



Original Paper

Effect of postural control in individuals with mild cognitive impairment after Pilates training: A clinical trial study

*Aynollah Sakinepoor , Corresponding Author, Ph.D Candidate in Corrective Exercise & Sport Injuries, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: asakenapoor@yahoo.com

Amir Letafatkar (Ph.D) , Assistant Professor in Sport Injury and Corrective Exercise, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Aynollah Naderi (Ph.D) , Assistant Professor in Sport Injury and Corrective Exercise, Department of Sport Science, Shahrood University of Technology, Shahrood, Shahrood, Iran.

Amir Hossein Hashemian (Ph.D) , Associate Professor in Biostatistics, Department of Biostatistics, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.

Zhara Nourozi , M.A in Corrective Exercise & Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran.

Mohammad Alimoradi , M.A in Corrective Exercise & Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Abstract

Background and Objective: One of the most common complications of mild cognitive impairment is increased body sway and falls. This study was performed to evaluate the effect of Pilates training on control posture in patients with mild cognitive impairment.

Methods: This clinical trial study was performed on 30 women with mild cognitive impairment who referred to elderly Research Center in Kermanshah city, north-west of Iran during 2019. Subjects were randomly divided into two groups including Pilates Training and control groups. Pilates training group was trained for eight weeks, 3 sessions per week and duration for each session was one hour. The control posture of the subjects before and after the exercise was evaluated.

Results: There was significant difference in obtained scores in the size and distance of the center of pressure area range with open and closed eyes in the intervention group, prior and after training ($P < 0.05$). The mean postural control (the size and distance of the center of pressure area range with open and closed eyes) reduced after 8 weeks of Pilates exercises in the intervention group in compared to control group ($P < 0.05$).

Conclusion: Pilates training is effective in improving postural control in patients with mild cognitive impairment.

Keywords: Cognitive Dysfunction, Postural Balance, Pilates Training

Received 24 Jun 2020

Revised 13 Oct 2020

Accepted 21 Oct 2020

Cite this article as: Sakinepoor A, Letafatkar A, Naderi A, Hashemian AH, Nourozi Z, Alimoradi M. [Effect of postural control in individuals with mild cognitive impairment after Pilates training: A clinical trial study]. J Gorgan Univ Med Sci. 2021; 23(2): 8-15. [Article in Persian]



تحقیقی

کنترل پاسچر در سالمندان مبتلا به اختلال شناخت خفیف بعد از تمرینات پیلاتس: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

* عین اله سکینه پور ^{ID}، دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
دکتر امیر لطافت کار ^{ID}، استادیار آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
دکتر عین اله نادری ^{ID}، استادیار آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
دکتر امیرحسین هاشمیان ^{ID}، دانشیار آمار زیستی، گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
زهرا نوروزی ^{ID}، کارشناس ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.
محمد علیمردی ^{ID}، کارشناس ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: یکی از شایع ترین تظاهرات افراد مبتلا به اختلال شناخت خفیف، افزایش در نوسان پاسچر و افتادن است. این مطالعه به منظور کنترل پاسچر در سالمندان مبتلا به اختلال شناخت خفیف بعد از تمرینات پیلاتس انجام شد.

روش بررسی: این کارآزمایی بالینی روی ۳۰ زن مبتلا به اختلال شناخت خفیف مراجعه کننده به مرکز تحقیقات سالمندان استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۸ انجام شد. آزمودنی ها به روش نمونه گیری در دسترس شرکت کردند و به شیوه تصادفی در دو گروه ۱۵ نفری کنترل و تمرینات پیلاتس قرار گرفتند. گروه تمرین پیلاتس به مدت هشت هفته و سه جلسه در هر هفته به مدت یک ساعت تمرین انجام دادند. کنترل پاسچر آزمودنی ها قبل و پس از انجام تمرینات منتخب مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها: در گروه مداخله تفاوت معنی داری در امتیازات کسب شده بین گروه پیش آزمون و پس آزمون در مساحت و مسافت محدوده نوسان مرکز فشار بدن در حالت چشم باز و بسته وجود داشت ($P < 0/05$). میانگین نوسان پاسچر (مساحت و مسافت محدوده نوسان مرکز فشار بدن در حالت چشم باز و چشم بسته)، بعد از ۸ هفته تمرینات پیلاتس در گروه مداخله کاهش معنی داری در مقایسه با گروه کنترل یافت ($P < 0/05$).

نتیجه گیری: به نظر می رسد که تمرینات پیلاتس در بهبود کنترل پاسچر در سالمندان مبتلا به اختلال شناخت خفیف موثر است.

کلید واژه ها: اختلال عملکرد شناختی، تعادل وضعیتی، تمرین پیلاتس

* نویسنده مسؤول: عین اله سکینه پور، پست الکترونیکی asakenapoor@yahoo.com

نشانی: کرمانشاه، اسلام آباد غرب، مجموعه ورزشی انقلاب، تلفن: ۰۸۳۴-۵۲۲۶۱۰۳

وصول مقاله: ۱۳۹۹/۴/۴، اصلاح نهایی: ۱۳۹۹/۷/۲۲، پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۷/۳۰

مقدمه

تعادل، عبارت است از توانایی حفظ مرکز فشار بدن در محدوده سطح اتکا و حفظ بازیافت آن طی فعالیت که با کنترل پاسچر و راهبردهای واکنشی و پیش بینی کننده ارتباط دارد (۱). به منظور حفظ تعادل فرایند پیچیده ای بین حس های داخلی (حس عمقی، حس شنوایی و بینایی) و فاکتورهای عضلانی (قدرت و استقامت) انجام می شود. فعل و انفعالاتی که در نتیجه این فرایند به وجود می آیند؛ بر شبکه عصبی و بازخوردهای حرکتی اثر بر جای می گذارند (۲). تعادل که جزء نیازهای اساسی برای انجام

فعالیت های روزمره زندگی است؛ در فعالیت های ایستا و پویا نقش مهمی را ایفا می کند (۳). تعادل پویا، توانایی تخمین تغییرات در تعادل و هماهنگی فعالیت عضلانی برای حفظ ثبات است (۴). افتادن با کاهش در تعادل ایستا و پویا همراه است. از همین رو در حفظ و ارزیابی وضعیت پاسچر پویای بدن اهمیت دارد. حفظ تعادل پویا نیز در اکثر فعالیت های روزمره ضروری است.

