The intervention group participated in an aquatic exercise program for 8 weeks while the control group had no intervention. Postural sway parameters and muscle strength were evaluated before and after the program using the Biodex balance system and hand held dynamometer (HHD) respectively. Pearson correlation test was used for data analysis ( $P \leq 0.05$ ).

**Results:** The results showed a significant relationship between the changes of plantar flexors muscle strength and postural control ability after the intervention ( $P < 0.05$ ), but this relationship was not significant in the case of other muscles ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion:** Compared with other lower extremity muscles, increase in plantar flexors muscle strength seems to have a major role in improving the postural control ability in elderly people. So, posterior muscles of the leg should be considered in planning exercises that aim at improving balance in older people.

(Clinical Trials Registry Number: IRCT2016031227022N1)

**Keywords:** muscle strength, postural balance, hydrotherapy, aged

## بررسی ارتباط بین تغییرات قدرت عضلانی و نوسانات پاسچر سالمندان پس از ۸ هفته تمرینات آبی: یک کار آزمایی بالینی

رامین بیرانوند<sup>۱</sup>

منصور صاحب‌الزمانی<sup>۲</sup>

عبدالحمید دانشجو<sup>۳</sup>

احسان سیدجعفری<sup>۴</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** تحقیقات پیشین حاکی از آن است که بهبود قدرت در عضلات اندام تحتانی، نقش مهمی در پیشگیری از زمین خوردن سالمندان دارد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی ارتباط بین تغییرات قدرت در عضلات اندام تحتانی و توانایی کنترل پاسچر سالمندان پس از یک دوره تمرینات آبی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این کار آزمایی بالینی، تعداد ۳۰ نفر از مردان سالمند به صورت تصادفی انتخاب شدند و در دو گروه تجربی و کنترل (به ترتیب با میانگین سنی ۶۵/۴ و ۶۳/۶ سال، قد ۱۶۹/۳ و ۱۶۸/۸ سانتی متر و وزن ۷۰/۸ و ۷۰/۹ کیلوگرم) قرار گرفتند. گروه تجربی به مدت ۸ هفته در یک برنامه تمرینات آبی شرکت کردند، در حالی که گروه کنترل هیچ گونه مداخله‌ای را دریافت نمی‌کردند. شاخص‌های نوسان پاسچر و قدرت عضلانی آزمودنی‌ها قبل و بعد از برنامه تمرینی به ترتیب با استفاده از سیستم تعادلی بایودکس و دستگاه دینامومتر دستی مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت از آزمون همبستگی پیرسون به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از تحقیق استفاده شد ( $P \leq 0/05$ ).

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان داد که متعاقب ۸ هفته تمرینات آبی، بین تغییرات صورت گرفته در قدرت عضلات پلاتنار فلکسور و توانایی کنترل پاسچر سالمندان ارتباط معنی داری وجود دارد ( $P < 0/05$ )؛ این در حالی است که ارتباط مذکور در مورد سایر عضلات مورد بررسی معنی دار نبود ( $P > 0/05$ ).

**استنتاج:** به نظر می‌رسد که افزایش قدرت در عضلات پلاتنار فلکسور نقش مهم‌تری در بهبود توانایی کنترل پاسچر سالمندان در مقایسه با سایر عضلات اندام تحتانی داشته باشد. بر همین اساس توصیه می‌شود که در برنامه‌ریزی‌های تمرینی جهت بهبود تعادل سالمندان، نقش ویژه‌ی عضلات خلفی ساق بیش‌تر مورد توجه قرار گیرد.

شماره ثبت کار آزمایی بالینی: IRCT۲۰۱۶۰۳۱۲۲۷۰۲۲N۱

**واژه‌های کلیدی:** قدرت عضلانی، کنترل پاسچر، تمرینات آبی، سالمند

### مقدمه

افزایش است، به طوری که پیش‌بینی می‌شود تعداد این افراد در سال ۲۰۵۰ به حدود ۲ میلیارد نفر برسد (۲). از آن‌جا که شیب سن سالمندی در کشور ایران نیز به مانند بسیاری از کشورهای دنیا تند است و گفته

بر اساس تعریف سازمان جهانی بهداشت، سالمندی به عنوان پشت سر گذاشتن دوران میانسالی و عبور از مرز ۶۰ سالگی شناخته می‌شود (۱). گزارشات حاکی از آن است که جمعیت سالمندان در جهان روز به روز در حال

Email: Ramin\_Beyranvand@yahoo.com

**مؤلف مسئول: رامین بیرانوند** - کرمان، میدان پژوهش، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۱. دکتری آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۲. استاد، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۳. استادیار، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۴. کارشناس ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۶/۶/۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۶/۱۲

معنی‌داری در توانایی کنترل پاسچر سالمندان می‌شود(۹).

تحقیقات مختلفی نیز تاکنون در زمینه بهبود توانایی کنترل پاسچر سالمندان ارائه شده که نشان می‌دهد تمرینات آبی یکی از بهترین تمریناتی هستند که در این زمینه می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد(۱۰، ۲۰)؛ اعتقاد بر آن است که تمرین در آب، محیطی را فراهم می‌کند که ضمن ایجاد مقاومت در برابر حرکات، به مفصل اجازه می‌دهد در همه جهات با مقاومتی قابل تنظیم مواجه باشند که منجر به افزایش قدرت در قسمت‌های مورد استفاده خواهد شد. در همین راستا محمدی و همکاران (۱۳۹۱) طی تحقیقی گزارش کردند که مشارکت سالمندان در اجرای ۸ هفته تمرینات آبی موجب افزایش ۳۷ درصدی در قدرت عضلات اندام تحتانی شده است(۱۹). یادگاری‌پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند که قدرت عضلات اندام تحتانی سالمندان پس از یک دوره برنامه تمرین در آب به شکل معنی‌داری بهبود یافته است(۲۱). هم چنین Lord و همکاران (۱۹۹۳) به نتایج مشابهی دست یافتند و گزارش کردند که اجرای تمرینات آبی در سالمندان می‌تواند قدرت عضلات اندام تحتانی را به شکل معنی‌داری بهبود ببخشد(۱۸).

