

Research Paper

The Effect of Two Types of Traditional and Suspended Strength Training on the Levels of Some Motor Fitness Factors of the Elderly with Motor Impairment

Vahid Omraei¹, Ali Barzegari ^{2*}, Saeed Naqibi³

1 Master of Sports Physiology, Department of Sports Physiology, Payam Noor University, Tehran, PO Box 3697-19395, Iran

2 Associate Professor, Sports Physiology, Department of Sports Physiology, Payam Noor University, Tehran, PO Box 3697-19395, Iran (corresponding author)

3 Assistant Professor, Sports Physiology, Department of Sports Physiology, Payam Noor University, Tehran, PO Box 3697-19395, Iran

Received: 2025/08/28

Accepted: 2025/10/28

Use your device to scan and read the article online



DOI:

10.71852/PSS.2025.1216249

Keywords:

Traditional Exercises,
Suspended Exercises,
Balance,
Agility,
Strength.

Abstract

Introduction: Weak immune system, weak muscle strength, lack of balance and functional immobility predict falls in the elderly. The aim of this study was the effect of two types of traditional and suspended strength training on the levels of some factors of motor fitness in the elderly with motor impairment.

research methodology: 45 elderly women with chronic mobility impairment were randomly assigned to 3 groups of 15: control, traditional resistance training (TRT) and suspended resistance training (TRX). After the pre-test phase, the subjects of the training groups participated in 8-week training sessions that were held 3 times a week and each session lasted for 40-50 minutes. Upper limb strength was measured with forearm movement test, static balance with Sharpand-Romberg test, and agility was also measured using the get-up-and-go test. To investigate the difference between groups of variables with normal distribution, statistical test of analysis of covariance (ANCOA) and correlated t were used ($P \geq 0.05$).

Findings: The result of examining balance, agility and strength through covariance analysis showed a significant difference between the studied groups ($P < 0.05$). Examining the results of the correlation test also shows that balance, agility and strength in both intervention groups were significant compared to the pre-test stage ($P < 0.05$).

Conclusion: The present review shows that both protocols are efficient in improving physical complications caused by aging and confirms the need for this type of exercise training in this population profile regardless of the method used. However, suspension training achieved greater gains in physical fitness variables related to daily activities in women with poor mobility.

Corresponding author: Ali Barzegari

Email: ali_barzegari@pnu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction:

The aging process is often accompanied by physiological and functional decline, resulting in decreased muscle strength, balance impairments, reduced agility, and overall physical inactivity. These limitations not only compromise the independence of elderly individuals but also increase the likelihood of falls, injuries, and diminished quality of life. Previous research has consistently emphasized the role of structured exercise interventions in mitigating age-related physical impairments, with resistance training emerging as one of the most effective modalities. Nevertheless, the method of resistance training delivery—whether through conventional, machine-based protocols or innovative functional approaches such as suspension training (e.g., TRX)—remains a topic of scientific debate. Traditional resistance training (TRT) typically involves machine-based or free-weight exercises that focus on isolated muscle groups and linear movements. Although effective for improving strength, such training may not optimally translate into functional daily activities requiring balance, agility, and multi-planar movement coordination.

In contrast, suspension training, often delivered using TRX systems, challenges the neuromuscular system by incorporating instability, requiring participants to control their body weight through suspended straps. This type of training not only targets muscular strength but also enhances proprioception, core stability, and balance. It is particularly relevant for elderly populations, where improving coordination and reducing fall risk are crucial objectives. Despite the increasing popularity of TRX training among fitness practitioners and in rehabilitation settings, empirical evidence regarding its comparative effectiveness in elderly populations with chronic mobility impairments is limited.

Given this context, the present study aimed to examine the differential effects of eight weeks of traditional resistance training and suspension resistance training on selected motor fitness factors—namely strength, balance, and agility—among elderly women with chronic mobility impairments. By comparing these two modalities against a control group, the study sought to determine not only whether resistance training improves functional outcomes in older adults, but also whether suspension-based protocols offer superior benefits for daily-life functional tasks.

Research Methodology

This research employed an experimental design with pre-test and post-test measures across three groups: (1) traditional resistance training (TRT), (2) suspension resistance training (TRX), and (3) control group with no exercise intervention. A total of 45 elderly women (mean age approximately 63–

64 years) diagnosed with chronic mobility impairments were recruited through local physiotherapy clinics. Following screening for medical eligibility and informed consent, participants were randomly assigned into the three groups, with 15 individuals in each.

The intervention lasted for eight consecutive weeks, with training sessions scheduled three times per week. Each session lasted between 40 and 50 minutes, supervised by certified exercise professionals to ensure safety and adherence to standardized protocols. The TRT group engaged in machine- and free-weight-based resistance exercises targeting major muscle groups, such as leg extensions, seated rows, hamstring curls, bench press, squats, biceps curls, and triceps extensions. In contrast, the TRX group performed analogous movement patterns using suspension straps, leveraging body weight as resistance while simultaneously challenging postural control and core stability. For example, TRX squats, inverted rows, and strap-based push-ups were implemented to parallel the exercises performed in the TRT group.

Outcome measures were obtained at baseline (pre-test) and after the eight-week intervention (post-test). Upper limb strength was assessed using a standardized forearm flexion test. Static balance was measured with the Sharpened Romberg test under both eyes-open and eyes-closed conditions. Agility was evaluated using the Timed Get-Up-and-Go test, which simulates functional tasks such as standing up from a chair, walking, and turning. Anthropometric variables such as height, weight, and body mass index (BMI) were also recorded.

