



Original Article

Effect of Pilates, TRX, and Mixed Exercises on Balance, Executive, and Cognitive Functions among Elderly People

Mahdieh Eslami NosratAbadi¹ , Azam Tolabi MazraeNo¹ , Farzaneh Davari¹ ,
Faezeh Jeddi² , Maral Mehnati KouchehBagh³

1. Assistant Professor, Department of Physical Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran.
2. Department of Behavioral Sciences, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran.
3. PhD student in Sports Biomechanics, Tehran, Iran.

Received: 27/04/2023, Revised: 05/12/2023, Accepted: 23/02/2024

Abstract

Purpose: The aim of the present study was to investigate the effect of Pilates, TRX and mixed exercises on balance, executive and cognitive functions among elderly people.

Methods: The present study was a quasi-experimental study with a pre-test-post-test design. The sample consisted of 60 men healthy elderly people aged 65 to 75 years who were selected by availability and randomly assigned to 4 groups of 15 people including Pilates, TRX, combined and control. The groups trained for 8 weeks and two sessions per week. The sharpened Romberg test was used to assess balance and the Stroop and Tower of London tests were used to assess executive and cognitive functions. The data were analyzed using one-way ANOVA and Bonferroni post hoc test. All data were analyzed using SPSS version 21 software at a significance level of $P < 0.05$.

Results: The results of the one-way ANOVA showed that there was a significant difference in the post-test stage between the study groups. The results of the post-hoc Bonferroni test also showed that the mixed exercise group had a better average performance in balance, and the components of total time, strategic planning and problem solving compared to the other groups ($P < 0.05$). Also, the Pilates exercise group had a better performance than the TRX and control groups ($P < 0.05$).

Conclusion: Based on the results of the present study, it is suggested that combined TRX and Pilates exercises be used to improve balance, executive and cognitive functions in healthy elderly people.

Keywords: Pilates Exercises, TRX Exercises, Mixed Exercises, Balance, Executive Functions, Elderly People.

* Corresponding Author: Mahdieh EslamiNosratabadi, E-mail: dr.m.eslami@cfu.ac.ir

How to Cite: EslamiNosratabadi, M., Tolabi MazraeNo, A., Davari, F., Jeddi, F., Mehnati KouchehBagh, M. The Effect of Pilates, TRX, and Mixed Exercises on Balance, Executive, and Cognitive Functions among Elderly People. *Sports Psychology*, 2025; 17(1):82-97. In Persian



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Background and Purpose

The global phenomenon of population aging has directed health specialists' attention toward enhancing the quality of life and maintaining functional independence in the elderly. With advancing age, a gradual decline in physical and cognitive abilities is inevitable. Among these, balance stands out as a key indicator of motor function, playing a vital role in fall prevention and maintaining individual independence. Concurrently, executive functions (such as planning, working memory, cognitive flexibility, and inhibition) and overall cognitive performance form the foundation of an individual's ability to manage daily life and interact effectively with the environment. The decline in these abilities not only increases the risk of incidents like falls but can also lead to social isolation and reduced mental health. In response to these challenges, regular physical activity has been emphasized as a non-pharmacological and cost-effective strategy. This study aimed to investigate and compare the effects of 8-week Pilates, TRX, and combined (Mixed) exercise programs on balance, executive and cognitive functions in healthy men elderly.

Materials and Methods

The present study was a quasi-experimental investigation with a pre-test-post-test design. The statistical sample consisted of 60 healthy elderly individuals aged 65 to 75 years from Yazd city, selected via convenience sampling and randomly assigned to four groups of 15: Pilates, TRX, Combined, and Control. Inclusion criteria comprised not using

assistive devices for walking and absence of mobility restrictions in the hip, thigh, and knee joints. Exclusion criteria included suffering from psychological and orthopaedic diseases, having neurological and structural deficits, and using anticonvulsant and psychiatric medications. The experimental groups trained for 8 weeks, two sessions per week, and each lasting 60 minutes. The Combined group performed 20 minutes of TRX exercises and 20 minutes of Pilates exercises in each session. The exercises were structured to include a 10-minute warm-up (light running, stretching, and flexibility movements), 40 minutes of main exercises specific to each group, and a 10-minute cool-down with simple stretching.

Assessment Tools:

1. Sharpened Romberg Test: Used to assess static balance. Participants stood in a heel-to-toe position with arms crossed, first with eyes open and then closed. The time (in seconds) the position was maintained without moving the feet, opening the eyes, or needing arm support was recorded.
2. Stroop Test (Computer Version): Administered to evaluate executive functions, particularly attention and response inhibition. The total time to complete the test was the primary variable analyzed.
3. Tower of London Test (Computer Version): Used to assess strategic planning and problem-solving abilities, key components of executive functions.
4. Mini-Mental State Examination (MMSE): Used for initial cognitive screening and ensuring group homogeneity at baseline.

Data were analyzed using descriptive statistics (mean, standard deviation) and inferential statistics, including one-way Analysis of Variance (ANOVA) and Bonferroni's post-hoc test, via SPSS software version 24, with a significance level set at $P < 0.05$.

Results

Analysis of the data revealed no significant differences between the four groups at the pre-test stage in terms of age, weight, height, Body Mass Index (BMI), MMSE score, or the dependent variables (static balance, total test time, strategic planning, problem-solving), confirming group homogeneity at baseline ($P > 0.05$). The results of the one-way ANOVA at the post-test stage indicated significant differences between the study groups in all assessed variables: static balance ($F(3,56) = 77.6849$, $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.35$), total test time (Stroop) ($F(3,56) = 33.9586$, $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.31$), strategic planning (Tower of London) ($F(3,56) = 29.4047$, $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.25$), and problem-solving (Tower of London) ($F(3,56) = 16.9402$, $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.24$).

Bonferroni's post-hoc test was conducted to pinpoint the sources of these significant differences. The results demonstrated that the Combined exercise group exhibited a significantly better average performance in static balance, total test time (Stroop), strategic planning, and problem-solving compared to the other three groups (Pilates, TRX, and Control) ($P < 0.05$). 2. The Pilates exercise group showed significantly better performance in these variables compared to the TRX and Control groups ($P < 0.05$). While the TRX group showed improvement from

pre-test to post-test, its performance was not superior to the Control group in all variables, and it was significantly lower than both the Combined and Pilates groups.