سیستم اعصاب مرکزی از دو روش مختلف برای حفظ و یا از دست رفتن تعادل استفاده می کند. هماهنگی های وضعیتی پیش بینانه (Anticipatory Postural Adjustments)، قبل از اختلال و اغتشاش

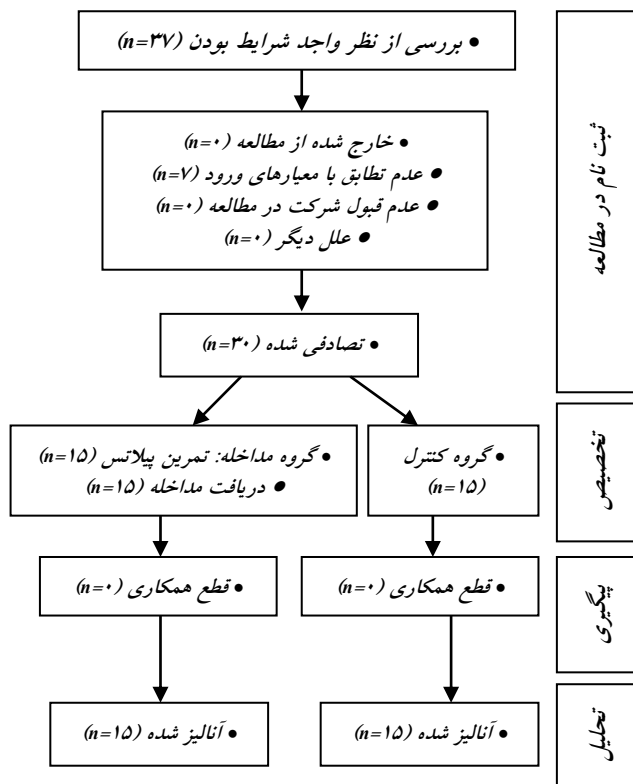
شناختی (۲۹)، سبب بهبود تعادل در افراد با نقص شناخت خفیف می‌شود. هرچند که هیچ مطالعه‌ای به بررسی کنترل پاسچر در افراد مبتلا به شناخت خفیف نپرداخته است. لذا این مطالعه به منظور کنترل پاسچر در سالمندان مبتلا به اختلال شناخت خفیف بعد از تمرینات پيلاتس انجام شد.

روش بررسی

این کارآزمایی بالینی روی ۳۰ زن بالای ۶۰ سال مبتلا به اختلال شناخت خفیف مراجعه کننده به مرکز تحقیقات سالمندان استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۸ انجام شد. مطالعه از نوع یک سويه کور بود به طوری که آنالیز کننده متغیرهای پیامد و داده‌های آزمایشگاهی از نحوه تخصیص گروه‌های مطالعه اطلاعی نداشت.

مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (IR.KUMS.REC.1397.410) و مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT20170114031942N11) قرار گرفت.

بیماران به صورت در دسترس به عنوان نمونه انتخاب شدند. از آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه اخذ شد. بیماران به صورت تصادفی ساده با استفاده از جدول اعداد تصادفی توسط شخص سوم در دو گروه ۱۵ نفری کنترل و تمرین پيلاتس قرار گرفتند (شکل یک).



معیارهای ورود به پژوهش شامل سن بالای ۶۵ سال، تایید

در تعادل در عضلات مشاهده شده است. هماهنگی‌های وضعیتی پیش‌بینانه بر اساس تحقیقات گذشته، اغتشاشات (disturbances) را که در اثر حرکات خودسرانه فرد و یا آشفته‌گی خارجی به وجود آمده است را به حداقل می‌رساند (۶و۵). هماهنگی‌های وضعیتی جبرانی توسط فیدبک حسی و تغییرات رفلکسی در فعالیت عضلانی شامل فیدبک حسی و تغییرات رفلکسی عضلانی برای حفظ تعادل، به دنبال اغتشاش به وجود می‌آید (۸و۷). استفاده از هماهنگی‌های وضعیتی پیش‌بینانه به طور قابل توجهی نیاز به هماهنگی‌های وضعیتی جبرانی را کاهش می‌دهد و در نتیجه ثبات پذیری بیشتر، جابجایی مرکز فشار به دنبال اغتشاش در بزرگسالان سالم (۵) و در افراد مسن (۹) به طور قابل توجهی کوچک‌تر است. تحقیقات پیشین در ارتباط با هماهنگی‌های وضعیتی پیش‌بینانه در بزرگسالان دارای نتایج ضد و نقیضی است. برخی از این مطالعات آشکار کرد که هماهنگی‌های وضعیتی پیش‌بینانه در افراد سالمند دچار اختلال می‌شود (۱۳-۱۰). برخی دیگر از مطالعات نشان دادند که پیری و سالمندی روی هماهنگی‌های وضعیتی پیش‌بینانه اثر ندارد (۱۴و۱۵). بنابراین در افراد مسن دیده شده است که عضلات اندام تحتانی و تنه خود را قبل از حرکات مرکزی، در ۹۶ تا ۱۰۰ درصد کوشش‌ها، به مانند افراد جوان به کار می‌گیرند (۱۳).