For statistical analysis, normality of the data was confirmed using the Shapiro-Wilk test. To examine within-group changes over time and between-group differences, paired-sample t-tests and analysis of covariance (ANCOVA) were applied. The level of statistical significance was set at $P \leq 0.05$. All data analyses were performed using SPSS software version 23.

Findings

The results revealed several noteworthy outcomes regarding the effects of the two resistance training protocols compared to the control group.

1. **Strength:** Both TRT and TRX groups exhibited significant improvements in upper limb strength from pre- to post-test ($P < 0.05$). Between-group comparisons indicated that both intervention groups outperformed the control group, confirming the efficacy of resistance training in counteracting muscle weakness associated with aging. While the increase in strength was slightly greater in the TRX group, the difference between TRT and TRX did not

reach statistical significance ($P > 0.05$). This suggests that both training modalities are comparably effective in enhancing muscular strength among elderly women.

2. **Balance:** Improvements in static balance were significant in both TRT and TRX groups compared to the control group ($P < 0.01$). However, the TRX group demonstrated superior gains in balance relative to the TRT group, though the difference narrowly missed statistical significance in some comparisons. The inclusion of instability in TRX exercises likely contributed to enhanced proprioceptive adaptations and greater reliance on neuromuscular coordination, thereby yielding functional advantages in balance maintenance.

3. **Agility:** Analysis of agility using the Timed Get-Up-and-Go test showed significant improvements in both training groups compared to baseline and the control group ($P < 0.05$). Notably, agility improvements were significantly greater in the TRX group than in the TRT group ($P < 0.05$), highlighting the unique benefits of suspension training in enhancing functional mobility relevant to everyday tasks such as standing, walking, and turning.

Overall, ANCOVA confirmed significant group effects across all three measured variables—strength, balance, and agility ($P < 0.05$). Pairwise comparisons revealed that while both interventions were effective, TRX training produced comparatively greater improvements in functional outcomes most directly associated with fall prevention and independence in daily living.

Conclusion

The findings of this study underscore the critical role of resistance training in improving motor fitness factors among elderly women with chronic mobility impairments. Both traditional and suspension-based

training modalities successfully enhanced strength, balance, and agility after an eight-week intervention period. These results reaffirm the necessity of structured physical activity programs in elderly populations to mitigate age-related physical decline, prevent falls, and promote functional independence. Nevertheless, the superior improvements observed in balance and agility within the TRX group suggest that suspension training may offer distinct advantages over conventional resistance protocols for elderly individuals. By incorporating instability and functional movement patterns, TRX training appears to more effectively simulate real-life physical challenges, thereby improving neuromuscular coordination, proprioception, and agility—qualities essential for maintaining autonomy and reducing fall risk in aging populations.

From a practical standpoint, health practitioners, physiotherapists, and fitness trainers working with elderly clients should consider integrating suspension training exercises into rehabilitation and wellness programs. While traditional resistance training remains a valid and beneficial approach, the functional emphasis of TRX protocols may better align with the everyday physical demands faced by older adults.

In conclusion, this study contributes to the growing body of literature supporting innovative, functional exercise modalities for aging populations. Future research should explore longer intervention periods, larger sample sizes, and additional outcome measures such as psychological well-being, quality of life, and fall incidence rates to provide a more comprehensive understanding of the long-term benefits of TRX versus traditional resistance training.

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر تمرینات قدرتی سنتی و معلق بر شاخص‌های آمادگی حرکتی در سالمندان کم‌تحرك

وحید عمرایی^۱، علیبرزگری^{۲*}، سعید نقیبی^۳

۱- کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، صندوق پستی، ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵ ایران

۲- دانشیار، فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، صندوق پستی، ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵ ایران

۳- استادیار، فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، صندوق پستی، ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵ ایران

چکیده

مقدمه و هدف: سیستم ایمنی ضعیف، قدرت عضلانی ضعیف، عدم تعادل و عدم تحرک عملکردی، موجب سقوط در افراد مسن را پیش بینی می‌کند. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تمرینات قدرتی سنتی و معلق بر شاخص‌های آمادگی حرکتی در سالمندان کم‌تحرك بود.

روش شناسی پژوهش: تعداد ۴۵ نفر از زنان سالمند مبتلا به فقر حرکتی مزمن به صورت تصادفی در ۳ گروه ۱۵ تایی کنترل، تمرین مقاومتی سنتی (TRT) و تمرین مقاومتی معلق (TRX) قرار گرفتند. بعد از مرحله پیش آزمون، آزمودنی‌های گروه‌های تمرینی در جلسات تمرینی ۸ هفته‌ای که ۳ جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۴۰-۵۰ دقیقه انجام می‌گرفت شرکت کردند. قدرت اندام فوقانی با آزمون حرکت جلو بازو، تعادل ایستا با آزمون شاپرند رومبرگ و چابکی نیز با استفاده از آزمون برخاستن و رفتن اندازه‌گیری شد. جهت بررسی تفاوت بین گروه‌های متغیرهای دارای توزیع طبیعی از آزمون آماری آنالیز کوواریانس (آنکوا) و t همبسته استفاده شد ($P \leq 0.05$).