با وجود این که نقش تمرینات آبی در بهبود قدرت عضلات اندام تحتانی غیرقابل انکار به نظر می‌رسد و این امر در تحقیقات پیشین به خوبی نشان داده شده است، با این حال هنوز این ابهام وجود دارد که در تمرینات آبی مذکور، تغییرات قدرت در کدام یک از گروه‌های عضلانی بیش‌ترین ارتباط را با بهبود توانایی کنترل پاسچر سالمندان دارد؟ با توجه به این که شناسایی چنین ارتباطی می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های آتی جهت پیشگیری از زمین خوردن سالمندان و هم چنین استفاده حداکثری از برنامه‌های تمرینی گردد، هدف از تحقیق حاضر بررسی ارتباط بین تغییرات قدرت در

می‌شود که طی ۴۰ سال آینده یک چهارم از جمعیت کشور را سالمندان تشکیل خواهند داد، توجه به مسائل و نیازهای این دوران یک ضرورت اجتماعی به شمار می‌رود(۳). در این بین، توجه به افتادن (Falling) و زمین خوردن سالمندان بسیار حائز اهمیت است چرا که این عوامل از بزرگ‌ترین مشکلاتی هستند که سلامتی افراد سالمند را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. زمین خوردن می‌تواند پیامدهای مختلفی را برای سالمندان در پی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به کاهش عملکرد و استقلال سالمندان در حین فعالیت‌های روزمره، ناتوانی‌های فیزیکی، روانی، اجتماعی و حتی مرگ اشاره کرد(۴). در همین راستا گزارش شده است که زمین خوردن به‌عنوان ششمین عامل مرگ‌ومیر در میان سالمندان بالای ۶۵ سال به شمار می‌رود(۵).

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که نقص تعادل یا کاهش توانایی کنترل پاسچر سالمندان که متعاقب برخی بیماری‌ها و یا در اثر فرایند سالمندی رخ می‌دهد، یکی از اصلی‌ترین عواملی است که می‌تواند به بروز عوارض ناگواری نظیر افتادن و زمین خوردن این افراد منجر شود(۶). به‌طور کلی، تعادل و کنترل پاسچر به‌عنوان توانایی نگهداری مرکز ثقل بدن درون سطح اتکا شناخته می‌شود که می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از زمین خوردن افراد هنگام راه رفتن (تعادل پویا) و یا ایستادن (تعادل ایستا) ایفا کند(۷). عوامل مختلفی در ایجاد تعادل و بهبود توانایی کنترل پاسچر نقش دارد که بر اساس تحقیقات پیشین به نظر می‌رسد قدرت عضلانی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عواملی به شمار می‌رود که قادر است توانایی کنترل پاسچر افراد را تحت تأثیر قرار دهد. در همین راستا، Ushiyama و Masani (۲۰۱۱) طی تحقیقی گزارش کردند که بین قدرت عضلات اندام تحتانی و میزان نوسانات مرکز ثقل سالمندان ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد(۸). McCurdy و Langford (۲۰۰۶) نیز طی تحقیقی گزارش کردند کاهش قدرت در عضلات خلفی ساق منجر به کاهش

به منظور اندازه گیری نوسانات قامتی آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر از دستگاه تعادلی Biodex (ICC  $\geq 0.79$ ) استفاده استفاده شد (۲۶). صفحه‌ی این دستگاه شامل نواحی چهارگانه برای استقرار پنجه پای راست در ربع اول، پنجه پای چپ در ربع دوم، پاشنه پای چپ در ربع سوم و پاشنه پای راست در ربع چهارم می‌باشد (۲۲) (تصویر شماره ۱).



تصویر شماره ۱: محل قرارگیری پاها بر روی بایودکس

برای اندازه گیری نوسانات قامتی کل (Overall)، جانبی-داخلی (ML) و هم چنین قدامی-خلفی (AP) از آزمون ثبات پاسچرال استفاده شد، به این ترتیب که بعد از توضیحات شفاهی در مورد دستگاه و نحوه انجام آزمون، هر یک از آزمودنی‌ها با پای برهنه و با فاصله‌ی یک عرض شانه بین پاهایشان روی دستگاه بایودکس قرار گرفتند و بعد از یک مرتبه اجرای آزمون ثبات پاسچرال و آشنایی با چگونگی اجرای آن، تست اصلی را اجرا نمودند. نتایج بدین صورت تفسیر می‌شوند که هر چه نمره تعادل پایین تر باشد، دلیل بر تعادل بیش تر فرد است.

لازم به ذکر است درجه ناپایداری سطح اتکا در تحقیق حاضر روی سطح ۸ تنظیم شده و مدت زمان اجرای هر آزمون ۲۰ ثانیه (۳ تکرار با فواصل استراحت ۱۰ ثانیه‌ای بین تکرارها) در نظر گرفته شد. در نهایت

عضلات اندام تحتانی و تغییرات توانایی کنترل پاسچر سالمندان پس از یک دوره تمرینات آبی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع کارآزمایی بالینی می‌باشد که جامعه مورد بررسی آن را سالمندان بالای ۶۰ سال شهر کرمان تشکیل می‌دادند. بدین ترتیب تعداد ۸۰ نفر از سالمندان داوطلب به عنوان جامعه آماری تحقیق انتخاب شدند و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و هم چنین پرسشنامه ثبت اطلاعات فردی مربوط به تحقیق، مورد ارزیابی‌های بعدی قرار گرفتند. در ادامه برای تعیین حجم نمونه از نتایج مطالعات قبلی مشابه و هم چنین فرمول آماری زیر استفاده شد (۲۳):

$$N = (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 (S_1^2 + S_2^2) / (M_1 - M_2)^2$$

بر این اساس تعداد ۳۰ نفر از افراد واجد شرایط با توجه به اطلاعات موجود در این فرم‌ها و بر اساس معیارهای ورود و خروج از تحقیق به عنوان آزمودنی انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند.

معیارهای ورود به تحقیق حاضر شامل مرد بودن، قرار داشتن در محدوده سنی ۶۰ تا ۷۰ سال و هم چنین توانایی در راه رفتن و انجام فعالیت‌های روزمره بدون استفاده از وسیله کمکی بود (۲۴). هم چنین افرادی که دارای اختلالات مادرزادی، مشکلات ارتوپدی، نارسایی‌های عصبی-عضلانی، اختلالات بینایی و وستیبولار، سابقه عمل جراحی و آسیب‌های قبلی در اندام تحتانی بودند و هم چنین افرادی که توانایی اجرای آزمون‌ها را نداشتند، از تحقیق کنار گذاشته شدند (۲۵).

لازم به ذکر است که تحقیق حاضر دارای تأییدیه کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمان به شماره IR.KMU.REC.۱۳۹۴.۵۹۸ می‌باشد.

پس از این که هر آزمودنی یک مرتبه آزمون را به صورت آزمایشی اجرا کرد و با نحوه کامل اجرا آشنا شد، تست اصلی به عمل می‌آمد.