اختلال شناخت خفیف (amnesic multiple-domain MCI)

یک وضعیت متوسط بین پیری شناختی نرمال و زوال عقل است (۱۶). در تحقیقات مختلف نشان داده شده است که ۱۶ درصد افراد بالای ۷۰ سال نقص شناخت خفیف دارند (۱۷). نقص شناخت خفیف، فراتر از سن، توسط نقص حافظه عینی، شناخته شده است (۱۸). بنابراین کاهش عملکرد شناختی مانند تسلط به زبان، یادآوری نام و توجه در افراد با اختلال شناخت خفیف در مقایسه با افراد بزرگسال سالم گزارش شده است (۱۹). همچنین نقص شناخت خفیف اثر قابل توجهی روی کنترل تعادل استاتیک (۲۰) و داینامیک (۲۱) دارد. لذا افراد مسن با نقص اختلال شناخت خفیف، افزایش در نوسان پاسچر را نشان می‌دهند (۲۲). همچنین به طور قابل توجهی ضعف عملکرد را در تست‌های تعادل کلینیکالی نشان می‌دهند (۲۳). نقص شناختی خفیف در فعالیت‌های روزانه زندگی مانند راه رفتن (۲۴و۲۵) تأثیر دارد که ممکن است منجر به افتادن شود (۲۰). مطالعات روی کنترل تعادل در افراد مبتلا به نقص شناخت خفیف محدود است. در پژوهشی نشان داده شد که در افراد مسن با نقص شناخت خفیف ضعف هماهنگی‌های وضعیتی پیش‌بینانه وجود دارد (۲۰). همچنین در پژوهشی نشان داده شد که ۱۲ ماه برنامه تمرینی تقویتی و تعادلی می‌تواند سبب بهبودی تعادل در افراد با نقص شناخت خفیف شود (۲۱). به علاوه گزارش شده تمرین تاي چی (۲۶)، راه رفتن (۲۷)، شیفت وزن (۲۸) و تمرین

و بدون جابجایی، به نقطه از پیش تعیین شده در فاصله دو متری خود به دیوار روبرو نگاه کند. محیط آزمایشگاه در فرایند اندازه گیری ساکت بود و هیچگونه اختلالگر سیستم بینایی وجود نداشت. در بار اول که فرد روی دستگاه قرار گرفت، جای پای او ثبت شد تا در نوبت‌های بعدی در موقعیت یکسان قرار گیرد. در هر تکلیف سه بار آزمون گیری انجام شد که زمان هر آزمون ۳۰ ثانیه و مدت زمان استراحت بین دو آزمون ۳۰ ثانیه بود. آزمون گیری تکالیف در سه حالت ایستادن یک پا، ایستادن با دو پا با چشمان باز و بسته اجرا شد و برای جلوگیری از افتادن در حالت چشم بسته یک شخص مراقب فرد مبتلا به اختلال شناخت خفیف بود (۳۲). با توجه به این که سالمندان توانایی ایستادن بر روی یک پا در مدت زمان ۳۰ ثانیه را نداشتند؛ دو تکلیف ایستادن با دو پا با چشمان باز و بسته اجرا شد.

برنامه تمرینی پیلاتس: مداخله برنامه تمرینی پیلاتس و دستورالعمل‌های آن، توسط یک فیزیوتراپ با سابقه ۵ سال تجربه انجام شد. قبل از تمرینات، نکات کلیدی و اصول کلیدی تمرینات پیلاتس (الایمنت و تنفس) آموزش داده شد (۳۳ و ۳۴). جلسات تمرینی شامل چهار تمرین بود. تمرینات به ترتیب شامل هاندرید (Hundred)، تمرین کشش تک پا (One leg stretch)، کشش دوپا (Double leg stretch)، کلام (Clam)، شولدر بریج (Shoulder bridge)، چرخش هیپ (Hip twist)، سیزیز (Scissors)، وان لیگ کیک (One leg kick)، ساید کیک (Side kick) و وان لیگ سکل (One leg circle) بودند (۳۵ و ۳۶) (جدول یک).

جدول ۱: شرح برنامه تمرینی پیلاتس

حرکت تمرینی	شرح
Hundred	فلکشن مفاصل زانو و هیپ هر دو پا در وضعیت طاقباز همراه با بالا آوردن سر و سینه و قرار دادن دست‌ها به موازات ران‌ها.
One leg stretch	فلکشن مفاصل زانو و هیپ یک پا در وضعیت طاقباز همراه با قرار دادن دست‌ها به موازات ران‌ها.
Double leg stretch	همانند تمرین قبل و برای هر دو پا.
Clam	قرار گرفتن فرد در وضعیت خوابیده به یک سمت از پهلوی و دور کردن زانو از زانوی مقابل؛ در حالی که میج پاها در کنار یکدیگر قرار داشتند.
Shoulder bridge	قرار گرفتن فرد در وضعیت طاق باز با فلکشن ۹۰ درجه زانوها و بالا آوردن تنه و مفاصل هیپ در حالی که میج پا روی تخت حفظ شد.
Hip twist	قرار گرفتن فرد در وضعیت نشسته همراه با پاهای کشیده و نگاه داشتن دست‌ها در پشت کمر روی تخت برای حمایت و انجام حرکت چرخشی مفصل هیپ.
Scissors	قرار گرفتن فرد در وضعیت نشسته همراه با پاهای کشیده و نگاه داشتن دست‌ها در پشت کمر روی تخت برای حمایت و انجام حرکت چرخشی مفصل هیپ.
One leg kick	قرار گرفتن فرد در وضعیت دمر با اتکا روی ساعدها، خم کردن زانو یک سمت و حرکت آن به سمت پایین.
Side kick	قرار گرفتن فرد در وضعیت خوابیده به پهلوی روی یک سمت و قرار دادن دست‌ها در پشت سر، بالا آوردن اندام تحتانی یک سمت و دور کردن آن از اندام سمت دیگر و بازگرداندن آن به وضعیت شروع.
One leg circle	قرار گرفتن فرد در وضعیت طاق باز و بالا آوردن مستقیم اندام تحتانی یک سمت و انجام حرکات چرخشی همراه با صاف نگه داشتن زانو.