یافته‌ها: نتیجه بررسی تعادل، چابکی و قدرت از طریق آزمون تحلیل کوواریانس تفاوت معناداری بین گروه‌های مورد مطالعه نشان داد ($P < 0.05$). بررسی نتایج حاصل از تی همبسته نیز نشان می‌دهد تعادل، چابکی و قدرت در هر دو گروه مداخله در مقایسه با مرحله پیش آزمون معنادار بود ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری: بررسی حاضر نشان می‌دهد که هر دو پروتکل در بهبود عوارض جسمانی ناشی از سالمندی کارآمد هستند و نیاز به این نوع تمرینات ورزشی در این پروفایل جمعیت را بدون توجه به روش مورد استفاده تأیید می‌کند. با این حال، تمرینات معلق دستاوردهای بیشتری در متغیرهای آمادگی جسمانی مربوط به فعالیت‌های روزانه در زنان مبتلا به فقر حرکتی به دست آورد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۶

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

10.71852/PSS.2025.1216249

واژه‌های کلیدی:

تمرینات سنتی، تمرینات معلق، تعادل، چابکی، قدرت

* نویسنده مسؤول: علیبرزگری

پست الکترونیکی: ali_barzegari@pnu.ac.ir

مقدمه

در دهه های اخیر، جمعیت جهان با افزایش سن روبرو شده است و سهم افراد ۶۵ سال به بالا در جامعه ما به شدت افزایش یافته است. سالمندی مجموعه ای از تغییرات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مورفولوژیکی است که منجر به ناتوانی تدریجی فرد در سازگاری با محیط می شود (Daskalopoulou et al. 2017). این فرایند منجر به کاهش عملکرد عصبی عضلانی و تغییر در ویژگی های انقباضی عضلات و در نتیجه کاهش ظرفیت عملکردی همراه با وابستگی جسمی، ضعف و سارکوپنی می شود (Hunter et al. 2016). در تجزیه و تحلیل اثربخشی پروتکل های مختلف ورزشی طی یک مطالعه مروری، ۷۰٪ از مطالعات، کاهش میزان سقوط، ۵۴٪ بهبود راه رفتن، ۸۰٪ افزایش تعادل و ۷۰٪ افزایش قدرت عضلانی در بدن سالمندان ضعیف را نشان دادند (Cadore et al. 2013). اگرچه پروتکل های تمرینات قدرتی سنتی موجب سازگاریهای ساختاری متعددی مانند افزایش توده عضلانی (Pinto et al. 2014)، تراکم مواد معدنی استخوان (Zhao et al. 2015) و کاهش بافت چربی (Pereira et al. 2012) می شوند، اما در مورد توانایی آنها برای انتقال به فعالیتهای زندگی روزانه ابهاماتی وجود دارد. از آنجاییکه تمرینات قدرتی سنتی در محدوده حرکتی خاصی انجام می شوند، به سختی می توان در زندگی روزمره از آنها استفاده کرد (Anderson and Behm 2005). سررا و همکاران (۲۰۱۱)، افزایش قدرت در افراد مسن بزرگسال بعد از هشت هفته تمرینات قدرتی سنتی گزارش کردند، اما هیچ تغییری در تست ایستادن و راه رفتن عملکردی مشاهده نکردند (Serra-Rexach, et al. 2011). مطالعات اخیر نشان می دهد اثربخشی ورزش بر اساس نوع آن متفاوت است و حرکات خاصی را برای افزایش عملکرد روزانه، تقویت عملکرد و جلوگیری از ناتوانیها هدف قرار می دهد (Suryadi et al. 2024, Willingham et al. 2024).

در سال های گذشته، علم ورزش تمرکز خود را بر روی تمرینات قدرتی عملکردی برای افراد مسن متمرکز کرده است، زیرا این تمرینات مبتنی بر حرکات زندگی روزمره (انجام حرکات پیچیده با وزن بدن خود) است. ^۱ TRX Training (تمرین تعلیق) یک تمرین قدرتی است در برابر جاذبه، که با یک سیستم تعلیق متشکل از طناب های ضخیم ایجاد می شود و شامل تمریناتی است که با وزن بدن در چند صفحه حرکتی در یک محیط بی ثبات اجرا می شود و از وزن بدن به عنوان مقاومت استفاده می کند (Behm, Drinkwater et al. 2010, Rezaei et al. 2024). نوعی تمرین است که هر دو مولفه عملکردی و قدرت را ترکیب می کند و تأثیرات مشابهی در تحرک، قدرت و تعادل عملکردی ایجاد می کند (Gaetke and Morat 2016, Rezaei et al. 2024). رضایی و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که تمرینات ورزشی سنتی و عملکردی نتایج مشابهی در قدرت عضلانی، استقامت و تعادل عضلانی اصلی ارائه می دهند (Rezaei et al. 2024). با این حال، انعطاف پذیری در گروه تمرینات عملکردی افزایش بیشتری داشت (Weiss et al. 2010). طباطبایی و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند تمرینات تعلیقی TRX استقامت، تعادل، انعطاف پذیری و کنترل عصبی-عضلانی عضلات تثبیت کننده مرکزی بدن را افزایش می دهد (Tabatabaie Asl and Jalilian 2025). حاجیان و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند تمرینات مجازی معلق ۱۲ هفته ای می تواند ابزاری ارزشمند برای افزایش آمادگی جسمانی و عملکرد در بین شرکت کنندگان زن، به ویژه در زمینه آمادگی نظامی باشد (Heijnen et al. 2025). خزائیلی و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند شش هفته تمرین TRX موجب بهبود در شاخص های عملکردی قدرت بالاتنه، انعطاف پذیری بالاتنه و پایین تنه و استقامت قلبی - تنفسی پس از شش هفته برنامه تمرینی داشت (khazaeeli et al. 2025). این در حالی است که مداخلات تمرینی پیشنهاد شده برای افراد مسن بسیار متنوع و یافته های بیشتر متناقض می باشد. گرچه، مزایای این روش در افراد مسن بطور کامل شناخته نشده است. با این حال، هنوز هیچ اجماع یا توصیه ای هم در مطالعات گذشته در مورد این موضوع در افراد مسن وجود ندارد. همچنین فقدان تحقیقات مقایسه و ادغام تمرینات سنتی با تمرینات تعلیقی، مانع از تجزیه و تحلیل بیشتر بین پروتکل های مورد استفاده و پاسخ های دریافتی شده است. بنابراین، این مطالعه به دنبال مقایسه اثربخشی تمرینات قدرتی سنتی و معلق بر شاخص های آمادگی حرکتی در سالمندان کم تحرک است.