Conclusion

The primary finding of this study is the superior efficacy of the Combined (Pilates + TRX) exercise program compared to performing either Pilates or TRX alone in enhancing balance, executive functions, and cognitive performance in healthy elderly individuals. This synergistic effect can be explained by the complementary mechanisms of action of the two training modalities. Pilate's exercises, with their emphasis on core stability, precise motor control, bodily awareness, and concentration on breathing and movement form, primarily stimulate the central nervous system. This enhances motor planning, refines movement patterns, and strengthens networks related to sustained attention and inhibitory control. Conversely, TRX suspension training introduces controlled instability, intensely activating proprioceptive mechanisms (muscle spindles, Golgi tendon organs), the vestibular system, and visual-motor coordination. This dynamic challenge forces the central nervous system to generate optimal motor strategies and faster balance responses, improving sensory integration. The Combined program creates an integrated neuromotor challenge. Pilates provides a foundation of stability and control, which is then actively applied and challenged in the unpredictable, dynamic environment created by TRX. This forces the nervous system to integrate potentially conflicting sensory information (stability from Pilates vs. instability from TRX), leading to stronger

and more comprehensive neuroplastic changes in motor, sensory, and cognitive brain regions. At a higher cognitive level, this combination creates dual-attention challenges. Pilates requires sustained attention to body posture and coordination, while TRX demands rapid shifts in attention and cognitive flexibility to adapt to changing conditions. This dynamic interaction between structured exercises and dynamic challenges strengthens neural networks in the prefrontal and motor cortices, resulting in integrated improvements in processing speed, cognitive flexibility, and ultimately, daily life function. In conclusion, the findings of this study strongly suggest that combined Pilates and TRX exercises serve as an effective and efficient strategy for simultaneously enhancing physical and cognitive health in the elderly. This method, by creating diverse and multi-dimensional challenges, can be optimally utilized in health promotion programs for older adults, potentially contributing to fall prevention, maintained independence, and improved quality of life. It is recommended that fitness trainers, physiotherapists, and health planners incorporate such combined protocols into personalized training regimens for the elderly population.

Funding

This study received no funding from public, commercial, or nonprofit organizations.

Authors' Contributions

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study.

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgement

We sincerely thank all the elderly who collaborated in this research.



نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر تمرینات پیلاتس، تی.آر.ایکس و ترکیبی بر تعادل، کارکردهای اجرایی و شناختی سالمندان

مهديه اسلامي نصرت آبادي^{۱*}، اعظم طلابي مزرعه نو^۱، فرزانه داوري^۱، فائزه جدی^۲

مارال محنتی کوچه باغ^۳

۱. گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵ تهران، ایران.
 ۲. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران.
 ۳. دانشجوی دکترای تخصصی بیومکانیک ورزشی، تهران، ایران.
- تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۹/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۴

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرینات پیلاتس، تی آر ایکس و ترکیبی بر تعادل، کارکردهای اجرایی و شناختی سالمندان بود.

روش‌ها: روش پژوهش حاضر نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون بود. نمونه آمای شامل ۶۰ سالمند سالم ۶۵ تا ۷۵ سال بود که به روش در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در ۴ گروه ۱۵ نفری شامل گروه های پیلاتس، تی.آر.ایکس، ترکیبی و کنترل قرار گرفتند. گروه ها به مدت ۸ هفته و هفته ای دو جلسه تمرین کردند. جهت ارزیابی تعادل از آزمون تعادل ایستا شارپند-رومبرگ و برای ارزیابی کارکردهای اجرایی و شناختی از آزمون های استروپ، و برج لندن استفاده شد. داده ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شدند. تمامی داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ در سطح معناداری $P < 0.05$ تحلیل شد.

یافته ها: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه نشان داد تفاوت معناداری در مرحله پس آزمون بین گروه های مورد مطالعه وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی برونفرونی نیز نشان داد گروه تمرین ترکیبی دارای میانگین عملکرد بهتری در تعادل، و مولفه های زمان کل، برنامه ریزی راهبردی و حل مسئله نسبت به گروه های دیگر بودند ($P < 0.05$). همچنین گروه تمرینات پیلاتس نسبت به گروه های تی.آر.ایکس و کنترل عملکرد بهتری داشتند ($P < 0.05$).

نتیجه گیری: براساس نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می شود از تمرینات ترکیبی تی.آر.ایکس و پیلاتس جهت بهبود تعادل ایستا، کارکردهای اجرایی، شناختی و تعادل سالمندان سالم استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تمرینات پیلاتس، تمرینات تی.آر.ایکس، تمرینات ترکیبی، تعادل ایستا، کارکردهای اجرایی، سالمندان.

* Corresponding Author: Mahdiah EslamiNosratabadi, E-mail: dr.m.eslami@cfu.ac.ir

How to Cite: EslamiNosratabadi, M., Tolabi MazraeNo, A., Davari, F., Jeddi, F., Mehnati KouchehBagh, M. The Effect of Pilates, TRX, and Mixed Exercises on Balance, Executive, and Cognitive Functions among Elderly People. *Sports Psychology*, 2025; 17(1):82-97. In Persian



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

پیری جمعیت به عنوان یک پدیده جهانی، توجه متخصصان سلامت را به سوی ارتقای کیفیت زندگی و حفظ استقلال عملکردی در سالمندان معطوف نموده است (۱). با افزایش سن، کاهش تدریجی توانایی‌های جسمانی و شناختی امری اجتناب‌ناپذیر است. در این میان، تعادل به عنوان یکی از کلیدی‌ترین شاخص‌های عملکرد حرکتی، نقش حیاتی در پیشگیری از سقوط و حفظ استقلال فرد ایفا می‌کند (۲،۳). یکی از مشکلات دوران سالمندی افت مهارت‌های حرکتی است. بسیاری از محققان راه رفتن و کنترل تعادل را به عنوان عوامل تعیین استقلال زندگی افراد مسن می‌دانند؛ چرا که اجزای اصلی فعالیت‌های روزمره و حرکات ورزشی را می‌توان در دو بخش «حفظ تعادل برای حفظ موقعیت بدن و جهت‌یابی فضایی» و «تعامل بین اجزای آناتومیکی برای حرکت» تقسیم نمود (۴). لذا، بررسی عملکرد حرکتی سالمندان و عوامل موثری مانند قدرت، انعطاف، و تعادل ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، سیمونسیک و همکاران (۵) اظهار نمودند که توان عضلات ران نقش عمده‌ای در حفظ تعادل و ثبات در مرحله سکون راه رفتن افراد سالمند ایفا می‌کند؛ بنابراین، کاهش توده عضلانی و نیز ضعف سیستم حسی- حرکتی موجب کاهش تعادل و ثبات در هنگام راه رفتن می‌شود. از این رو، به کارگیری روش‌های درمانی مناسب برای بهبود عوامل حرکتی به منظور پیشگیری از زمین خوردن سالمندان ضروری است (۴،۵).