معیارهای پترسن (Petersen's criteria) برای تشخیص اختلال شناخت خفیف (۳۰)، کسب امتیاز ۲۴ یا بیشتر در MMSE (Mini-Mental State Examination) و کمتر از ۲۶ در MoCA (Montreal Cognitive Assessment)، داشتن حافظه کافی برای به‌خاطر سپردن نکات و درک کردن دستورالعمل‌های لازم برای شرکت در مطالعه، زندگی مستقل در جامعه، راه رفتن بدون هیچگونه کمک نظیر عصا یا واکر، تاییدیه پزشک برای شرکت در مطالعه و امضاء کردن فرم تاییدیه مشارکت آگاهانه در مطالعه بودند. معیارهای عدم ورود به مطالعه شامل سالمندان نهادهی (بستری شده، بیماری terminal)، سابقه افسردگی، اضطراب یا سایر اختلالات روانی (Geriatric Depression Scale-15 > ۵)، دریافت دارو برای مشکلات شناختی، عصبی یا اسکلتی - عضلانی (مانند سابقه حادثه قلبی - مغزی، بیماری پارکینسون، جراحی اندام تحتانی، اختلالات قابل توجه ارتوپدی یا بیماری حاد)، وجود اختلال بینایی علیرغم اصلاح با عینک، وجود وضعیت‌های حاد یا مزمن مانع انجام تمرینات، تمرین کردن منظم بیشتر یا مساوی ۳۰ دقیقه در روز و کمتر و مساوی ۳ روز در هفته بودند.

از شرکت کنندگان درخواست شد تا ۲۴ ساعت قبل از ارزیابی‌ها هر ماده‌ای که ممکن است بر کنترل پاسچر اثر بگذارد (مانند الکل، آرام بخش، داروهای سرماخوردگی، محرک‌ها) را مصرف نکنند. همچنین از سالمندان درخواست شد تا در دوران مطالعه در ورزش (به‌خصوص ورزش‌های موثر بر تعادل) شرکت نکنند.

اندازه‌گیری کنترل پاسچر: پیش از اجرای تمرینات پیلاتس، از آزمودنی‌ها پیش آزمون (اندازه‌گیری نوسان پاسچر) گرفته شد. پس از اجرای پیش آزمون، گروه مداخله تمرینات پیلاتس را به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه و هر جلسه یک ساعت انجام دادند. گروه کنترل فعالیت‌های روزانه خود را انجام دادند. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های نوسان پاسچر (میزان مساحت محدوده نوسان مرکز فشار بدن بر حسب میلی‌لیتر مربع و میزان مسافت نوسان مرکز فشار بدن بر حسب میلی‌لیتر) از دستگاه توزیع فشار از نوع FDM-S ساخت شرکت زیریس آلمان استفاده شد. میزان تکرارپذیری این دستگاه برای میزان مساحت محدوده نوسان مرکز فشار بدن برابر با $ICC=0.86$ و برای میزان مسافت نوسان مرکز فشار بدن برابر با $ICC=0.93$ گزارش شده است (۳۱).

پس از روشن نمودن و کالیبره کردن دستگاه، توضیحات مورد نیاز در مورد فرآیند کلی آزمون به هر آزمودنی داده شد. از هر آزمودنی خواسته شد تا با پای برهنه بر روی صفحه دستگاه به صورت ریلکس بایستد؛ دست‌ها در کنار بدن آویزان بوده و پاسچر در وضعیت طبیعی، پاها به اندازه فاصله بین دو خار خاصه‌ای فوقانی قدامی (Anterior superior iliac spine: ASIS) از هم فاصله

جدول ۲: مشخصات دموگرافیک بیماران مورد مطالعه به تفکیک دو گروه تمرینات پیلاتس و گروه کنترل قبل از مداخله

متغیرها	گروه کنترل	گروه تمرین پیلاتس	p-value
سن (سال)	۶۷/۴۷±۴/۱۷	۷۰/۲۰±۷/۴۵	۰/۲۲۶
قد (سانتی متر)	۶۷/۵۳±۷/۸۳	۶۴/۱۳±۹/۴۵	۰/۲۹۳
وزن (کیلوگرم)	۱۶۰/۲۷±۴/۹۵	۱۵۸/۸۰±۹/۲۵	۰/۵۹۴
نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۶/۳۱±۳/۱۴	۲۵/۴۹±۳/۶۶	۰/۵۱۸

جدول ۳: مقایسه میانگین مساحت و مسافت نوسان مرکز فشار در وضعیت چشمان باز و بسته در گروه‌های مورد مطالعه

نوسان مرکز فشار	اختلاف میانگین (فاصله اطمینان ۹۵ درصد)	p-value *
مساحت در وضعیت چشمان باز	۱/۹۳ تا -۱/۷۳ (-۱/۳۲)	۰/۰۰۱
مساحت در وضعیت چشمان بسته	۱/۲۰ تا -۰/۸۴ (۰/۴۷)	۰/۰۰۱
مسافت در وضعیت چشمان باز	۱/۲۸ تا -۰/۵۰ (-۰/۸۹)	۰/۰۰۱
مسافت در وضعیت چشمان بسته	۱/۲۴ تا -۰/۳۲ (-۰/۷۸)	۰/۰۰۲

* p-value بر اساس آزمون ANCOVA

مورد مطالعه در وضعیت‌های چشمان باز و بسته در جدول‌های ۴ و ۳ آمده است.

بعد از مداخله میانگین مساحت و مسافت محدوده نوسان مرکز فشار بدن در وضعیت با چشم باز و چشم بسته در گروه مداخله در مقایسه با گروه کنترل امتیاز بهتری داشت ($P < 0/05$) (جدول ۳).

میانگین مساحت نوسان مرکز فشار در وضعیت چشمان باز در پس آزمون گروه تمرینات پیلاتس و گروه کنترل به ترتیب به میزان ۱/۶۲- واحد و ۰/۲۹- واحد نسبت به ابتدای مطالعه کاهش یافت و این کاهش میانگین در گروه مداخله و گروه کنترل از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$). همچنین میانگین مساحت نوسان مرکز فشار در وضعیت چشمان بسته در گروه‌های مداخله و کنترل به ترتیب به میزان ۱/۰۱- واحد و ۰/۱۳- واحد کاهش یافت و این کاهش میانگین تنها در گروه تمرینات پیلاتس نسبت به ابتدای مطالعه از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$).