روش شناسی پژوهش

جامعه آماری این مطالعه نیمه تجربی را زنان سالمندان مبتلا به فقر حرکتی تشکیل می داد. بدین منظور ۴۵ نفر از زنان سالمندان مبتلا به فقر حرکتی مزمن مراجعه کننده به کلینیک فیزیوتراپی شفا واقع در شهرستان اردبیل با میانگین سنی ۶۴ به عنوان نمونه انتخاب و به طور تصادفی در ۳ گروه تمرینات تمرین سنتی^۲ (۱۵ نفر)، تمرین معلق^۳ (۱۵ نفر) و گروه کنترل قرار گرفتند. پس از تکمیل شدن پرسشنامه پزشکی افراد بیمار و دارای مشکل حرکتی از مطالعه حذف شدند. رضایت نامه کتبی نیز به منظور اعلام رضایت توسط تمامی شرکت کنندگان

- 1 Total Body Resistance Exercise
- 2 Traditional Resistance Training (TRT)
- 3 Suspension Training (TRX)

جهت شرکت در پروتکل‌های تمرینی و همچنین اندازه‌گیری‌ها و خونگیری در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون تکمیل گردید. در یک جلسه قبل از مرحله پیش‌آزمون، محقق توضیحات و جزئیات لازم در مورد روش کار و همچنین در مورد روش تمرینات سنتی و تمرینات معلق را در اختیار آزمودنی‌ها قرار داد. همچنین سعی شد تا روش‌های اندازه‌گیری استاندارد باشند تا آزمودنی‌ها هیچ گونه ضرر جانی و جسمانی نداشته باشند. در جلسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمامی متغیرهای تحقیق اندازه‌گیری و ثبت شد. تعادل ایستا با استفاده از آزمون شارپند رومبرگ یا همان پایایی با چشم باز ۹۰-۹۱ درصد و پایایی با چشم بسته ۷۶-۷۷ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور آزمودنی‌ها با پای برهنه و بطور ایستاده، بازوی خود را بر روی سینه قرار دادند و در حالتی که یکی از پاها (پای برتر) جلوتر از پای دیگر قرار داشت، با چشم باز و بسته این حالت را در حد توانایی حفظ کرد و زمان ثبت و امتیاز محاسبه شد (Sadeghi, Norouzi et al. 2008). چابکی نیز با استفاده از آزمون برخاستن و رفتن، که هدف آن ارزیابی سرعت در طول مانورهای متعدد، شامل ایستادن، راه رفتن، چرخیدن و نشستن مورد ارزیابی قرار گرفت. روش این آزمون بدین صورت بود که از آزمودنی که به یک صندلی با ارتفاع نشیمن ۴۴ سانتی متر تکیه داده است درخواست می‌شود بایستد و با سرعت نهایی خود ۳ متر راه برود و بعد از عبور از محل علامت گذاری شده دور بزند و با نزدیک شدن به صندلی دوباره روی صندلی نشسته و به آن تکیه دهد. مدت زمان بین دو تکیه به صندلی ثبت می‌شود (Karóczi, Mészáros et al. 2014). قدرت اندام فوقانی نیز با آزمون حرکت جلو بازو مورد ارزیابی قرار گرفت. روش انجام این آزمون بدین صورت هست که فرد در حالی که یک وزنه دستی به وزن ۲/۵ کیلوگرم در دست برتر دارد روی یک صندلی با ارتفاع ۴۴ سانتی متر نشسته و در حالتی که پاهایش روی زمین قرار دارد بازو را در امتداد صندلی و به طور عمود به سمت پایین می‌برد، آزمودنی دستش را همزمان با خم شدن آرنج به سمت بالا می‌چرخاند (انجام حرکت خمیدگی با حرکت سوپینیشن) در ادامه با باز کردن بازو به وضعیت اولیه باز می‌گردد. تعداد تکرار این حرکت در مدت زمان ۳۰ ثانیه ثبت می‌شود (Mohamadpour et al. 2014). بعد از مرحله پیش‌آزمون، آزمودنی‌های گروه‌های تمرینی در جلسات تمرینی ۸ هفته‌ای که ۳ جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۴۰-۵۰ دقیقه انجام می‌گرفت شرکت کردند. آزمودنی‌ها در ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه به گرم کردن می‌پرداختند و در انتهای تمرین نیز به مدت ۵ دقیقه تمرینات مربوط به سرد کردن بدن را انجام می‌دادند. پروتکل تمرینی در پژوهش حاضر تمرینات مقاومتی معلق و سنتی بودند. در تمرینات معلق به منظور رعایت اصل اضافه بار، با استفاده از مقیاس بورگ ۱۰ رتبه‌ای، در هر دو هفته، یک واحد افزایش لحاظ می‌شد. لذا شدت تمرینات به ترتیب برای دو هفته اول در محدوده ۴-۵، دو هفته دوم در محدوده ۵-۶ و در دو هفته سوم بین ۶-۷ و در دو هفته چهارم بین ۷-۸ بود. برای رعایت اصل اضافه بار در تمرینات مقاومتی سنتی نیز شدت تمرینات در دو هفته اول در محدوده ۶۰-۶۵ درصد یک تکرار بیشینه، دو هفته دوم در محدوده ۶۵-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه، دو هفته سوم ۷۰-۷۵ درصد یک تکرار بیشینه و دو هفته چهارم بین ۷۵-۸۰ درصد یک تکرار بیشینه بود (Dannelly et al. 2011). نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی مورد بررسی قرار گرفت. در بخش آمار توصیفی ویژگی‌های آزمودنی‌ها جمع‌بندی شد. در بخش آمار استنباطی نیز پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک، فرضیه‌های پژوهش به کمک روش‌های آماری آنالیز کوواریانس (آنکوا) و t همبسته مورد بررسی قرار گرفت. محاسبات در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ی ۲۳ صورت گرفت.