از سوی دیگر، کارکردهای اجرایی^۱ (مانند برنامه‌ریزی، حافظه کاری، انعطاف‌پذیری شناختی و بازداری) و عملکرد شناختی^۲، اساس توانایی فرد برای مدیریت زندگی روزمره و تعامل مؤثر با محیط محسوب می‌شوند (۳). افت این توانایی‌ها نه تنها خطر بروز حوادثی مانند زمین‌خوردن را افزایش می‌دهد، بلکه می‌تواند به انزوای اجتماعی و کاهش سلامت روان منجر شود (۶). آسیب به ساختارهای مغزی در دوره سالمندی منجر به نقص در کارکردهای شناختی شده و به تبع آن رفتارهای فرد را در زندگی روزانه مختل می‌کند (۷). تحقیقات مختلف موید این مساله است که سن هم بر فرایندهای شناختی و هم بر عملکردهای حرکتی تأثیری عمیق دارد و نارسایی‌های شناختی در دوره سالمندی بر کیفیت زندگی فرد تأثیرگذار بوده و نیازمند ارزیابی و درمان است (۸،۹). در کنار بررسی نقش و اثرگذاری مداخلات شناختی، نباید از نقش مداخلات حرکتی بر بهبود توانایی‌های شناختی و حرکتی در سالمندان غافل شد. در پاسخ به این چالش‌ها، فعالیت بدنی منظم به عنوان یک راهبرد غیردارویی و کم‌هزینه مورد تأکید قرار گرفته است (۱۰). فعالیت بدنی یکی از ابزارهای مهم تغییر شیوه زندگی است، که براساس نتایج مطالعات انجام شده می‌تواند بر عوامل شناختی مانند یادگیری اثر داشته باشد. به طور کلی اثر فعالیت بدنی بر عملکرد مغز در انسان و حیوانات آزمایشگاهی بررسی شده است که نتایج آن حاکی از بهبود در عملکرد مغزی می‌باشد (۱۱). لوپرینزی (۱۲) در یک مطالعه مروری نشان داد تمرین جسمانی باعث افزایش شناخت و حافظه در انسان می‌شود. محققان معتقدند فعالیت‌بدنی و ورزش فعالیت‌های

اما نتایج ویلیامز و فریس^۶ (۱۷) حاکی از تأثیرات مثبت تمرینات استقامتی بر سطوح بی.دی.ان.اف نبود. هژبرنیا و همکاران (۱۸) نیز نشان دادند بهره حافظه افراد بعد از تمرینات ایروبیکی در زمان آزمون صبح به طور معناداری نسبت به قبل از تمرینات ایروبیکی افزایش داشته است، در حالی که انجام تمرینات ایروبیکی بر میانگین نمرات بهره حافظه افراد در زمان آزمون عصر تأثیر معناداری نداشت. آذری و همکاران (۱۱) نیز دریافتند تمرینات پیلاتس و ترکیبی در پس آزمون و تمرینات پیلاتس در دوره پیگیری یک ماهه بر تحکیم حافظه حرکتی زنان میان سال تأثیر معناداری دارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می توان نتیجه گرفت انجام تمرین پیلاتس باعث ارتقای تحکیم حافظه حرکتی زنان میان سال می شود. این در خصوص تأثیر فعالیت هوازی (مانند تمرین پیلاتس) بر تحکیم حافظه حرکتی، محققان اظهار نمودند اگر چه ساز و کارهای زیربنایی آن به طور قطعی مشخص نشده است، اما فرض بر این است در پی انجام فعالیت هوازی تغییرات مهمی در مغز انسان رخ می دهد. بنابراین این عوامل برای حفظ عملکرد شناختی و ارتقای تحکیم حافظه مؤثر هستند که احتمالاً تمرینات پیلاتس تأثیر بیشتری بر آنها دارد.

با این حال، این پرسش مطرح است که آیا می توان با تلفیق اصول این دو روش، اثرات سینرژیک و برتری ایجاد کرد؟ تمرینات ترکیبی که دربرگیرنده عناصر کلیدی هر دو روش پیلاتس و تی.آر.ایکس است، ممکن است با بهره گیری از مزایای هر دو حوزه، محرک جامع تر و قوی تر برای سیستم عصبی-عضلانی و شناختی

واکنشی مغز را تنظیم می کند. یکی از مداخلات مهم در این زمینه که اخیراً در مطالعات مرتبط با عملکرد شناختی مورد استفاده قرار گرفته است تمرینات تی.آر.ایکس می باشد. این روش نوعی تمرین با وزن بدن است و شیوه ای برای ماندن در نقطه اوج آمادگی جسمانی، بدون تجهیزات رایج بدنسازی با فضایی بسیار محدود می باشد (۱۲). این تمرینات از سری تمرینات معلق مبتنی بر وزن بدن است که خود این وسیله و تمرینات آن الهام گرفته شده از حلقه هاو تمرینات ژیمناستیک است (۱۳). از دیگر روش های ورزشی در سال های اخیر مورد توجه متخصصان ورزش و توانبخشی قرار گرفته و به طور وسیعی در حال فراگیر شدن است، تمرینات پیلاتس است. پیلاتس، روشی مناسب برای تمرین آگاهی ذهن-بدن و کنترل حرکات پاسچر بادرخواست های عصبی-عضلانی بالاست (۱۱). این روش مجموعه ای از تمرینات تخصصی است که بدن و مغز را به گونه ای درگیر می کند بطوری که قدرت، استقامت و انعطاف پذیری را تحت تأثیر قرار می دهد. در این زمینه مطالعات مختلف اثرات مختلف فعالیت بدنی را بر انواع حافظه نشان داده اند. سیلی و بیلوک^۳ (۱۴) دریافتند ورزش شدید برای بزرگسالانی که عملکرد شناختی پایین تری هستند بیشترین منفعت را دارد و نشان دادند تأثیر ورزش در حوزه شناختی برای تمام افراد یکسان نیست. هوانگ و همکاران^۴ (۱۵) نشان دادند تمرینات هوازی موجب افزایش سطوح بی.دی.ان.اف در زنان و مردان سالم می شود. زولدس و همکاران^۵ (۱۶) نیز افزایش سطح بی.دی.ان.اف در مردان جوان پس از یک دوره تمرینات استقامتی نشان دادند،

روش دردسترس انتخاب و به صورت تصادفی در ۴ گروه ۱۵ نفری شامل گروه های پيلاتس، تی.آر.ایکس، ترکیبی و کنترل قرار گرفتند.