میانگین مسافت نوسان مرکز فشار در وضعیت چشمان باز در پس آزمون در گروه تمرینات پیلاتس به میزان ۱/۱۱- واحد و در گروه کنترل به میزان ۰/۱۶- واحد کاهش یافت که این کاهش میانگین تنها در گروه مداخله از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$). همچنین میانگین مسافت نوسان مرکز فشار در وضعیت چشمان بسته در گروه مداخله و کنترل به ترتیب به میزان ۰/۹۴- واحد و ۰/۱۶- واحد کاهش یافت که این کاهش میانگین در تنها در گروه مداخله بعد از انجام هشت هفته تمرینات پیلاتس در مقایسه با ابتدای مطالعه از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$). میانگین مسافت نوسان مرکز فشار در وضعیت چشمان باز و بسته در گروه کنترل در مقایسه با شروع مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

بحث

با توجه به نتایج این مطالعه، میزان نوسان پاسچر در سالمندان

تمرینات به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه بود که ۱۰ دقیقه از زمان کلی هر جلسه به گرم کردن، ۴۰ دقیقه تمرینات اصلی، و ۱۰ دقیقه به سرد کردن اختصاص داشت. پروتکل تمرینی پیلاتس به صورت یک ست با ده تکرار برای هفته اول و دوم و پس از آن دو ست با ۱۲ تکرار برای هفته سوم تا هشتم انجام و در هر هفته ۳ جلسه و به مدت یک ساعت انجام گردید. هر تمرین در هفته اول و دوم به صورت استاتیک ۵ ثانیه نگه داشته شد و در هفته سوم تا هشتم به ۱۰ ثانیه پیشرفت داده شد. زمان استراحت بین هر ست در هفته اول و دوم ۶۰ ثانیه بود و در هفته سوم تا هشتم به ۴۰ ثانیه پیشرفت داده شد. کلیه تمریناتی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند؛ با برنامه‌های تمرینی که از مطالعات مختلف به دست آمده بودند؛ مطابقت داشت (۳۶ و ۳۷).

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-23 تجزیه و تحلیل شدند و به صورت میانگین و انحراف معیار برای هر گروه گزارش گردید. نرمال بودن توزیع داده‌ها به تفکیک گروه‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk-Test) بررسی گردید. برای مقایسه صفات پایه در دو گروه از آزمون تی مستقل استفاده شد. برای مقایسه میانگین متغیرهای مورد نظر، بعد از انجام مداخله در گروه‌ها با تعدیل مقادیر اندازه‌گیری‌های پایه متغیرها (مقایسه بین گروهی)، تحلیل کوواریانس (ANCOVA) به کار رفت. علاوه بر آن، مقایسه تغییرات قبل و بعد از انجام مداخله در داخل هر گروه (مقایسه درون گروهی) توسط آزمون تی زوجی صورت گرفت. سطح معنی‌داری همه آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بین گروه‌ها در متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت و همگن بودند (جدول ۲). میانگین و انحراف معیار مساحت نوسان مرکز فشار در گروه‌های

جدول ۴: مقایسه میانگین مساحت و مسافت نوسان مرکز فشار در قبل و بعد از مداخله به تفکیک گروه‌های مورد مطالعه

نوسان مرکز فشار	متغیرها	گروه تمرینات پيلاتس	گروه کنترل
مساحت در وضعیت چشم‌ان باز	قبل مداخله	۱۸/۶۰±۵/۳۸	۱۸/۷۶±۱۳/۰۲
	بعد مداخله	۱۶/۹۹±۵/۶۲	۱۸/۴۸±۱۲/۷۲
	اختلاف میانگین (فاصله اطمینان ۹۵ درصد)	(-۱/۳ تا -۱/۶۲)	(-۰/۵ تا -۰/۲۹)
	p-value *	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱
مساحت در وضعیت چشم‌ان بسته	قبل مداخله	۵/۳۹±۱/۶۹	۴/۸۴±۴/۳
	بعد مداخله	۴/۳۹±۱/۷۲	۴/۷۰±۳/۹۷
	اختلاف میانگین (فاصله اطمینان ۹۵ درصد)	(-۱/۰۱ تا ۰/۶۴)	(-۰/۳۰ تا ۰/۱۳)
	p-value *	۰/۰۰۱	۰/۱۱۵
مسافت در وضعیت چشم‌ان باز	قبل مداخله	۵/۳۵±۱/۸۳	۴/۶۹±۴/۱
	بعد مداخله	۴/۲۴±۱/۸۳	۴/۵۳±۳/۷۸
	اختلاف میانگین (فاصله اطمینان ۹۵ درصد)	(-۱/۱۱ تا -۰/۷۴)	(-۰/۴۳ تا ۰/۱۱)
	p-value *	۰/۰۰۱	۰/۲۲۳
مسافت در وضعیت چشم‌ان بسته	قبل مداخله	۵/۴۴±۱/۷۹	۵/۲۸±۳/۹۷
	بعد مداخله	۴/۵۰±۰/۹۹	۵/۱۲±۳/۸۲
	اختلاف میانگین (فاصله اطمینان ۹۵ درصد)	(-۰/۵۱ تا -۰/۹۴)	(-۰/۳۵ تا ۰/۰۳)
	p-value *	۰/۰۰۱	۰/۰۸۷

* p-value بر اساس آزمون تی-زوجی

همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی تمرینات تای چی با تمرینات کششی روی عملکرد شناختی و خطر افتادن در افراد مسن مبتلا به اختلال شناخت خفیف پرداختند و نتایج نشان داد که این تمرینات سبب بهبود تعادل و عملکرد شناختی می‌شود (۲۶). مطالعه Lam و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان داد که تمرینات بدنی روی تعادل و قدرت و مویلتی و استقامت در افراد مبتلا به اختلال شناخت خفیف سبب بهبود تعادل می‌شود (۲۷).