جدول ۱- حرکات استفاده شده در برنامه تمرینات مورد استفاده

تمرینات TRT	تمرینات TRX
جلو ران با دستگاه	جلو ران با تسمه در حالت خوابیده
پارویی با سیم کشه	پارویی وارونه از طرفین
پشت ران با دستگاه	پرس پا به حالت طاق باز با تسمه
پرس سینه با هالتر	شنا با حرکت دست‌ها از طرفین
اسکات	اسکات
جلو بازو با دمبل	جلو بازو با تسمه
پشت بازو با سیم کش	پشت بازو با تسمه

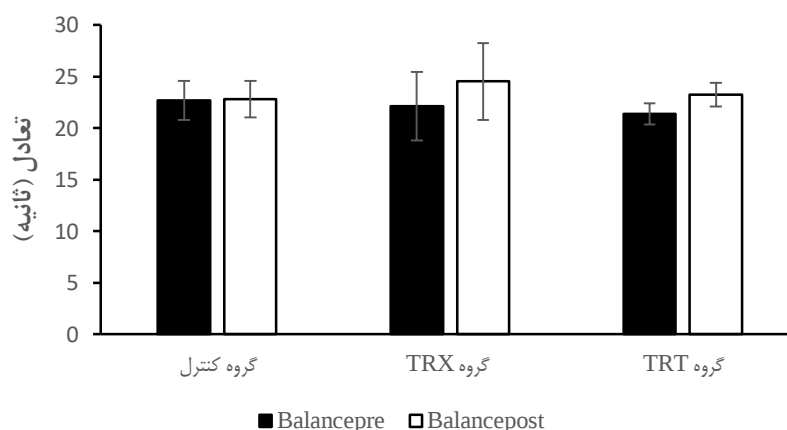
یافته‌ها

ویژگی‌های توصیفی و آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها در گروه‌های مورد مطالعه در جدول ۲ گزارش شده است. توزیع نرمال داده‌ها از طریق آزمون شاپیروویلک تایید شد.

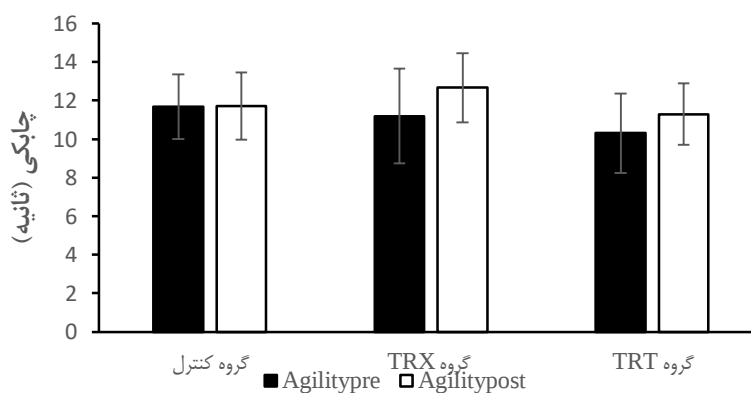
جدول ۲- انحراف استاندارد $\pm$ میانگین داده‌های توصیفی گروه‌ها

متغیر	گروه کنترل	گروه TRT	گروه TRX
سن (سال)	$62/80 \pm 3/35$	$61/90 \pm 3/51$	$63/9 \pm 3/38$
قد (سانتی متر)	$175/90 \pm 4/86$	$177/40 \pm 4/19$	$174/10 \pm 7/32$
وزن (کیلوگرم)	$89/90 \pm 4/65$	$94/10 \pm 7/53$	$88/50 \pm 6/72$
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	$29/15 \pm 2/76$	$29/89 \pm 2/12$	$29/22 \pm 1/96$