به منظور اندازه گیری قدرت عضلات منتخب آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر از یک دستگاه دینامومتر دستی (HHD) مدل Lafayette استفاده شد (۰/۹۵  $\geq$  ICC) (۲۷). در همین راستا بر اساس مطالعات پیشین و به منظور ایجاد ثبات کافی و جلوگیری از تحرک و جابجایی دستگاه HHD در حین اندازه گیری، از استرپ برای نگهداری این دستگاه استفاده شد (۲۸). وضعیت قرارگیری آزمودنی‌ها در حین اجرای تست قدرت عضلانی و هم‌چنین محل قرارگیری دستگاه HHD برای هر تست نیز در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

#### جدول شماره ۱: نحوه اجرای تست قدرت عضلانی در

##### عضلات منتخب انجام تحتانی

عضلات منتخب	وضعیت قرارگیری آزمودنی‌ها	محل قرارگیری دینامومتر
دورسی فلکسورها	وضعیت نشسته روی زمین با زاویه ران ۹۰ درجه و زانو در حالت باز شده	له تحتانی سنسور HHD بالاتر از سر اولین استخوان متاتارس قرار می‌گیرد (سطح روی پای)
پلاتار فلکسورها	وضعیت نشسته روی زمین با زاویه ران ۹۰ درجه و زانو در حالت باز شده	له تحتانی سنسور HHD بالاتر از سر اولین استخوان متاتارس قرار می‌گیرد (سطح کف پای)
اکستورهای زانو	وضعیت نشسته روی صندلی با زاویه ران و زانوی ۹۰ درجه	له تحتانی سنسور HHD بالاتر از سطح فوژک داخلی قرار می‌گیرد (سطح قدامی ساق)
فلکسورهای زانو	وضعیت نشسته روی صندلی با زاویه ران و زانوی ۹۰ درجه	له تحتانی سنسور HHD بالاتر از سطح فوژک داخلی قرار می‌گیرد (سطح خلفی ساق)

با اتمام پیش‌آزمون و بعد از فراهم آوردن مقدمات کار، گروه تجربی به مدت ۸ هفته و به صورت ۳ جلسه در هفته به اجرای یک پروتکل تمرینات آبی استاندارد پرداختند. این تمرینات به منظور بهبود کنترل مرکز ثقل و هم‌چنین ارتقای توانایی سالمندان در ترکیب اطلاعات حسی و کنترل قامت رفلکسی طراحی شده بود. لازم به ذکر است که تمرینات مذکور تاکنون در تحقیقات بسیاری مورد استفاده قرار گرفته و اثر مثبت آن بر بهبود توانایی کنترل پاسچر سالمندان به خوبی نشان داده شده است (۲۰، ۱۰).

محتوای هر جلسه تمرینی حدود ۴۵ دقیقه به طول می‌انجامد که با ۵ دقیقه گرم کردن شروع و با ۵ دقیقه سرد کردن هم پایان می‌پذیرفت؛ باقی‌مانده جلسه نیز که حدود ۳۵ دقیقه بود، به انجام تمرینات تعادلی و راه رفتن در آب اختصاص پیدا می‌کرد (جدول شماره ۲). تمامی تمرینات می‌بایست در عمقی صورت می‌گرفت که آب در ارتفاع بین کمر و جناغ سینه آزمودنی‌ها قرار داشته باشد. لازم به ذکر است که تمام فعالیت‌ها در حین ۸ هفته به واسطه دست‌کاری و تغییر در وضعیت دست‌ها (مانند باز و بسته کردن دست‌ها حین حفظ تعادل) و یا به واسطه افزایش سختی فعالیت‌های انجام شده (مانند افزایش مسافت یا مدت قدم زدن و طول گام‌ها و یا بستن چشم‌ها حین ایستادن) به‌طور فزاینده‌ای مشکل‌تر می‌شدند. شایان ذکر است در تمام مدت تحقیق، آزمودنی‌های گروه کنترل در فعالیت خاص ورزشی شرکت نمی‌کردند و تنها به اجرای فعالیت‌های عادی روزمره می‌پرداختند (۲۲).

#### جدول شماره ۲: محتوای هر جلسه تمرینی و مدت زمان اجرای تمرینات

گرم کردن (۵ دقیقه)	تمرین اصلی (۳۵ دقیقه)	سرد کردن (۵ دقیقه)
<ul style="list-style-type: none"> <li>راه رفتن با سرعت فزاینده در قسمت کم عمق استخر</li> <li>تمرینات کششی عضلات بزرگ بدن</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>راه رفتن دایره‌ای: آزمودنی‌ها دست‌های یکدیگر را گرفته و با ایجاد یک حلقه به صورت ساعتگرد و پاد ساعتگرد شروع به راه رفتن جانبی می‌کنند.</li> <li>راه رفتن در یک خط: آزمودنی‌ها با قرار دادن دست‌ها بر روی کمر فرد جلویی به صورت پشت سر هم قرار گرفته و شروع به راه رفتن در استخر و تغییر جهت حرکت می‌کنند.</li> <li>راه رفتن رو به جلو: هر آزمودنی با فشار دادن پاها به صورت مستقیم به سمت بالا شروع به راه رفتن می‌کند.</li> <li>راه رفتن رو به عقب: آزمودنی‌ها با گام‌های بلند به سمت عقب حرکت می‌کنند.</li> <li>راه رفتن جانبی: آزمودنی‌ها با گام‌های بلند به سمت جانبی حرکت می‌کنند.</li> <li>راه رفتن نانه‌ها: در شرایطی که در کل حرکت یک پا در جلوی پای دیگر قرار دارد آزمودنی شروع به راه رفتن می‌کنند.</li> <li>راه رفتن با چرخش تنه: هر آزمودنی ضمن راه رفتن به‌طور متوالی تلاش می‌کند زانو‌ها را در حالت فلکشن با دست مخالف لمس کند.</li> <li>راه رفتن با توقف نکه‌ها: آزمودنی‌ها حین راه رفتن و با دستور تمرین‌دهنده به حفظ تعادل در وضعیت نکه‌ها می‌پردازند.</li> <li>فلکشن و اکستنشن مفصل شانه در وضعیت نیمه نشسته: آزمودنی‌ها ضمن صاف نگه‌داشتن مفصل آرنج حرکت فلکشن ۹۰ درجه‌ای شانه تا سطح آب و اکستنشن مجدد آن را انجام می‌دهند.</li> <li>ابداکشن و اداکشن افقی مفصل شانه در وضعیت نیمه نشسته: آزمودنی‌ها ضمن صاف نگه‌داشتن مفصل آرنج حرکت ابداکشن افقی شانه و اداکشن مجدد آن را انجام می‌دهند.</li> <li>پهناز میج: اجرای اکستنشن زانو همزمان با پلاتار فلکشن میج و پس از آن فلکشن زانو همزمان با دورسی فلکشن.</li> <li>راه رفتن با سرعت کاهنده در قسمت کم عمق استخر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>تمرینات کششی عضلات پلاتار و پایین تنه</li> </ul>

این آزمون نیز در جدول شماره ۳ ارائه شده و نشان می‌دهد که بین سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی گروه‌ها، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و گروه‌ها در این متغیرها همگن می‌باشند ( $P > 0/05$ ).