در مورد مکانیسم اثر تمرینات پيلاتس می‌توان بیان کرد که انقباض عضلات ناحیه مرکزی قبل از حرکت عضو، نیازمند واکنش پیش بین پاسجری از سوی سیستم عصبی مرکزی است که از اختلالات پاسجری جلوگیری می‌کند و در سازماندهی تعادل پویا مشارکت دارد. لذا این نوع تمرینات منجر به بهبود پیش‌بینی فعالیت و در نتیجه کاهش اختلال در جابجایی و نوسان مرکز ثقل می‌شود (۴۲). همچنین تمرینات پيلاتس موجب افزایش در سنتز عوامل رشد عصبی، افزایش ظرفیت پردازش پیام‌های عصبی شده و ارتباطات سیناپسی، افزایش ظرفیت پردازش پیام‌های عصبی شده و حتی با تنظیم سطوح انتقال دهنده‌های عصبی، باعث تحریک آزادسازی کلسیم شده و ترشح دوپامین و استیل کولین را افزایش می‌دهد. این عوامل برای حفظ عملکردهای عصبی، پرورش روحیه مثبت و بالا بردن عملکرد شناختی مؤثرند (۴۳). لذا احتمالاً این اثرات منجر به عملکرد مطلوب و افزایش قدرت اندام تحتانی می‌شود که می‌تواند تثبیت عضلانی را مناسب‌تر انجام دهند و در نتیجه گشتاورهای تولید شده در حین عمل دستیابی را بهتر خنثی

مبتلا به اختلال شناخت خفیف بعد از تمرینات پيلاتس در دو حالت چشم‌ان باز و چشم‌ان بسته به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. این نتایج با یافته‌های مطالعه Lee و همکاران (۳۸)، Sungkarat و همکاران (۳۹)، Lopes و همکاران (۴۰)، Kovács و همکاران (۲۱)، Lam و همکاران (۲۶ و ۲۷) همسو بود.

در مطالعه Tomruk و همکاران که اثر تمرینات پيلاتس روی عکس‌العمل حسی (sensory interaction)، کنترل پاسجری و خستگی در بیماران مبتلا اسکروز چند گانه بررسی شد؛ نتایج نشان داد که تمرینات پيلاتس سبب تقویت عکس‌العمل حسی، تعادل و خستگی می‌شود (۴۱). مطالعه Lopes و همکاران روی اثر فوری تمرینات پيلاتس روی کنترل پاسجری در افراد جوان با کمر درد غیراختصاصی انجام شد و تمرینات پيلاتس تعادل دینامیک و کنترل پاسجری را در این افراد بهبود بخشید (۴۰). در مطالعه Lee و همکاران اثر یک جلسه تمرین پرتاپ توپ روی کنترل پاسجری در افراد سالمند مبتلا به اختلال شناخت خفیف بررسی و نتایج نشان داد که این تمرین می‌تواند برای بهبود تعادل در افراد مسن با اختلال شناخت خفیف موثر باشد (۳۸). Sungkarat و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی اثر تمرین تای چی روی شناخت و افتادن در افراد مبتلا به اختلال شناخت خفیف پرداختند و نتایج نشان داد که تمرینات تای چی به‌طور قابل توجهی روی عملکرد شناختی و کاهش افتادن در افراد مبتلا به اختلال شناخت خفیف موثر است (۳۹). در مطالعه Kovács و همکاران تمرینات تعادلی و تقویتی روی تعادل افراد مبتلا به اختلال شناخت خفیف سبب بهبود تعادل گردید (۲۱). Lam و

کند و در نهايت آزمودنی می تواند فاصله بیشتری کسب نموده و باعث بهبود تعادل پویای فرد شود (۴۴).

تمرینات پيلاتس موجب توسعه و کنترل حسی - حرکتی عضلات تنه و عضلات مرکزی بدن می شود (۴۵). همچنین تمرینات پيلاتس می تواند باعث بهبود قدرت عضلانی و عوامل روانی شرکت کنندگان شود. چرا که کاهش قدرت عضلانی اندام تحتانی منجر به قرارگیری مرکز ثقل در مقابل مفصل مچ پا شده که خود باعث اختلال در تعادل و افتادن می شود. از سویی بهبود قدرت عضلانی می تواند باعث جابجایی مرکز ثقل به مفصل مچ پا شده و تعادل را بهبود بخشد (۴۵). همچنین تمرینات پيلاتس روش مناسبی برای تمرین آگاهی ذهن - بدن و کنترل پاسچرال با درخواست های عصبی - عضلانی بالا به خصوص در دوران سالمندی، برای حفظ تعادل است (۴۶). ژوزف پيلاتس معتقد بود افراد از طریق کنترل به شیوه هدفمند کنترل جسم خود را در دست می گیرند که باعث توسعه و کنترل حسی حرکتی عضلات تنه و عضلات مرکزی بدن می شود. بنابراین انجام فعالیت های جسمانی به خصوص ورزش پيلاتس باعث فراهم نمودن فرصت های تمرینی و ایجاد چالش برای

مکانیسم های درگیر در تعادل شده و به بهبود آنها منجر می شود (۴۷). تمرینات پيلاتس می تواند به عنوان یک روش تمرینی ایمن و مؤثر در بهبود تعادل سالمندان مبتلا به اختلال شناخت خفیف مورد توجه قرار گیرد. لذا پیشنهاد می شود کسانی که در مراکز نگهداری و اوقات فراغت سالمندان به عنوان مربی ورزش مشغول به کار هستند؛ در برنامه کاری خود از تمرینات پيلاتس برای حفظ و بالا نگه داشتن سلامت جسمانی افراد مبتلا به اختلال شناخت خفیف استفاده نمایند.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان دهنده بهبود کنترل پاسچر با انجام تمرینات پيلاتس در سالمندان مبتلا به اختلال شناخت خفیف بود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی (شماره ۷۶۹۵) مصوب مرکز تحقیقات عوامل محیطی مؤثر بر سلامتی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه بود. هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد. بدین وسیله از همه آزمودنی ها که با اعلام آمادگی و مشارکت جدی ما را در اجرای این مطالعه یاری نمودند؛ سپاسگزاری می گردد.