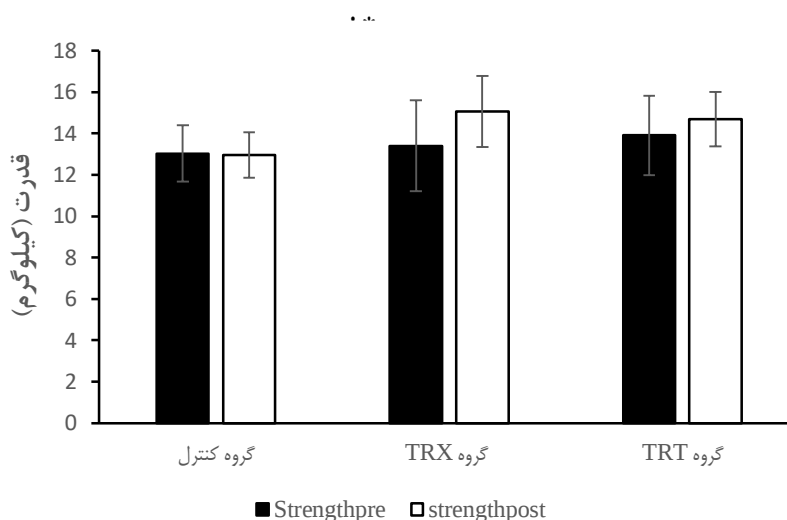
نتایج حاصل از تی همبسته نیز نشان می‌دهد تغییرات تعادل، چابکی و قدرت در هر دو گروه مداخله در مقایسه با مرحله پیش آزمون معنادار بود ($P < 0/05$). نتایج مربوط به تعادل از طریق آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد بین گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد ($P = 0/001$, $F = 18/830$). این تغییرات نشان داد تغییرات تعادل در گروه کنترل در مقایسه با گروه TRX ($P = 0/001$) و گروه TRT ($P = 0/001$) معنادار بود. اما تغییرات بین گروه TRX و گروه TRT ($P = 0/551$) معنادار نبود (شکل ۱). نتایج مربوط به چابکی از طریق آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد بین گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد ($P = 0/001$, $F = 15/924$). این تغییرات نشان داد تغییرات چابکی در گروه کنترل در مقایسه با گروه TRX ($P = 0/001$) و گروه TRT ($P = 0/044$) معنادار بود. همچنین تغییرات بین گروه TRX و گروه TRT ($P = 0/022$) به سطح معناداری رسید (شکل ۲). نتایج مربوط به قدرت از طریق آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد بین گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد ($P = 0/001$, $F = 20/625$). این تغییرات نشان داد تغییرات قدرت در گروه کنترل در مقایسه با گروه TRX ($P = 0/001$) و گروه TRT ($P = 0/002$) معنادار بود. اما تغییرات بین گروه TRX و گروه TRT ($P = 0/063$) معنادار نبود (شکل ۳).



شکل ۱- تغییرات تعادل در گروه‌های مورد مطالعه. * تغییرات معنادار نسبت به گروه کنترل، # تغییرات معنادار نسبت به گروه TRT. † تغییرات معنادار نسبت به مرحله پیش آزمون. ‡*#



شکل ۲- تغییرات چابکی در گروه‌های مورد مطالعه. * تغییرات معنادار نسبت به گروه کنترل، # تغییرات معنادار نسبت به گروه TRT. † تغییرات معنادار نسبت به مرحله پیش آزمون.



شکل ۳- تغییرات قدرت در گروه‌های مورد مطالعه. * تغییرات معنادار نسبت به گروه کنترل، # تغییرات معنادار نسبت به گروه RTR، † تغییرات معنادار نسبت به مرحله پیش از موزن.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات قدرتی سنتی و معلق بر شاخص‌های آمادگی حرکتی در سالمندان کم‌تحرک بود. در این مطالعه نشان داده شد تعادل و قدرت در سالمندان مبتلا به فقر حرکتی با وجود بهبود اما از نظر پروتکل‌های تمرینی تفاوت معناداری باهمدیگر ندارند. اما چابکی در گروه تمرینات TRX نسبت به گروه TRT بالا تر بود. یک دوره تمرین ۸ هفته‌ای TRX به صورت معناداری باعث بهبود اجرای بدنی سالمندان در فعالیتهای روزانه و کیفیت زندگی آنان میگردد.