در ادامه جهت بررسی وجود اختلاف میان متغیرهای اندازه‌گیری شده در پیش‌آزمون بین گروه‌های تحقیق نیز از آزمون تی مستقل استفاده گردید که بر این اساس مشخص شد بین توانایی کنترل پاسچر و هم‌چنین قدرت عضلانی آزمودنی‌های گروه کنترل و تجربی در پیش‌آزمون اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و گروه‌ها در این متغیرها نیز همگن می‌باشند ( $P > 0/05$ ).

جدول شماره ۳: نتایج آزمون تی مستقل جهت بررسی وجود اختلاف در مشخصات آنترپومتریکی گروه کنترل و تجربی

متغیر	گروه کنترل (Mean±SD)	گروه تجربی (Mean±SD)	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
سن (سال)	۶۲/۶۰±۳/۱۹	۶۵/۴۰±۳/۵۴	۱/۴۴۲	۲۸	۰/۱۶۰
قد (cm)	۱۶۸/۸۷±۴/۶۶	۱۶۹/۳۳±۵/۶۱	۰/۲۴۱	۲۸	۰/۸۱۱
وزن (kg)	۷۰/۸۳±۹/۱۸	۷۰/۸۰±۹/۳۹	۰/۰۶۶	۲۸	۰/۸۶۶
شاخص توده بدنی (kg/m <sup>2</sup> )	۲۴/۸۲±۲/۵۵	۲۴/۸۳±۲/۴۹	۰/۰۹۹	۲۸	۰/۸۲۲

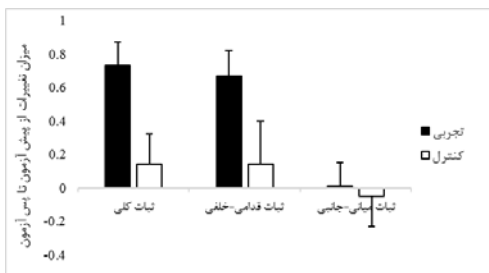
جهت بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات آبی بر میزان نوسانات قامتی آزمودنی‌ها از آزمون تحلیل واریانس ترکیبی استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که یک اثر متقابل معنی‌دار بین زمان (پیش‌آزمون، پس‌آزمون) و گروه (کنترل و تجربی) در ارتباط با نوسانات کلی ( $F_{1,28}=6/719$ ,  $p=0/015$ ,  $\eta^2=0/194$ ) و نوسانات قدامی-خلفی آزمودنی‌ها ( $F_{1,28}=4/029$ ,  $p=0/043$ ) وجود دارد، در حالی که بین زمان و گروه در ارتباط با نوسانات میانی-جانمایی آزمودنی‌ها تعامل معنی‌داری مشاهده نشد ( $p=0/839$ ),  $F_{1,28}=0/042$ ). نتایج هم‌چنین حاکی از آن بود که اثر اصلی زمان و اثر اصلی گروه در ارتباط با میزان نوسانات کلی قامت [به ترتیب برای اثر زمان و اثر مداخله تمرینی ( $F_{1,28}=14/116$ ,  $p=0/001$ ,  $\eta^2=0/335$ ) و ( $F_{1,28}=8/639$ ,  $p=0/007$ )] و نیز در ارتباط با میزان نوسانات قدامی-خلفی آزمودنی‌ها [به ترتیب برای اثر

پس از اتمام ۸ هفته پروتکل تمرینات آبی برای گروه تجربی، تمامی آزمودنی‌های از نظر متغیرهای تحقیق مورد ارزیابی مجدد قرار گرفتند و مراحل مختلف اندازه‌گیری به مانند آنچه در پیش‌آزمون شرح داده شد، مجدداً اجرا گردید. لازم به ذکر است که تمامی آزمایش‌ها در هر دو مرحله‌ی پیش‌آزمون و پس‌آزمون، در شرایط زمانی مشابه (ساعت ۹ تا ۱۲ ظهر) و توسط آزمون‌گرهای یکسان صورت پذیرفت.

در نهایت اطلاعات خام به دست آمده از متغیرهای تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و با بهره‌گیری از آمار توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بدین ترتیب پس از تأیید نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویک و هم‌چنین بررسی همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون Levene's، جهت مقایسه میانگین اطلاعات پیش‌آزمون و پس‌آزمون سالمندان از آزمون تحلیل واریانس ترکیبی (Mixed ANOVA) استفاده شد. اندازه اثر پروتکل تمرینی برای هر یک از اختلافات معنی‌دار درون‌گروهی و بین‌گروهی نیز به روش اتا اسکوار ( $\eta^2$ ) سنجیده شد (۲۹) و اندازه اثر ۰/۰۱ تا ۰/۰۵۹ به عنوان کوچک، ۰/۰۶ تا ۰/۱۳۷ به عنوان متوسط و ۰/۱۳۸ به بالا به عنوان اندازه اثر بزرگ در نظر گرفته شدند. در ادامه جهت بررسی تأثیر متغیرهای قدرت عضلانی بر تعادل آزمودنی‌ها از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. لازم به ذکر است که سطح معنی‌داری تحقیق حاضر  $P \leq 0/05$  در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

خصوصیات مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه مربوطه در جدول شماره ۳ گزارش شده است. به منظور تعیین همگن بودن گروه‌ها در این خصوصیات جمعیت شناختی از آزمون تی مستقل استفاده گردید که نتایج



تصویر شماره ۲: میزان تغییر نمرات ثبات پاسچر در آزمودنی‌های دو گروه از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون

اطلاعات مربوط به قدرت عضلات منتخب و میزان تغییرات آن‌ها از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون نیز در جدول شماره ۵ ارائه شده است. جهت بررسی ارتباط بین قدرت این عضلات و توانایی کنترل پاسچر سالمندان از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول شماره ۶). بر این اساس مشخص شد که متعاقب ۸ هفته تمرینات آبی، بین تغییرات قدرت در عضلات پلاننار فلکسور و بهبود توانایی کنترل پاسچر سالمندان همبستگی معنی‌داری وجود دارد ( $p < 0.05$ ).