References

1. Fabunmi AA, Gbiri CA. Relationship between balance performance in the elderly and some anthropometric variables. *Afr J Med Med Sci*. 2008 Dec; 37(4): 321-26.
2. Wolfson L, Whipple R, Derby C, Judge J, King M, Amerman P, et al. Balance and strength training in older adults: intervention gains and Tai Chi maintenance. *J Am Geriatr Soc*. 1996 May; 44(5): 498-506. DOI: 10.1111/j.1532-5415.1996.tb01433.x
3. Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Neurophysiol Clin*. 2008 Dec; 38(6): 411-21. DOI: 10.1016/j.neucli.2008.09.005
4. Kearl MC. Dying Well: The Unspoken Dimension of Aging Well. *Am Behav Sci*. 1996; 39(3): 336-60. DOI: 10.1177/0002764296039003009
5. Santos MJ, Kanekar N, Aruin AS. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010 Jun; 20(3): 388-97. DOI: 10.1016/j.jelekin.2009.06.006
6. Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Prog Neurobiol*. 1992; 38(1): 35-56. DOI: 10.1016/0301-0082(92)90034-c
7. Claudino R, dos Santos ECC, Santos MJ. Compensatory but not anticipatory adjustments are altered in older adults during lateral postural perturbations. *Clin Neurophysiol*. 2013 Aug; 124(8): 1628-37. DOI: 10.1016/j.clinph.2013.02.111
8. Park S, Horak FB, Kuo AD. Postural feedback responses scale with biomechanical constraints in human standing. *Exp Brain Res*. 2004 Feb; 154(4): 417-27. DOI: 10.1007/s00221-003-1674-3
9. Kanekar N, Aruin AS. Aging and balance control in response to external perturbations: role of anticipatory and compensatory postural mechanisms. *Age (Dordr)*. 2014 Jun; 36(3): 9621. DOI: 10.1007/s11357-014-9621-8
10. Aruin AS, Kanekar N, Lee YJ, Ganesan M. Enhancement of anticipatory postural adjustments in older adults as a result of a

- single session of ball throwing exercise. *Exp Brain Res*. 2015 Feb; 233(2): 649-55. DOI: 10.1007/s00221-014-4144-1
11. Inglin B, Woollacott M. Age-related changes in anticipatory postural adjustments associated with arm movements. *J Gerontol*. 1988 Jul; 43(4): M105-13. DOI: 10.1093/geronj/43.4.m105
12. Man'kovskii NB, AYa M, Lysenyuk VP. Regulation of the preparatory period for complex voluntary movement in old and extreme old age. *Hum Physiol*. 1980 Jan-Feb; 6(1): 46-50.
13. Rogers MW, Kukulka CG, Soderberg GL. Age-related changes in postural responses preceding rapid self-paced and reaction time arm movements. *J Gerontol*. 1992 Sep; 47(5): M159-65. DOI: 10.1093/geronj/47.5.m159
14. Bleuse S, Cassim F, Blatt JL, Labyt E, Derambure P, Guieu JD, et al. Effect of age on anticipatory postural adjustments in unilateral arm movement. *Gait Posture*. 2006 Oct; 24(2): 203-10. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2005.09.001
15. Garland SJ, Stevenson TJ, Ivanova T. Postural responses to unilateral arm perturbation in young, elderly, and hemiplegic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997 Oct; 78(10): 1072-77. DOI: 10.1016/s0003-9993(97)90130-1
16. Petersen RC, Smith GE, Waring SC, Ivnik RJ, Tangalos EG, Kokmen E. Mild cognitive impairment: clinical characterization and outcome. *Arch Neurol*. 1999 Mar; 56(3): 303-8. DOI: 10.1001/archneur.56.3.303
17. Petersen RC, Roberts RO, Knopman DS, Geda YE, Cha RH, Pankratz VS, et al. Prevalence of mild cognitive impairment is higher in men. *The Mayo Clinic Study of Aging. Neurology*. 2010 Sep; 75(10): 889-97. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181f11d85
18. Dubois B, Albert ML. Amnesic MCI or prodromal Alzheimer's disease? *Lancet Neurol*. 2004 Apr; 3(4): 246-48. DOI: 10.1016/S1474-4422(04)00710-0
19. Hwang J, Lee S. The effect of virtual reality program on the cognitive function and balance of the people with mild cognitive