TRX نوعی تمرین معلق است که از تمرینات وزن بدن برای توسعه قدرت، تعادل، انعطاف‌پذیری و ثبات مرکزی بدن استفاده می‌کند. اگرچه مطالعات فوق به طور خاص TRX را ارزیابی نمی‌کنند، اما اصل کلی - تمرین مقاومتی پیش‌رونده - در مورد TRX نیز صدق می‌کند. با توجه به اینکه سایر اشکال تمرین مقاومتی و عملکردی در یک دوره ۸ هفته‌ای بهبودهای قابل توجهی در قدرت و عملکرد بدنی در جمعیت‌های مسن نشان داده‌اند، منطقی است که استنباط کنیم یک برنامه ۸ هفته‌ای TRX با طراحی مناسب، احتمالاً مزایای مشابهی را به همراه خواهد داشت، مشروط بر اینکه تمرینات به طور مناسب برای بزرگسالان مسن تطبیق داده شوند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که برنامه‌های تمرینی مقاومتی یا چندوجهی ۸ هفته‌ای می‌توانند قدرت عضلانی و عملکرد بدنی را در جمعیت‌های مسن به طور قابل توجهی بهبود بخشند. به عنوان مثال، یک برنامه تمرینی چندوجهی ۸ هفته‌ای متمرکز بر استقامت هوازی، قدرت و تعادل منجر به بهبودهای قابل توجهی در عملکرد عملکردی در زنان فعال بالای ۶۰ سال شد، که توسط آزمایش‌هایی مانند تست پله ۲ دقیقه‌ای اندازه‌گیری شد (Horbach et al. 2023). به طور مشابه، تمرین قدرتی با ۷۰٪ از حداکثر یک تکرار در طول هشت هفته منجر به افزایش قدرت قابل اندازه‌گیری در زنان مسن کم‌تحرک شد (Benites et al. 2016, Da Silva et al. 2025). یک مداخله ۸ هفته‌ای که توانبخشی مرسوم را با تمرین ارتعاش کل بدن ترکیب می‌کرد، قدرت عضلات اندام تحتانی و عملکرد جسمانی را در بزرگسالان مسن مبتلا به سارکوپنی به طور قابل توجهی افزایش داد و از توانبخشی مرسوم به تنهایی بهتر عمل کرد (Zhuang et al. 2025). یک برنامه تمرینی پایدار ۸ هفته‌ای، که شامل ورزش در فضای باز تحت نظارت و آموزش از راه دور بود، منجر به بهبود قابل توجه در قدرت گرفتن دست و چندین معیار عملکرد فیزیکی در شرکت‌کنندگان مسن شد (Leale et al. 2024). شواهد علمی فعلی قویاً تأیید می‌کنند که برنامه‌های تمرینی ۸ هفته‌ای مبتنی بر مقاومت یا چندوجهی می‌توانند قدرت فیزیکی و عملکرد عملکردی را در سالمندان به طور قابل توجهی بهبود بخشند (Horbach, Krućanica et al. 2023, Leale, Giustino et al. 2024). اگرچه مطالعات مستقیم در مورد تمرین TRX در این جمعیت در نتایج جستجوی ارائه شده وجود ندارد، اصول و نتایج اساسی مداخلات مشابه نشان می‌دهد که یک دوره تمرینی ۸ هفته‌ای TRX نیز در افزایش قدرت فیزیکی در بزرگسالان مسن مؤثر خواهد بود. همچنین محققین به بررسی توسعه تمرینات TRX به عنوان یک رویکرد آموزشی کاربردی جدید برای افراد مسن پرداختند؛ در تضاد با یافته‌های مطالعه ما، نتایج تحقیق گدتی و مورات (۲۰۱۸) نشان داد که هشت هفته تمرین TRX به طور مؤثری موجب افزایش قدرت عضلانی، افزایش دامنه حرکتی و انعطاف‌پذیری، تعادل و به طور کلی عملکرد بدنی افراد سالمند می‌گردد (Gaetke and Morat 2015). دلیل این ناهمبوسی را میتوان به مدت زمان و ماهیت برنامه تمرینی با تمرین تحقیق حاضر نسبت داد. همسو با نتایج مطالعه حاضر، صادقی و همکاران (۲۰۲۱) طی مطالعه‌ای به بررسی تأثیرات ۸ هفته تمرین تعادلی، تمرین

واقعیت مجازی و ورزش ترکیبی بر قدرت عضلات اندام تحتانی، تعادل و تحرک عملکردی در مردان مسن پرداختند. آنها نشان دادند تمرینات موجب بهبود قدرت شد (Sadeghi et al. 2021). یک کارآزمایی بالینی کنترل‌شده شامل مردان مسن مبتلا به سارکوپنی (تحلیل عضلات مرتبط با سن) نشان داد که ۸ هفته تمرین تعلیق TRX (سه جلسه در هفته) منجر به بهبود قابل توجهی در چندین آزمون عملکردی شد. این موارد شامل سرعت راه رفتن بهتر، بهبود عملکرد ایستادن روی صندلی و نتایج بهبود یافته در آزمون بلندشو و برو بود که همگی با تعادل و تحرک در بزرگسالان مسن تر ارتباط نزدیکی دارند (Rezaei et al. 2024). این بهبودها به افزایش فاکتورهای رشد خاص و کاهش میوستاتین، یک مهارکننده رشد عضلانی، نسبت داده شد که نشان می‌دهد تمرین TRX نه تنها عملکرد عضلات را افزایش می‌دهد، بلکه از سازگاری‌های عصبی-عضلانی مهم برای تعادل نیز پشتیبانی می‌کند (Rezaei et al. 2024, Tabatabai Asl and Jalilian 2025). در حالی که این مطالعه مستقیماً "تعادل" را به عنوان یک پارامتر مجزا اندازه‌گیری نکرد، پیشرفت‌های قابل توجه در آزمون‌های بلندشو و برو و ایستادن روی صندلی، شاخص‌های شناخته‌شده‌ای از تعادل بهتر و کاهش خطر سقوط در سالمندان هستند (Rezaei et al. 2024). سایر اشکال تمرین عملکردی، چه در خشکی و چه در آب، که طی هشت هفته انجام می‌شوند، نیز بهبودهای قابل توجهی را در تعادل و عملکرد فیزیکی در بین بزرگسالان مسن تر نشان داده‌اند (Khani et al. 2024). این نشان می‌دهد که برنامه‌های ورزشی ساختارمند و مبتنی بر مقاومت مانند TRX برای افزایش تعادل در این جمعیت مؤثر هستند. یک دوره آموزشی ۸ هفته‌ای TRX به طور قابل توجهی تعادل فیزیکی و تحرک عملکردی افراد مسن را بهبود می‌بخشد، همانطور که با عملکرد بهتر در آزمون‌های عملکردی استاندارد مرتبط با تعادل و پیشگیری از سقوط مشهود است (Rezaei et al. 2024). این یافته‌ها از گنجاندن تمرینات تعلیق TRX به عنوان یک مداخله عملی برای افزایش تعادل و کاهش خطر سقوط در بزرگسالان مسن پشتیبانی می‌کنند.