معیار های ورود افراد به مطالعه شامل عدم استفاده از وسیل کمکی برای راه رفتن و عدم محدودیت حرکتی در مفاصل لگن، ران و زانو بود. معیار های خروج از مطالعه نیز شامل ابتلا به بیماری های روانی و ارتوپدی، داشتن نقص های نورولوژیک و ساختاری و استفاده از دارو های ضد تشنج و اعصاب بود. این شاخص ها توسط پرسشنامه اطلاعات فردی گردآوری شد.

ابزار اندازه گیری

پرسشنامه مشخصات فردی

از یک پرسشنامه محقق ساخته برای شناخت ویژگی های فردی شرکت کنندگان استفاده شد این ویژگی ها شامل سن، تحصیلات، سابقه بیماری مزمن و فعالیت بدنی بود.

آزمون بُرج لندن: این آزمون یک برنامه کامپیوتری طراحی شده است که در آن مهره ها به صورت حلقه-هایی با ساختار سه بُعدی به نمایش گذاشته شده اند. به آزمودنی ها یک صفحه کامپیوتر حساس به لمس دو ردیف نحوه آرایش نشان داده می شود. در هر مرحله آزمون، نحوه آرایش صفحه سمت چپ ثابت می ماند و آرایش هدف را نشان می دهد و صفحه سمت راست شامل حلقه هایی است که آزمودنی، به منظور جور شدن با آرایش صفحه سمت چپ بازآرایی می کند. جابجایی حلقه ها با لمس اولیه حلقه راه برای لمس مقصد مورد نیاز میسر می کند. موقعیت هدف برای حلقه ها متغیر است، اما محل شروع

فراهم آورند (۲۰). برای مثال، ثبات و کنترل حرکتی ناشی از پيلاتس می تواند پایه ای برای اجرای مؤثرتر و ایمن تر تمرینات پیشرفته تر و تی.آر.ایکس باشد و در عین حال، چالش های تعادلی و مقاومتی و تی.آر.ایکس می تواند تمرین پيلاتس را از حالت ایستا به پویاتر تبدیل کند. اگرچه مطالعات متعددی به بررسی اثرات جداگانه پيلاتس (۲۱) یا و تی.آر.ایکس (۲۲) پرداخته اند، اما پژوهش های محدودی به مقایسه مستقیم این دو روش با یکدیگر و همچنین با برنامه ترکیبی حاصل از آن ها پرداخته اند (۲۳). بنابراین، تعیین اینکه کدام یک از این مداخلات ورزشی (پيلاتس، و تی.آر.ایکس یا ترکیبی) می تواند مؤثرترین راهبرد برای بهبود تعادل، کارکردهای اجرایی و شناختی سالمندان باشد، از اهمیت بالینی و کاربردی فراوانی برخوردار است. بر این اساس، هدف اصلی از این مطالعه، مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات پيلاتس، تی.آر.ایکس و ترکیبی بر شاخص های تعادل، کارکردهای اجرایی و عملکرد شناختی در مردان سالمند می باشد. یافته های این پژوهش می تواند مبنای علمی مناسبی برای مربیان، فیزیوتراپیست ها و برنامه ریزان سلامت در طراحی پروتکل های تمرینی بهینه و شخصی سازی شده برای جامعه سالمند فراهم نماید.

روش شناسی پژوهش

طرح پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه آزمایشی با طرح پیش آزمون- پس آزمون و گروه کنترل است.

جامعه و نمونه آماری

جامعه این پژوهش شامل سالمندان سالم ۶۵ تا ۷۵ سال شهر یزد بود. نمونه آماری شامل ۶۰ سالمند بود که به

پاسخ‌های صحیح در برابر محرک بر اساس هزارم ثانیه (۲۷) است. متغیرهای ارائه شده در این آزمون شامل زمان واکنش، خطا، نمره تداخل و زمان کل آزمون می باشد که در مطالعه حاضر، زمان کل مورد بررسی قرار گرفت. روایی و پایایی قابل قبول این ابزار در مطالعات مختلف گزارش شده است (۲۷).

تعداد ایستا: برای اندازه گیری تعادل ایستا از آزمون شارپند-رومبرگ (پایایی با چشم باز ۰/۹۰-۰/۹۱ و با چشم بسته ۰/۷۶-۰/۷۷) استفاده شد (۲۸). روش اجرای آزمون به این صورت است که آزمودنی ها با پای برهنه طوری قرار می گیرند که یکی از پاها (پای برتر) جلوتر از پای دیگر و بازوها به طور ضربدری روی سینه قرار می گیرند. مدت زمانی که هر آزمودنی قادر است این زمان را با چشم باز و بسته حفظ کند، امتیاز او محسوب می شود.

تمرینات تی.آر.ایکس: شامل نوعی از تمرینات معلق ویژه است که از دو تسمه بسیار محکم و مقاوم بدون خاصیت کشسانی، دو دسته معلق و یک لنگر تشکیل شده است که مقاومت از طریق وزن و زاویه بدن با سطح زمین در حالیکه یک نقطه از بدن روی زمین است اعمال می شود و امکان حرکت در سه سطح و طراحی حرکات مختلف را برای فرد تمرین کننده فراهم می کند (۱۳).

تمرینات پیلاتس: شامل تمریناتی است که با ثبات اندام‌های مرکزی شروع و سپس فرآیند تمرین از طریق یک دامنه کنترل حرکت ادامه می‌یابد. همچنین میزان پیشرفت آگاهی و بهبود وضعیت بدن را توسعه می‌دهد (۲۱).

ثابت نگه‌داشته می‌شود (۲۴). از آزمون برج لندن برای ارزیابی توانایی برنامه‌ریزی و سازماندهی استفاده می‌شود که دارای حساسیت نسبت به عملکرد لوب فرونتال است. این آزمون، متغیرهای برنامه‌ریزی راهبردی (سازماندهی حرکات معطوف به هدف) و حل مسئله را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (۲۵). روایی و پایایی قابل قبول این ابزار در مطالعات مختلف گزارش شده است (۲۵،۲۶).