زمان و اثر مداخله تمرینی ( $\eta^2 = 0.202$ ,  $p = 0.013$ ) و ( $F_{1,28} = 7.106$ ) و ( $\eta^2 = 0.160$ ,  $p = 0.029$ ) [  $F_{1,28} = 5.332$  ] معنی‌دار می‌باشد. این در حالیست که اثر اصلی زمان و هم‌چنین اثر اصلی مداخله تمرینی در ارتباط با میزان نوسانات میانی-جانبی آزمودنی‌ها معنی‌دار نبودند [به ترتیب برای اثر زمان و اثر مداخله تمرینی ( $F_{1,28} = 0.042$ ,  $p = 0.839$ ) و ( $F_{1,28} = 2.375$ )]. بر این اساس به طور کلی به نظر می‌رسد نمرات ثبات پاسچر آزمودنی‌های گروه کنترل در سراسر تحقیق نسبتاً بدون تغییر باقی‌مانده در حالی که این مقادیر برای گروه تجربی به شکل معنی‌داری کاهش یافته است (جدول شماره ۴ و تصویر شماره ۲).

جدول شماره ۴: نمرات ثبات پاسچر آزمودنی‌ها و میزان تغییرات آن‌ها [Mean (%95 CI)] از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون

گروه	پیش‌آزمون (Mean±SD)	پس‌آزمون (Mean±SD)	Δ (%95 CI)	
ثبات کلی	کنترل	2/872±0/810	2/874±0/777	-0/14 (-0/26 → 0/02)
	تجربی	2/453±0/703	1/772±0/480	000/681 (-0/124 → 0/13)
ثبات قدامی-خلفی	کنترل	2/120±0/846	1/980±0/528	-0/14 (-0/24 → 0/01)
	تجربی	1/933±0/692	1/266±0/403	000/667 (-0/35 → 0/09)
ثبات میانی-جانبی	کنترل	1/460±0/605	1/502±0/557	-0/04 (-0/14 → 0/04)
	تجربی	1/269±0/287	1/267±0/473	-0/01 (-0/30 → 0/28)

\*\* معنی‌داری در سطح 0/05

جدول شماره ۵: قدرت عضلات منتخب آزمودنی‌ها و میزان تغییرات آن‌ها [Mean (%95 CI)] از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون

گروه	پیش‌آزمون (Mean±SD)	پس‌آزمون (Mean±SD)	Δ (%95 CI)	
اکستورهای زانو	کنترل	15/18±5/49	14/99±5/03	0/19 (-0/33 → 0/01)
	تجربی	17/45±4/52	20/02±3/84	002/56 (-2/93 → -1/2)
فلکسورهای زانو	کنترل	15/25±4/78	14/82±4/48	-0/43 (-1/21 → 0/07)
	تجربی	15/86±3/01	16/48±2/77	-0/61 (-2/17 → 0/95)
پلاننار فلکسورها	کنترل	14/48±2/52	14/34±1/78	-0/14 (-1/02 → 0/32)
	تجربی	13/35±3/38	16/21±2/76	002/85 (-4/01 → -1/7)
دورسی فلکسورها	کنترل	10/74±3/15	11/08±2/69	-0/34 (-1/18 → 0/48)
	تجربی	11/30±3/56	12/15±3/25	-0/85 (-1/85 → 0/15)
اکستورهای زانو	کنترل	14/92±4/42	14/52±4/25	-0/40 (-1/22 → 0/52)
	تجربی	16/94±4/73	19/46±3/33	002/52 (-4/33 → -1/7)
فلکسورهای زانو	کنترل	14/28±4/70	14/21±4/25	-0/06 (-1/12 → 0/26)
	تجربی	14/56±2/95	14/98±2/66	-0/42 (-2/65 → 0/18)
پلاننار فلکسورها	کنترل	14/68±3/28	14/28±3/28	-0/20 (-1/82 → 0/23)
	تجربی	13/18±3/59	15/68±4/71	002/49 (-4/34 → -0/6)
دورسی فلکسورها	کنترل	10/96±2/20	11/08±2/58	-0/12 (-1/51 → 0/27)
	تجربی	10/98±3/19	11/75±2/22	-0/77 (-2/15 → 0/61)

\*\* معنی‌داری در سطح 0/05

جدول شماره ۶: همبستگی بین قدرت عضلات منتخب و میزان تغییرات ثبات پاسچر آزمودنی‌ها

اندام	ضریب r	r <sup>2</sup>	سطح معنی داری
اکستنسورهای زانو	بتر غیر بتر	۰/۲۲۰ ۰/۲۲۹	۰/۲۴۳ ۰/۲۲۵
فلکسورهای زانو	بتر غیر بتر	۰/۲۱۸ ۰/۲۷۴	۰/۲۴۶ ۰/۱۴۳
پلاتنار فلکسورها	بتر غیر بتر	۰/۶۳۱ ۰/۴۰۰	۰۰۰/۰۰۱ ۰۰۰/۰۲۸
دورسی فلکسورها	بتر غیر بتر	۰/۱۳۶ ۰/۱۳۶	۰/۴۷۴ ۰/۴۷۳

\*\* معنی داری در سطح ۰/۰۵

## بحث

(۲۰۱۳) نیز طی تحقیقاتی به نتایج مشابه با تحقیق حاضر دست یافتند (۱۰، ۳۱).