- impairment. *J Phys Ther Sci*. 2017 Aug; 29(8): 1283-86. DOI: 10.1589/jpts.29.1283
20. Bahureksa L, Najafi B, Saleh A, Sabbagh M, Coon D, Mohler MJ, et al. The Impact of Mild Cognitive Impairment on Gait and Balance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Studies Using Instrumented Assessment. *Gerontology*. 2017; 63(1): 67-83. DOI: 10.1159/000445831
21. Kovács E, Sztruhár Jónásné I, Karóczy CK, Korpos A, Gondos T. Effects of a multimodal exercise program on balance, functional mobility and fall risk in older adults with cognitive impairment: a randomized controlled single-blind study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2013 Oct; 49(5): 639-48.
22. Deschamps T, Beauchet O, Annweiler C, Cornu C, Mignardot JB. Postural control and cognitive decline in older adults: position versus velocity implicit motor strategy. *Gait Posture*. 2014; 39(1): 628-30. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.07.001
23. Franssen EH, Souren LE, Torossian CL, Reisberg B. Equilibrium and limb coordination in mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc*. 1999 Apr; 47(4): 463-69. DOI: 10.1111/j.1532-5415.1999.tb07240.x
24. Díaz-Mardomingo MDC, García-Herranz S, Rodríguez-Fernández R, Venero C, Peraíta H. Problems in Classifying Mild Cognitive Impairment (MCI): One or Multiple Syndromes? *Brain Sci*. 2017 Sep; 7(9): 111. DOI: 10.3390/brainsci7090111
25. Goyal N, Luna G, Curuk E, Aruin AS. Role of motor and cognitive tasks in gait of individuals with mild cognitive impairment. *Int J Rehabil Res*. 2019 Jun; 42(2): 174-79. DOI: 10.1097/MRR.0000000000000341
26. Lam LCW, Chau RCM, Wong BML, Fung AWT, Tam CWC, Leung GTY, et al. A 1-year randomized controlled trial comparing mind body exercise (Tai Chi) with stretching and toning exercise on cognitive function in older Chinese adults at risk of cognitive decline. *J Am Med Dir Assoc*. 2012 Jul; 13(6): 568.e15-20. DOI: 10.1016/j.jamda.2012.03.008
27. Lam FM, Huang MZ, Liao LR, Chung RC, Kwok TC, Pang MY. Physical exercise improves strength, balance, mobility, and endurance in people with cognitive impairment and dementia: a systematic review. *J Physiother*. 2018 Jan; 64(1): 4-15. DOI: 10.1016/j.jphys.2017.12.001
28. Schwenk M, Sabbagh M, Lin I, Morgan P, Grewal GS, Mohler J, et al. Sensor-based balance training with motion feedback in people with mild cognitive impairment. *J Rehabil Res Dev*. 2016; 53(6): 945-58. DOI: 10.1682/JRRD.2015.05.0089
29. Smith-Ray RL, Irmiter C, Boulter K. Cognitive Training among Cognitively Impaired Older Adults: A Feasibility Study Assessing the Potential Improvement in Balance. *Front Public Health*. 2016 Oct; 4: 219. DOI: 10.3389/fpubh.2016.00219
30. Petersen RC. Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *J Intern Med*. 2004 Sep; 256(3): 183-94. DOI: 10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x
31. Lee J, Yoo HN, Lee BH. Effects of augmented reality-based Otago exercise on balance, gait, and physical factors in elderly women to prevent falls: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci*. 2017 Sep; 29(9): 1586-89. DOI: 10.1589/jpts.29.1586
32. Mohammadian Z, Rajabi R, Minoonejad H, Samadzade A. Effect of a 6-Week Balance Training Program with Shuttle Balance on Balance, Gait Speed, and Fear of Falling in Elderlies. *Elder Health J*. 2019; 5(2): 72-78. DOI: 10.18502/ehj.v5i2.2152
33. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. *Complement Ther Med*. 2012 Aug; 20(4): 253-62. DOI: 10.1016/j.ctim.2012.02.005
34. Bjerkefors A, Ekblom MM, Josefsson K, Thorstensson A. Deep and superficial abdominal muscle activation during trunk stabilization exercises with and without instruction to hollow. *Man Ther*. 2010 Oct; 15(5): 502-7. DOI: 10.1016/j.math.2010.05.006
35. Rydeard R, Leger A, Smith D. Pilates-based therapeutic exercise: effect on subjects with nonspecific chronic low back pain and functional disability: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006 Jul; 36(7): 472-84. DOI: 10.2519/jospt.2006.2144
36. Irez GB, Ozdemir RA, Evin R, Irez SG, Korkusuz F. Integrating pilates exercise into an exercise program for 65+ year-old women to reduce falls. *J Sports Sci Med*. 2011 Mar; 10(1): 105-11.
37. Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *J Strength Cond Res*. 2010 Mar; 24(3): 661-67. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c277a6
38. Lee Y, Goyal N, Luna G, Aruin AS. Role of a single session of ball throwing exercise on postural control in older adults with mild cognitive impairment. *Eur J Appl Physiol*. 2020 Feb; 120(2): 443-51. DOI: 10.1007/s00421-019-04289-1
39. Sungkarat S, Boripuntakul S, Chattipakorn N, Watcharasakul K, Lord SR. Effects of Tai Chi on Cognition and Fall Risk in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. *J Am Geriatr Soc*. 2017 Apr; 65(4): 721-27. DOI: 10.1111/jgs.14594
40. Lopes S, Correia C, Félix G, Lopes M, Cruz A, Ribeiro F. Immediate effects of Pilates based therapeutic exercise on postural control of young individuals with non-specific low back pain: A randomized controlled trial. *Complement Ther Med*. 2017 Oct; 34: 104-10. DOI: 10.1016/j.ctim.2017.08.006
41. Tomruk MS, Uz MZ, Kara B, İdman E. Effects of Pilates exercises on sensory interaction, postural control and fatigue in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler Relat Disord*. 2016 May; 7: 70-73. DOI: 10.1016/j.msard.2016.03.008
42. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992 Dec; 5(4): 383-89. DOI: 10.1097/00002517-199212000-00001
43. Cotman CW, Berchtold NC. Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci*. 2002 Jun; 25(6): 295-301. DOI: 10.1016/s0166-2236(02)02143-4
44. Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, Denegar CR. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. *J Sport Rehabil*. 2009 May; 18(2): 240-57. DOI: 10.1123/jsr.18.2.240
45. de Vries NM, van Ravensberg CD, Hobbelen JSM, Olde Rikkert MGM, Staal JB, Nijhuis-van der Sanden MWG. Effects of physical exercise therapy on mobility, physical functioning, physical activity and quality of life in community-dwelling older adults with impaired mobility, physical disability and/or multimorbidity: a meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2012 Jan; 11(1): 136-49. DOI: 10.1016/j.arr.2011.11.002
46. Newell D, Shead V, Sloane L. Changes in gait and balance parameters in elderly subjects attending an 8-week supervised Pilates programme. *J Bodyw Mov Ther*. 2012 Oct; 16(4): 549-54. DOI: 10.1016/j.jbmt.2012.02.002
47. Irez GB. Pilates exercise positively affects balance, reaction time, muscle strength, number of falls and psychological parameters in 65+ years old women. Ph.D. Doctoral Dissertation. School of Social Sciences. Middle East Technical University. 2009.