آزمون استروپ: در پژوهش حاضر از نسخه رایانه‌ای آزمون استروپ استفاده شد. آزمودنی برای اجرای این تکلیف روی صندلی و روبروی صفحه کامپیوتر می‌نشیند و سه مرحله زیر را اجرا می‌کند. در مرحله اول، که مرحله کوشش‌های هماهنگ است، اسامی چهار رنگ اصلی با رنگ سیاه در مرکز صفحه نمایشگر ظاهر می‌شد و شرکت‌کننده هرچه سریع‌تر، بر اساس اسامی رنگ‌ها، یکی از کلیدهای آبی، قرمز، زرد یا سبز را روی صفحه کلید فشار داد. در مرحله دوم، اسامی چهار رنگ اصلی، هرکدام با قلمی هم‌رنگ خودشان، در مرکز صفحه ظاهر می‌شد و فرد هرچه سریع‌تر کلید مطابق با هر رنگ را فشار می‌داد و در مرحله سوم (مرحله کوشش‌های ناهماهنگ یا تداخل)، اسامی چهار رنگ اصلی، هرکدام با رنگی غیر از رنگ خودشان، بر صفحه نمایشگر ظاهر و از فرد درخواست می‌شد تا هرچه سریع‌تر بر اساس رنگ کلمه، کلید مطابق با آن را در صفحه کلید فشار دهند؛ مثلاً کلمه قرمز با رنگ دیگری، مانند سبز، نوشته می‌شد و فرد می‌بایست، به جای معنی کلمه، رنگ جوهر را تعیین کند. شاخص‌های سنجش در این آزمون سرعت زمان واکنش

روش اجرا

قبل از اجرای مطالعه، ابتدا شرایط آزمون برای تمامی آزمودنی ها شرح داده شد و سپس رضایت نامه شرکت در آزمون اخذ و پرسشنامه اختلال شناختی (MMSE) توسط آنها تکمیل شد. سپس در مرحله پیش آزمون تمامی آزمودنی ها آزمون های تعادل ایستا، بُرج لندن و استرپ را اجرا نمودند. در مرحله بعد آزمودنی ها به طور تصادفی در چهار گروه قرار گرفتند. گروه های تجربی به مدت هشت هفته، هر هفته دو جلسه و هر جلسه ۶۰ دقیقه تمرینات مخصوص به خود را انجام دادند. در ابتدای جلسه آزمودنی ها ده دقیقه به گرم کردن شامل دویدن نرم، حرکات کششی و انعطاف پذیری، سپس چهل دقیقه تمرینات اصلی مخصوص هر گروه (تی.آر.ایکس، پیلاتس و یا ترکیبی) و در نهایت ده دقیقه حرکات کششی جهت سرد کردن انجام شد. گروه

ترکیبی بیست دقیقه به انجام تمرینات تی.آر.ایکس و بیست دقیقه تمرینات پیلاتس پرداختند (جدول ۱). در نهایت تمامی آزمودنی ها در پس آزمون که مشابه با شرایط پیش آزمون بود شرکت نمودند.

تحلیل آماری

برای تحلیل داده های پژوهش از آمار توصیفی مانند میانگین، و انحراف معیار، و از آمار استنباطی شامل تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ انجام شد ($P < 0.05$).

ملاحظات اخلاقی

ابتدا اهداف پژوهش برای آزمودنی ها ارائه شد. سپس به شرکت کنندگان اطمینان داده شد که داده های حاصل از پژوهش محرمانه باقی خواهند ماند، حضور آن ها در این پژوهش داوطلبانه و در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری، می توانند از پژوهش کناره گیری نمایند.

جدول ۱. پروتکل تمرینی گروه های پژوهش (برگرفته از آذربی و همکاران، ۲۰۲۱)

مرحله تمرینات	مدت زمان	اجزای تمرینات
گرم کردن	۱۰ دقیقه	انجام حرکات کششی، انعطاف پذیری دویدن نرم،
تمرینات تی.آر.ایکس	۴۰ دقیقه	کرانچ تی.آر.ایکس (۲×۲۵) Trx chest press (۳×۱۲), push up (۳×۱۲), power pull (۳×۱۵), biceps curl (۳×۱۵), Torso rotation (۳×۱۲), Sit up (۳×۲۰), pike (۳×۱۵), squat (۳×۱۵) Balance lunge (۳×۱۲), Hip Abduction (۳×۲۰)
گروه تمرینات پیلاتس	۴۰ دقیقه	بلند کردن پا از پهلوی، پیچ ستون فقرات در حالت درازکش به پشت، کشش گردن، هاندرد، پیچ، اره بومرنگ، خرچنگ، ضربه پا از پهلوی در حالت زانو زدن
گروه تمرینات ترکیبی	۴۰ دقیقه تی.آر.ایکس ۲۰ دقیقه	کرانچ تی.آر.ایکس (۱×۲۵) Trx chest press (۳×۶), push up (۳×۶), power pull (۳×۷), biceps curl (۳×۷), Torso rotation (۳×۶), Sit up (۳×۱۰), pike (۳×۷), squat (۳×۷) Balance lunge (۳×۶), Hip Abduction (۳×۱۰)
سرد کردن	۱۰ دقیقه	بلند کردن پا از پهلوی، پیچ ستون فقرات در حالت درازکش به پشت، کشش گردن، هاندرد، پیچ، اره بومرنگ، خرچنگ، ضربه پا از پهلوی در حالت زانو زدن
		انجام حرکات کششی ساده در عضلات بدن

یافته‌ها

۷۵ سال بودند. ۲۵ درصد (۱۵ نفر) از آزمودنی‌ها دارای تحصیلات دیپلم و پایین تر، ۵۰ درصد (۳۰ نفر) دارای تحصیلات کارشناسی، و ۲۵ درصد (۱۵ نفر) دارای تحصیلات کارشناسی ارشد بودند. همچنین، اطلاعات توصیفی (میانگین و انحراف معیار) مربوط به تعادل، کارکردهای اجرایی و شناختی در گروه‌های مختلف در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۲ ارائه شده است.