نتایج تحقیق حاضر هم‌چنین نشان داد که با وجود معنی دار بودن تغییرات شاخص ثبات کلی و شاخص ثبات قدامی-خلفی آزمودنی‌ها از پیش‌آزمون به پس‌آزمون، بین شاخص ثبات میانی-جانابی آزمودنی‌های دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون اختلاف معنی داری وجود ندارد ( $P > 0/05$ ). در توجیه معنی دار نشدن این شاخص می‌توان این‌گونه اظهار داشت که وقتی آزمودنی با یک شرایط بی‌ثبات‌تر مواجه می‌شود، عضلات قدامی-خلفی فعالیت بیش‌تری در جهت برقراری ثبات مجدد از خود نشان می‌دهند و با افزایش نوسانات، مرکز فشار حول محور قدامی-خلفی سعی در رسیدن به وضعیت تعادل دارند (۳۳، ۳۲). این امر حاصل تلفیقی از عوامل بیومکانیکال و آناتومیکیال می‌باشد که در اثر بیش‌تر بودن دامنه حرکتی دورسی-پلاتنار فلکشن نسبت به اینورژن-اورژن، منجر به دخالت بیش‌تر عضلات قدامی-خلفی در کنترل پاسچر شده و کاهش نوسانات بیش‌تری را در این جهت به همراه دارد (۳۴). لازم به ذکر است که گیرنده‌های پروپریوسپتو موجود در کف پاها نیز هنگام ایستادن بازخوردهایی را مبنی بر این که آیا وزن بیش‌تر در قسمت جلو یا عقب پاها وارد می‌شود به مغز می‌فرستد؛ بر همین اساس فرمان‌های تصحیح وضعیت که از مغز صادر می‌شوند، عضلات را بیش‌تر در جهت قدامی-

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر به نظر می‌رسد که اجرای ۸ هفته تمرینات آبی می‌تواند تأثیر معنی داری در بهبود توانایی کنترل پاسچر سالمندان و هم‌چنین کاهش نوسانات مرکز ثقل این افراد داشته باشد (جدول شماره ۴)؛ بدین ترتیب فرضیه‌ی تأثیرگذاری تمرینات آبی بر میزان نوسانات پاسچر سالمندان مورد تأیید قرار می‌گیرد. نتایج هم‌چنین حاکی از آن است که اندازه اثر تغییرات در نوسانات کلی پاسچر و هم‌چنین نوسانات قدامی-خلفی مرکز ثقل به ترتیب  $\eta^2 = 0/194$  و  $\eta^2 = 0/198$  بوده است که این مقادیر بسیار بالا و مؤید تأثیر زیاد تمرینات ارائه شده بر توانایی کنترل پاسچر سالمندان می‌باشد. این یافته‌ها به‌نوعی هم‌راستا با برخی گزارشات پیشین در این زمینه می‌باشد که معتقدند اجرای تمرینات آبی در سالمندان می‌تواند نقش مهمی در کاهش نوسانات مرکز ثقل آزمودنی‌ها داشته باشد (۱۰-۲۰)؛ به‌عنوان مثال رضازاده و همکاران (۱۳۹۴) و هم‌چنین باقری و همکاران (۱۳۹۴) طی تحقیقاتی گزارش کردند که مشارکت در اجرای تمرینات آبی می‌تواند عملکرد عصبی عضلانی و تعادل مردان سالمند را تحت تأثیر قرار داده و احتمال افتادن و زمین خوردن را در این افراد به شکل معنی داری کاهش دهد (۲۲، ۳۰). Walker و همکاران (۲۰۱۶) و Matias و همکاران



خلفی تحت تأثیر قرار می‌دهند و به همین دلیل با مشارکت در تمرینات اغتشاشی و با افزایش فعالیت گیرنده‌های کف پا، توانایی کنترل پاسپر عمدتاً در جهت قدامی-خلفی تحت تأثیر قرار گرفته و اگر پیشرفتی در این توانایی رخ بدهد، عمدتاً در جهت قدامی-خلفی می‌باشد (۳۵).

تحقیق حاضر هم‌چنین نشان داد که مشارکت در اجرای ۸ هفته تمرینات آبی می‌تواند قدرت عضلات را در اندام تحتانی سالمندان به شکل قابل توجهی بهبود بخشد (جدول شماره ۵). بر اساس گزارشات پیشین به نظر می‌رسد که این تغییرات را می‌توان به خصوصیات طبیعی موجود در آب نسبت داد که موجب افزایش فعالیت‌های عضلانی گشته و با ایجاد شرایطی که تمامی حرکات می‌بایست با غلبه بر مقاومت آب صورت گیرند، منجر به توسعه قدرت عضلانی در اندام تحتانی آزمودنی‌ها شده است (۳۶). در همین راستا گزارش شده است از آنجایی که آب محیطی متراکم‌تر از هوا به شمار می‌رود، حرکت در آب منجر به ایجاد مقاومتی چندین برابر مقاومت هوا می‌گردد و بر همین اساس تمرین در آب به‌مثابه تمرین با وزنه‌هایی است که به دست و پای افراد بسته شده است و تمامی بخش‌هایی از بدن که در زیر آب قرار دارند، در همه جهات با مقاومت زیادی رو به رو می‌شوند (۲). اطلاعات ارائه شده در جدول شماره ۵ هم این مطلب را به خوبی نشان می‌دهد که اجرای تمرینات آبی در تحقیق حاضر منجر به توسعه قدرت در عضلات اندام تحتانی می‌شود که البته این مقدار پیشرفت صرفاً در عضلات پلاتنار فلکسور و اکستنسورهای زانو معنی‌دار بوده است ( $P < 0.05$ ) و تغییرات صورت گرفته در عضلات دورسی فلکسور و هم‌چنین فلکسورهای زانو به اندازه‌ای نبوده است که بتواند تغییرات معنی‌داری را در قدرت این عضلات به همراه داشته باشد ( $P > 0.05$ ). در خصوص دلایل احتمالی این نتایج می‌توان به نقش عضلات مورد بررسی در کنترل قامت افراد اشاره کرد،

به طوری که گزارش شده است عضلات خلفی ساق و هم‌چنین عضلات قدامی ران به‌عنوان عضلات ضد جاذبه بدن شناخته می‌شوند و حتی در حالت ایستادن عادی و بدون اغتشاش هم به‌طور مداوم در حال انقباض هستند تا از به هم خوردن تعادل بدن جلوگیری کنند (۳۷). به نظر می‌رسد اجرای تمرینات مورد استفاده در تحقیق حاضر که عمدتاً بر پایه ایجاد آشفستگی و به هم زدن تعادل افراد طراحی شده است، منجر به به کارگیری هر چه بیش‌تر عضلات ضد جاذبه شده و متعاقباً بهبود بیش‌تری را در قدرت این عضلات برای سالمندان به همراه داشته است. در همین راستا گزارش شده است که ارائه یک دوره تمرینات آبی در سالمندان موجب استفاده هر چه بیش‌تر از عضلات ضد جاذبه در مواجهه با اغتشاشات تعادلی گشته و می‌تواند بهبود ظرفیت قدرت را در عضلات مذکور به همراه داشته باشد (۱۱).

تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از تحقیق حاضر هم‌چنین نشان داد که بین قدرت عضلات پلاتنار فلکسور و مچ پا و توانایی کنترل پاسپر سالمندان ارتباط معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ) و بر همین اساس به نظر می‌رسد که افزایش قدرت در عضلات پلاتنار فلکسور می‌تواند میزان نوسانات مرکز ثقل در محدوده سطح اتکا را به شکل معنی‌داری کاهش دهد. این نتایج به‌نوعی هم‌راستا با برخی گزارشات پیشین در این زمینه می‌باشد که معتقدند عضلات خلفی ساق می‌تواند نقش تعیین‌کننده و اساسی در ارتباط با ثبات پاسپر افراد داشته باشند؛ به‌عنوان مثال Ushiyama و Masani (۲۰۱۱) طی تحقیقی گزارش کردند که میزان جابجایی‌های مرکز ثقل و هم‌چنین سرعت این جابجایی‌ها در افراد به شکل معنی‌داری تحت تأثیر حجم عضلانی و قدرت عضلات پلاتنار فلکسور قرار دارد (۸). در تحقیق دیگری McCurdy و Langford (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که با کاهش قدرت عضلانی به‌ویژه در عضلات خلفی ساق، توانایی کنترل پاسپر

شده در جدول شماره ۶، به نظر می‌رسد پیشرفتی که در قدرت سایر عضلات مورد بررسی صورت گرفته است، با وجود آن که تا حدودی در کاهش میزان نوسانات مرکز ثقل آزمودنی‌ها نقش داشته‌اند، لیکن قادر به ایجاد تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های تعادلی سالمندان نبوده و همان‌طور که ذکر شد، این شاخص‌ها عمدتاً از انقباض عضلات خلفی ساق تأثیر می‌پذیرد.

در نهایت باید خاطر نشان کرد که در استفاده از نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می‌بایست به محدودیت‌های آن نیز توجه ویژه‌ای شود؛ از جمله محدودیت‌های موجود در این تحقیق می‌توان به خروج سالمندان دارای نارسایی‌های عصبی، عضلانی و اسکلتی از تحقیق اشاره کرد که می‌تواند قابلیت تعمیم یافته‌ها به این افراد را محدود کند. هم‌چنین در تحقیق حاضر شرایط روحی و روانی آزمودنی‌ها کنترل نشد که می‌تواند تا حدودی بر نتایج تحقیق اثرگذار باشد.

در پایان می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان انتظار داشت که افزایش قدرت در عضلات پلانٹارفلکسور بتواند نقش مهم‌تری در بهبود توانایی کنترل پاسچر، در مقایسه با سایر عضلات اندام تحتانی داشته باشد. بر همین اساس توصیه می‌شود که در برنامه‌ریزی‌های تمرینی برای بهبود توانایی‌های تعادلی سالمندان، نقش ویژه‌ی عضلات خلفی ساق در بهبود این توانایی بیش‌تر مورد توجه قرار گیرد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از تمامی عزیزانی که جهت اجرای این تحقیق مساعدت و همکاری داشتند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

آزمودنی‌ها به شکل معنی‌داری کاهش می‌یابد (۹). بر این اساس به نظر می‌رسد که پس از مشارکت آزمودنی‌های تحقیق حاضر در اجرای ۸ هفته تمرینات آبی و با توجه به افزایش قدرت در عضلات خلفی ساق (مطابق جدول شماره ۵) و هم‌چنین ارتباط معنی‌داری که بین نوسانات پاسچر و قدرت عضلات پلانٹارفلکسور آزمودنی‌ها وجود دارد، ثبات کلی قامت به شکل قابل توجهی تحت تأثیر قرار گرفته و منجر به بهبود توانایی افراد در کنترل نوسانات مرکز ثقل شده است.

در خصوص دلایل احتمالی این یافته‌ها می‌توان به نقشی که عضلات مختلف در پاسخ به اغتشاشات مرکز ثقل ایفا می‌کنند اشاره کرد (۳۸)؛ در همین راستا گزارش شده است که با توجه به عبور خط ثقل از جلوی مفصل مچ پا، نگهداری کنترل پاسچر در حالت ایستاده مستلزم این است که عضلات پلانٹار فلکسور مچ پا به‌طور دائم در حالت انقباض نگه داشته شوند (۳۹، ۴۰). با وجود این که انقباضات عضلات دورسی فلکسور مچ پا نیز در کنترل نوسانات مرکز ثقل در حالت ایستاده نقش دارد، ولی به نظر می‌رسد که نقش عضلات خلفی ساق به‌مراتب بیش‌تر و قابل توجه‌تر باشد. در همین راستا Atha و Soames (۱۹۸۱) نیز طی تحقیقی نشان دادند که در وضعیت ایستاده، فعالیت الکترومیوگرافی ثبت شده در عضلات خلفی ساق، چندین برابر عضلات قدامی است که این امر نشان دهنده اهمیت بالای این عضلات در کنترل نوسانات پاسچر بدن در حالت ایستاده می‌باشد (۳۹).

با توجه به مطالب فوق به نظر می‌رسد که افزایش قدرت در عضلات پلانٹارفلکسور با تأثیری که در کاهش نوسانات مرکز ثقل و هم‌چنین ارائه پاسخ‌های تعادلی مناسب در افراد دارد (۴۰)، توانایی کنترل پاسچر سالمندان در تحقیق حاضر را نیز تحت تأثیر قرار داده و بهبود معنی‌داری را در نمرات تعادلی این افراد به همراه داشته است؛ این در حالیست که با توجه به نتایج ارائه