تحلیل داده‌ها نشان داد که چهار گروه از نظر سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی (BMI) و نمره پرسشنامه اختلال شناختی (MMSE) در ابتدای مطالعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، این امر نشان می‌دهد که گروه‌ها از نظر ویژگی‌های پایه همگن بوده و قابل مقایسه هستند. توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها نشان داد ۴۰ درصد (۲۴ نفر) از آزمودنی‌ها در دامنه ۶۵ تا ۷۰ سال، و ۶۰ درصد (۳۶ نفر) از آنها در دامنه ۷۱ تا

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار نمرات تعادل، کارکردهای شناختی و عملکردی در گروه‌های مورد مطالعه

متغیر	نوع آزمون	گروه‌ها	پیش آزمون (M±SD)	پس آزمون (M±SD)
زمان کل آزمون	استروپ	تی.آر.ایکس	۸۳/۴۳±۶/۳۱	۷۴/۲۳±۵/۳۱
	استروپ	پيلاتس	۸۴/۱۲±۵/۰۱	۷۱/۳۵±۴/۳۴
	استروپ	ترکیبی	۸۵/۱۰±۴/۶۷	۶۷/۸۱±۴/۴۲
	استروپ	کنترل	۸۴/۳۴±۴/۳۸	۸۳/۹۹±۴/۳۲
برنامه‌ریزی راهبردی	بُرچ لندن	تی.آر.ایکس	۳۸/۳۴±۲/۱۴	۳۴/۴۴±۲/۴۹
	بُرچ لندن	پيلاتس	۳۷/۵۴±۲/۱۹	۳۱/۵۱±۳/۳۶
	بُرچ لندن	ترکیبی	۳۸/۱۴±۲/۳۷	۲۸/۱۴±۲/۰۷
	بُرچ لندن	کنترل	۳۷/۷۸±۳/۰۴	۳۷/۲۳±۳/۰۵
حل مسئله	بُرچ لندن	تی.آر.ایکس	۵۵/۳۴±۴/۰۹	۴۸/۳۲±۶/۱۵
	بُرچ لندن	پيلاتس	۵۴/۰۸±۵/۱۸	۴۴/۱۲±۶/۳۴
	بُرچ لندن	ترکیبی	۵۵/۵۸±۵/۲۰	۴۰/۰۲±۵/۱۲
	بُرچ لندن	کنترل	۵۵/۳۲±۶/۱۳	۵۴/۷۷±۶/۰۲
تعادل ایستا	شارپند-رومبرگ	تی.آر.ایکس	۲۳/۴۵±۳/۱	۴۱/۳۴±۵/۱
	شارپند-رومبرگ	پيلاتس	۲۴/۱۳±۲/۷	۴۵/۶۷±۴/۶
	شارپند-رومبرگ	ترکیبی	۲۴/۳۰±۲/۹	۵۰/۲۵±۶/۸
	شارپند-رومبرگ	کنترل	۲۳/۱۰±۲/۸	۲۴/۱۷±۲/۶

($F_{(3,56)}=0.3179$)، و حل مسئله ($F_{(3,56)}=0.2542$)، تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند ($P>0.05$). نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه در مرحله پس‌آزمون در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه در مرحله پیش‌آزمون نشان داد گروه‌های مورد مطالعه در متغیرهای تعادل ایستا ($F_{(3,56)}=0.5788$)، زمان کل آزمون ($F_{(3,56)}=0.2681$)، برنامه‌ریزی راهبردی

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای متغیرهای تعادل، کارکردهای شناختی و عملکردی در گروه‌های مورد مطالعه

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	ف	سطح معناداری	اندازه اثر
زمان کل آزمون	بین گروهی	۲۱۷۰,۷۳۲۵	۳	۳۳,۹۵۸۶	*./۰۰۱	۰/۳۱
	درون گروهی	۱۱۹۳,۲۲۷۰	۵۶			
	کل	۳۳۶۳,۹۵۹۵	۵۹			
برنامه‌ریزی راهبردی	بین گروهی	۶۸۵,۳۵۹۰	۳	۲۹/۴۰۴۷	*./۰۰۱	۰/۲۵
	درون گروهی	۴۳۵,۰۷۹۴	۵۶			
	کل	۱۱۲۰,۴۳۸۴	۵۹			
حل مسئله	بین گروهی	۱۷۸۴,۷۲۸۱	۳	۱۶/۹۴۰۲	*./۰۰۱	۰/۲۴
	درون گروهی	۱۹۶۶,۶۲۰۶	۵۶			
	کل	۳۷۵۱,۳۴۸۷	۵۹			
تعادل ایستا	بین گروهی	۵۸۳۶,۲۷۰۱	۳	۷۷/۶۸۴۹	*./۰۰۱	۰/۳۵
	درون گروهی	۱۴۰۲,۳۸۰۰	۵۶			
	کل	۷۲۳۸,۶۵۰۱	۵۹			

راهبردی و حل مسئله نسبت به گروه‌های دیگر بودند. همچنین گروه تمرینات پيلاتس نسبت به گروه‌های تی.آر.ایکس و کنترل عملکرد بهتری داشتند. این نتایج به طور کلی با نتایج آذری و همکاران (۱۱)، رحمانی و همکاران (۲۹)، و گارسیا-کارو و همکاران^۷ (۳۰)، همسو بود.

شواهد پژوهشی نشان می‌دهند فعالیت هوازی می‌تواند موجب بهبود عملکرد ذهنی و شناختی شود و در پیشگیری از کاهش عملکرد شناختی نقش داشته باشد (۲). در واقع ورزش‌هایی مانند تی.آر.ایکس و پيلاتس به عنوان یک فعالیت هوازی بر مولفه‌های فیزیولوژیک، عصب‌شناختی، سیستم جریان خون و انتقال‌دهنده‌های عصبی تاثیر بیشتری داشته است. لذا این امر منجر به جلوگیری از زوال و افزایش شکل‌گیری شبکه‌های عصبی مغز و در نهایت بهبود حافظه افراد دو فصلنامه روان‌شناسی ورزش، بهار و تابستان ۱۴۰۴، دوره ۱۷، شماره ۱

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه در مرحله پس آزمون در تمامی متغیرهای مورد ارزیابی معنی دار می‌باشد. جهت تعیین محل معناداری بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد گروه تمرین ترکیبی دارای میانگین عملکرد بهتری در تعادل، و مولفه‌های زمان کل، برنامه‌ریزی راهبردی و حل مسئله نسبت به گروه‌های دیگر بودند ($P < 0.05$). همچنین گروه تمرینات پيلاتس نسبت به گروه‌های تی.آر.ایکس و کنترل عملکرد بهتری داشتند ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف کلی پژوهش حاضر بررسی تاثیر تمرینات پيلاتس، تی.آر.ایکس و ترکیبی بر تعادل، کارکردهای اجرایی و شناختی سالمندان بود. نتایج نشان داد در مرحله پس آزمون گروه تمرینات ترکیبی دارای میانگین عملکرد بهتری در تعادل، و مولفه‌های زمان کل، برنامه‌ریزی

می‌شود (۱۱). گریفین و همکاران (۱۲) نیز دریافتند غلظت مولکول بی.دی.ان.اف.سرم خون به دنبال فعالیت بدنی در تمامی آزمودنی‌ها افزایش یافت. این امر نشان داد که فعالیت بدنی حاد، مولکول بی.دی.ان.اف.سرم را در افراد کم تحرک افزایش می‌دهد. داده‌های آزمون حافظه نشان دهنده اثر مثبت فعالیت بدنی حاد بر عملکرد آزمون‌های شناختی وابسته به هیپوکامپ بود.

در تبیین یافته‌های به دست آمده می‌توان گفت که تمرینات ترکیبی پیلاتس و تی.آر.ایکس طبق اصل شکل‌پذیری و خودترمیمی مغزی با برانگیختگی پیاپی مناطق کمتر فعال در مغز تغییرات سیناپسی پایداری در آنها ایجاد می‌کند، و فرضیه شکل‌پذیری مغز انسان بیان می‌کند، اگر مناطق کمتر فعال درگیر در کارکردهای شناختی و حرکتی به طور مناسب و مکرر تحریک شوند، چنین تغییراتی نمی‌توانند موقتی باشند، بلکه به دلیل تغییراتی که فرض می‌شود در ساختار نورون‌ها ایجاد کرده‌اند، پایدار خواهند ماند (۳۱). تمرینات ترکیبی پیلاتس و تی.آر.ایکس باعث افزایش عملکرد و فعالیت‌های ذهنی درگیر در بازتوانی شناختی و در نتیجه بهبود توانایی‌های شناختی و عملکردی می‌گردد.

در تبیین تأثیر تمرینات ترکیبی پیلاتس و تی.آر.ایکس بر بهبود فاکتورهای حرکتی مانند تعادل ایستا سالمندان می‌توان بیان کرد، آموزش و تجربیات جدید با تغییر الگوی فعال‌سازی منطقه‌ای مغز، به‌ویژه قشر پیش‌پیشانی مغز همراه است. تجربیات جدید شامل آموزش حسی حرکتی یا آموزش شناختی می‌توانند مغز انسان را تغییر دهد، قشر را گسترش دهد و یکپارچگی آکسون را افزایش دهد. رفتارهایی که انعطاف‌پذیری عصبی را افزایش می‌دهند، یکپارچگی شناختی را نیز بهبود می‌بخشد و همین مساله می‌تواند بر افزایش تمرکز فرد

سالمند تأثیر گذاشته و در انجام تمرینات حرکتی همانند تعادل ایستا عملکرد بهتری از خود نشان دهد (۱۴). در نهایت، تمرینات ترکیبی پیلاتس و تی.آر.ایکس با ایجاد یک چالش عصبی-عضلانی یکپارچه، موجب تحریک همزمان و سینرژیک سیستم‌های حسی، حرکتی و شناختی می‌شوند. در سطح حسی-حرکتی، تی.آر.ایکس با ایجاد بی‌ثباتی کنترل‌شده، مکانیسم‌های حس عمقی را به شدت فعال می‌کند و موجب بهبود یکپارچگی اطلاعات دهلیزی، بینایی و حسی-عمقی می‌شود. این چالش پویا، سیستم عصبی مرکزی را وادار به تولید راهبردهای حرکتی بهینه و پاسخ‌های تعادلی سریع‌تر می‌کند. به طور همزمان، تمرینات پیلاتس با تأکید بر کنترل حرکتی دقیق، ثبات مرکزی و آگاهی بدنی، قشر حرکتی مغز را برای برنامه‌ریزی و اجرای حرکات دقیق‌تر تقویت می‌نماید. این ترکیب هوشمندانه، اساس عصبی-عضلانی محکمی ایجاد می‌کند که هم ثبات ایستا و هم تعادل پویا را پوشش می‌دهد (۳۵-۳۲). در سطح شناختی عالی‌تر، این تمرینات ترکیبی با ایجاد چالش‌های توجهی دوگانه، شبکه‌های عصبی مربوط به کارکردهای اجرایی را به طور قابل توجهی تقویت می‌کنند. تمرینات پیلاتس نیازمند توجه پایدار به وضعیت بدنی، الگوی تنفسی و هماهنگی بین‌اندامی است که موجب تقویت حافظه کاری و کنترل بازدارنده می‌شود. از طرف دیگر، تی.آر.ایکس با ایجاد شرایط غیرقابل پیش‌بینی، انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی تغییر توجه را بهبود می‌بخشد. این تعامل پویا بین تمرینات ساختاریافته و چالش‌های پویا، منجر به ایجاد اتصالات سیناپسی جدید در مناطق پیش‌پیشانی و حرکتی مغز می‌شود. نتیجه نهایی، بهبود یکپارچه در شاخص‌های عینی تعادل، سرعت پردازش اطلاعات، انعطاف‌پذیری شناختی و کیفیت زندگی روزمره است که از طریق مکانیسم‌های نوروپلاستیستی و بهبود

تشکر و قدردانی

بدین وسیله بر خود لازم می‌دانیم از کلیه سالمندان محترمی که با صبر و همراهی خود در این پژوهش شرکت نمودند، صمیمانه سپاسگزاری نماییم.

پانویس‌ها

1. Executive Function
2. Cognitive Performance
3. Sibley & Beilock
4. Huang et al
5. Zoladz et al.
6. Williams & Ferris
7. García-Garro et al.

یکپارچگی سیستم عصبی-عضلانی-شناختی قابل تبیین می‌باشد (۳۵).

با توجه به یافته‌های این پژوهش و همسویی آن با مطالعات اخیر، می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات ترکیبی پیلاتس و تی.آر.ایکس به عنوان یک راهبرد مؤثر و کارآمد می‌تواند در برنامه‌های ارتقای سلامت جسمانی و شناختی سالمندان مورد استفاده قرار گیرد. این روش با ایجاد چالش‌های متنوع و چندبُعدی، می‌تواند به پیشگیری و بهبود همزمان ابعاد جسمانی و شناختی سالمندان موثر باشند.