## References

1. Shunway-Cook A, Patla AE, Stewart A, Ferrucci L, Ciol MA, Guralnik JM. Environmental demands associated with community mobility in older adults with and without mobility disabilities. *Phys Ther.* 2002;82(7):670-681.
2. Teymoori F, Dadkhah A, Shirazikhah M. Social welfare and health (mental, social, physical) status of aged people in Iran. *Middle East Journal of Age and Ageing.* 2006;3(1):39-45.
3. Abbasi A, Sadeghi H, Tabrizi HB, Bagheri K, Ghasemizad A, karimi Asl A. Effect of whole body vibration, aquatic balance and combined training on neuromuscular performance, balance and walking ability in male elderly able-bodied individual. *World Applied Sci J.* 2011;15(1):84-91.
4. Karlsson MK, Magnusson H, von Schewelov T, Rosengren B. Prevention of falls in the elderly—a review. *Osteoporos Int.* 2013;24(3):747-762.
5. Sattin RW. Falls among older persons: a public health perspective. *Annu Rev Public Health.* 1992;13(1):489-508.
6. Martelli D, Aprigliano F, Tropea P, Pasquini G, Micera S, Monaco V. Stability against backward balance loss: age-related modifications following slip-like perturbations of multiple amplitudes. *Gait Posture.* 2017;53:207-214.
7. Hof AL, Curtze C. A stricter condition for standing balance after unexpected perturbations. *J Biomech.* 2016;49(4):580-585.
8. Ushiyama J, Masani K. Relation between postural stability and plantar flexors muscle volume in young males. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(11):2089-2094.
9. McCurdy K, Langford G. The relationship between maximum unilateral squat strength and balance in young adult men and women. *J Sports Sci Med.* 2006;5(2):282-288.
10. Matias P, Costa M, Marinho D, Garrido N, Silva A, Barbosa T. Effects of a 12-Wks Aquatic Training Program in Body Posture and Balance. *Brit J Sport Med.* 2013;47(10):e3-e7.
11. Resende S, Rassi C. Effects of hydrotherapy in balance and prevention of falls among elderly women. *Braz J Phys Ther.* 2008;12(1):57-63.
12. Yennan P, Suputtitada A. Effects of aquatic exercise and land-based exercise on postural sway in elderly with knee osteoarthritis. *Asian Biomed.* 2011;4(5):739-745.
13. Zamanian F. Investigation of knee pain, risk of fall, range of motion before and after shallow water exercise in women with knee OA. *Int J Sport Std (IJSS).* 2011;1(3):128-133.
14. Zamani L, Haghghi M. The effect of aquatic exercise on pain and postural control in women with low back pain. *Int J Sport Std (IJSS).* 2011;1(4):152-156.
15. Hashemi Javaheri SAA, Mohammad Rahimi N, Rashid Lamir A, Alikhajeh Y. The effects of water and land exercise programs in static and dynamic balance among elderly men.

- Global Journal of Guidance and Counselling. 2012;2(1):1-7.
16. Jahadian Sarvestani H, Berenjeian Tabrizi H, Abbasi A, Rahmanpoumoghaddam J. The Effect of Eight Weeks Aquatic Balance Training and Core Stabilization Training on Dynamic Balance in Inactive Elder Males. Middle-East Journal of Scientific Research. 2012;11(3):279-303.
  17. Douris P, Southard V, Varga C, Schauss W, Gennaro C, Reiss A. The Effect of Land and Aquatic Exercise on Balance Scores in Older Adults. J Geriatr Phys Ther. 2003;26(1):3-6.
  18. Lord S, Mitchell D, Williams P. Effect of water exercise on balance and related factors in older people. Aust J Physiother. 1993;39(3):217-222.
  19. Mohammadi A, Behpour N, Ghaeini S. The effect of selected 8 weeks aquatic training on lower extremity, balance and strength in elderly men. Quarterly Journal of Sport Bioscience Researches. 2012;2(7):37-44 (Persian).
  20. Simmons V, Hansen PD. Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 1996;51(5):M233-M 238.
  21. Yadegaripour M, Shojaedin S, Sadegh H. Effect of aquatic endurance training program on static and dynamic balance and lower limb strength in healthy elderly male veterans. Journal of Research in Rehabilitation Science (JRRS). 2012;8(3):442-453 (Persian).
  22. Bagheri H. The effect of 8-weeks aquatic exercise on balance strategy and knee joint position sense of 60-70 year old people. Kerman Shahid Bahonar University; 2014.(persian)
  23. Chow S-C, Wang H, Shao J. Sample size calculations in clinical research, 2nd ed. USA:Chapman & Hall/ CRC Press; 2007.
  24. Aslankhani M, Farsi A, Sohbatih M. The effect of aquatic exercise on balance and gait characteristics of healthy elderly inactive men. J Rehab Sci. 2012;8(2):279-288 (Persian).
  25. Anbarian M, Zareei P, Yalfani A, Mokhtary M. The balance recovery mechanism following a sudden external anterior-posterior perturbation in individuals with Kyphosis. Sports Medicine. 2010;2(4):115-132 (Persian).
  26. Pereira HM, de Campos TF, Santos MB, Cardoso JR, de Camargo Garcia M, Cohen M. Influence of knee position on the postural stability index registered by the Biodex Stability System. Gait posture. 2008;28(4):668-72.
  27. Martínez RB, Pastor CS, Portolés JM, Navarro EM, Recto FE, Oller ED. Reproducibilidad de la medida de la fuerza muscular de la rodilla mediante dinamometría manual en pacientes con gonartrosis grave. Rehabilitación. 2009;43(5):218-222.
  28. Katoh M, Yamasaki H. Comparison of reliability of isometric leg muscle strength measurements made using a hand-held dynamometer with and without a restraining belt. Journal of

- Physical Therapy Science. 2009;21(1):37-42.
29. Pallant J. SPSS survival manual: a step by step guide to data analysis. 4th ed. Maidenhead: Open University Press; McGraw-Hill, 2010.
30. Rezazadeh N, Baluchi R. The Effect of 12 Weeks Exercise in the Water and Land on the Static and Dynamic Balance and the Risk of Falling the Old People. *Salmand*. 2016;10(4):140-150 (Persian).
31. Walker C, Oblock A, Dunn M, Vroom K, Hiatt J. The Effects of an Aquatic Exercise Program on Dynamic and Static Balance of Sedentary Elders. *Age and Aging*. 2016; 45:594-602.
32. Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004;34(6):305-316.
33. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: theory and practical applications. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins; 1995.
34. Bagheri R, Sarmadi A, Dadashi Arani L. Learning effects of the biodex balance system during assessment of postural task with in test-retest measurements. *Koomesh*. 2012;13(3):354-361 (Persian).
35. Khayat O, Zargarchi M, Razjouyan J, Siahi M, Nowshiravan-Rahatabad F. Age Effect on Static Balance: Center-of-Pressure Analysis in Chaotic and Frequency Domains. *Journal of Paramedical Sciences and Rehabilitation*. 2014;3(1):53-60 (Persian).
36. Vandervoort AA, McCOMAS AJ. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *J Appl Physiol*. 1985;61(1):361-367.
37. Marc B, Nobutaka H, Uwe W [editor]. *Encyclopedia of Neuroscience*: Springer; 2009. p. 3212-3219.
38. Ting LH. Dimensional reduction in sensorimotor systems: a framework for understanding muscle coordination of posture. *Prog Brain Res*. 2007;165:299-321.
39. Soames RW, Atha J. The role of the antigravity musculature during quiet standing in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1981;47(2):159-167.
40. Beyranvand R, Sahebozamani M, Daneshjoo A. A survey on relationship between postural sway parameters and balance recovery strategies in older people. *Daneshvar*. 2016; 23(123):21-30 (Persian).