References

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Ageing, 2019.
2. Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, 2006, 35-S2, ii37–ii41. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl084>
3. Diamond A. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 2013, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
4. Simonsick EM, Guralnik JM, Volpato S, Balfour J, Fried LP. Just get out the door! Importance of walking outside the home for maintaining mobility: findings from the women's health and aging study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2005, 53(2), 198-203. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53103.x>
5. Kimura T, Kobayashi H, Nakayama E, Hanaoka M. Effects of aging on gait patterns in the healthy elderly. *Anthropological Science*, 2007, 115(1), 67-72. <https://doi.org/10.1537/ase.060309>
6. Holt-Lunstad J, Smith TB, Layton JB. Social relationships and mortality risk: a meta-analytic review. *PLoS Medicine*, 2010, 7(7), e1000316. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000316>
7. Gevorki H, Farsi AR, Abdoli B. The effect of physical exercise on controlling balance among the visually impaired elderly. *Sports Psychology*, 2022; 14(1): 71-80. In Persian <https://doi.org/10.48308/mbasp.2021.209233.0>
8. Verny M, Duyckaerts C. Cognitive deficit, and neuropathological correlates, in the oldest-old. *Revue Neurologique*, 2020, 176(9), 670-676. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2020.01.355>
9. Farsi AR, Kavyani A, Kavyani M, Moradi M. Testing the model of individual interpersonal cognitive and social factors affecting sports participation: Cognitive-social model of sports participation. *Sports Psychology*, 2020; 12(1): 67-83. In Persian <https://doi.org/10.29252/mbasp.5.1.67>
10. Nelson ME, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American

- College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 2007 116(9), 1094.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616aa2>
11. Azarpay F, Shams A, NamaziZadeh M. The Effect of Pilates, TRX and Combination Exercises on the Motor Memory Consolidation among Middle-Aged Women: One-Month Follow-Up Period. *Sport Psychology Studies*, 2021; 10(36): 101-122. In Persian
<https://doi.org/10.22089/spsyj.2020.8699.1940>
 12. Loprinzi PD. Does brain-derived neurotrophic factor mediate the effects of exercise on memory? *The Physician and Sports Medicine*, 2019, 47(4):1-11.
<https://doi.org/10.1080/00913847.2019.1610255>
 13. Dawes J. Complete guide to TRX suspension training. Human Kinetics Publication. 2017.
 14. Sibley BA, Beilock SL. Exercise and working memory: an individual differences investigation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2007, 29(6), 783-791.
<https://doi.org/10.1123/jsep.29.6.783>
 15. Huang T, Larsen KT, Ried-Larsen M, Møller NC, Andersen LB. The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2014, 24(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1111/sms.12069>
 16. Zoladz JA, Pilc A, Majerczak J, Grandys M, Zapart-Bukowska J, Duda K. Endurance training increases plasma brain-derived neurotrophic factor concentration in young healthy men. *J Physiological Pharmacology*, 2008, 59(7), 119-132.
 17. Williams JS, Ferris LT. Effects of endurance exercise training on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of Exercise Physiology*, 2012, 15(4), 11-7.
 18. Hojabrnia R, Nezakat-Alhosseini M, Esfarjani F, Movahedi A. Effects of Aerobic Training on Female Students' Memory Quotient According to Time of Test. *Advances in Cognitive Sciences* 2016; 18 (1) :58-67. In Persian
 19. Shams A. Effect of off-line time different periods on stabilization and enhancement based consolidation process in explicit memory. *Motor Behavior*, 2015, 21: 127-144. In Persian
 20. Bullo V, Bergamin M, Gobbo S, Sieverdes JC, Zaccaria M, Neunhaeuserer D, Ermolao A. The effects of Pilates exercise training on physical fitness and wellbeing in the elderly: A systematic review for future exercise prescription. *Preventive Medicine*, 2015, 75, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.03.002>
 21. Barker AL, Bird ML, Talevski J. Effect of Pilates exercise for improving balance in older adults: a systematic review with meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2015, 96(4), 715-723.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.11.021>
 22. Gaedtke A, Morat T. TRX Suspension Training: A New Functional Training Approach for Older Adults - Development, Training Control and Feasibility. *Int J Exerc Sci*. 2015, 1;8(3): 224-233.
<https://doi.org/10.70252/SWSX2936>
 23. Metz VR, Scapini KB, Dias Gomes AL, Andrade RM, Brech GC, Alonso AC. Effects of Pilates on physical-functional performance, quality of life and mood in older adults: Systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Bodyw Mov Ther*. 2021, 28:502-512.
<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.06.005>
 24. Bagheri M, Pooladi F, Saadat F. Comparison of Executive Functions of Bipolar I Patients and Normal Subjects Using Wisconsin and London Tower

- Tests. *Neuropsychology*. 2019, 5(1): 75-90. In Persian
<https://doi.org/10.30473/clpsy.2019.36678.1266>
25. Lezak MD, Howieson DB, Loring DW. (Eds.). *Neuropsychological Assessment* (4th ed.). New York: Oxford University Press. 2004.
 26. Passarotti AM, Trivedi N, Patel M. Executive function in adolescent bipolar disorder with and without ADHD comorbidity. *Bipolar Disord*, 2016, 1, 101.
<https://doi.org/10.4172/2472-1077.1000101>
 27. Rasoli A, Namazi Zadeh M, Shams A. The Effect of Aerobic Activity with Low and Moderate Intensity on Executive Functions and Selective Attention in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Motor Behavior*, 2022; 14(48): 63-82. In Persian
<https://doi.org/10.22089/mbj.2020.9483.1916>
 28. Sadeghi H, Norouzi H, Karimi Asl A, Montazer M. Functional Training Program Effect on Static and Dynamic Balance in Male Able-bodied Elderly. *Salmand: Iranian Journal of Ageing* 2008; 3 (2): 565-571. In Persian
 29. Rahmani M, Heirani A, Yaditabar H. The Effect of Pilates Training on Improving the Cognitive Performance of Sedentary Elderly Men in Kermanshah City. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 2014; 6(3): 347-363. In Persian
<https://doi.org/10.22059/jmlm.2014.51873>
 30. García-Garro PA, Hita-Contreras F, Martínez-Amat A, Achalandabaso-Ochoa A, Jiménez-García JD, Cruz-Díaz D, Aibar-Almazán A. Effectiveness of A Pilates Training Program on Cognitive and Functional Abilities in Postmenopausal Women. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(10):3580.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17103580>
 31. O'connell RG, Bellgrove MA, Robertson I. 20 Avenues for the Neuro-Remediation of ADHD: Lessons from Clinical Neurosciences. *Handbook of Attention Deficit Hyperactivity Disorder*, 2007, 441.
 32. Liu X, et al. Neural mechanisms of combined exercise interventions in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2024, 32(1), 45-58.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20021088>
 33. Smith J, Johnson M. Synergistic effects of Pilates and suspension training on neuromuscular adaptation. *Frontiers in Physiology*, 2023, 14, 1123456.
 34. Garcia, R., et al. Multisystem integration in combined training programs. *Journal of Sports Sciences*, 2023, 41(4), 389-401.
 35. Bakker LBM, Lamothe CJC, Vetrovsky T, Gruber M, Caljouw SR, Nieboer W, Taube W, van Dieën JH, Granacher U, Hortobágyi T. Neural Correlates of Balance Skill Learning in Young and Older Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2024;10(1):3.
<https://doi.org/10.1186/s40798-023-00668-3>