از آنجا که تعادل علاوه بر دروندادهای گیرنده‌های حسی - عمقی به درون دادهای گیرنده پوستی نیز وابسته است، کاهش تعادل تا حدودی با کاهش توانایی‌های حس حرکت در سالمندان مرتبط است. همچنین، کاهش حداکثر قدرت عضلات نیز در سالمندان در کاهش کنترل تعادل آنها مؤثر است (Khoshmaram et al. 2019). علی‌رغم اینکه در مطالعه حاضر بین دو گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما با توجه به میانگین دو گروه مشاهده می‌شود که گروه تمرینی TRX در تست تعادل پیشرفت بهتری داشته است. بنابراین، با توجه به این نتایج به نظر میرسد که سازگاریهای ناشی از تمرینات مقاومتی با TRX، نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی باعث بهبود بیشتری در تعادل افراد می‌شود. احتمال می‌رود این تغییرات به دلیل ویژگی تمرینات TRX و نیز ویژگی حرکات موجود در پروتکل تمرینی باشد. به طور کلی، قدرت عضلات احاطه‌کننده و عمل‌کننده بر مفصل و هم‌انقباضی آنها جهت تثبیت مفاصل اندام تحتانی، فعالیت گیرنده‌های عمقی و کنترل عصبی-عضلانی به منظور حفظ تعادل هنگام انجام حرکت حایز اهمیت می‌باشد (Phothirook, Amatachaya et al. 2023). تمرینات TRX جهت توسعه بی‌ثباتی ثابت و تغییر جهت طراحی شده‌اند، که ممکن است سیستم‌های کنترل وضعیتی را تحریک و عضلات تثبیت‌کننده را بیشتر فعال کند، بنابراین مکانیسم‌های مهم برای توسعه کارآمد تعادل پویا و چابکی را فعال می‌کند (Khoshmaram et al. 2019, Ranjbarzadeh Yamchi et al. 2022). نتایج مطالعه حاضر در مورد چابکی در تضاد با یافته‌های مطالعه انجام شده توسط ویس و همکاران بود که افزایش بیشتر انعطاف‌پذیری را برای شرکت‌کنندگان در گروه تمرین عملکردی معلق در مقایسه با گروه سنتی گزارش کرد (Weiss et al. 2010). برای توضیح تغییرات مثبت در چابکی اندازه‌گیری شده در تحقیقات، محققان دو مکانیسم ممکن را در نظر گرفتند: (الف) بهبود ویژگیهای توان و (ب) افزایش کنترل وضعیتی افراد. اولین احتمال به تأثیر احتمالی توان و بهبود آنها روی چابکی مربوط می‌شود. قدرت انفجاری و ویژگی‌های توان به طور قابل توجهی، هرچند نه چندان زیاد، با چابکی مرتبط است (Marković et al. 2007)، بطوری که برای مهارت‌های چابکی مورد انتظار است که در آنها آزمودنی‌ها مجبورند بارها و بارها سطح بالایی از نیرو را برای اجرای آن اعمال کنند. برخلاف تصور، تأثیر توان و توان انفجاری برای عملکردهای چابکی که در آن فاکتور سرعت غالب است کمتر است (مثلاً آزمایش‌های شاتل یک طرفه) (Tomljanović et al. 2011).

نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین TRX و تمرین مقاومتی سنتی بر شاخص‌های آمادگی جسمانی در زنان سالمند غیرورزشکار بود. نتایج حاکی از آن است که تمرینات معلق به طور نسبی تأثیر بیشتری در بهبود آمادگی جسمانی زنان مسن کم‌تحرك پس از هشت هفته دارد. این بررسی نشان می‌دهد هر دو روش تمرینی برای کاهش عوارض جسمی ناشی از سالمندی کارآمد هستند و بر اهمیت آموزش این نوع تمرین‌ها برای جمعیت سالمندان، صرف نظر از نوع روش مورد استفاده، تأکید می‌کند. با این وجود، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نظیر کوتاه بودن دوره تمرین، تعداد کم آزمودنی‌ها، عدم کنترل کامل تغذیه و محدودیت در پایش شرایط روحی-روانی و استرس شرکت‌کنندگان روبه‌رو بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود برای درک بهتر تأثیر تمرینات TRX در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی بر سازگاری‌های ساختاری و عملکردی سیستم عضلانی، مطالعاتی با تعداد بیشتری از شرکت‌کنندگان و دوره‌های طولانی‌تر طراحی و اجرا شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

- Anderson, K. and D. G. Behm (2005). "The impact of instability resistance training on balance and stability." *Sports medicine* 35: 43-53.
- Behm, D. G., E. J. Drinkwater, J. M. Willardson and P. M. Cowley (2010). "Canadian Society for Exercise Physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning." *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 35(1): 109-112.
- Benites, M. L., R. C. Alves, S. S. Ferreira, L. Follador and S. G. da Silva (2016). "Are rate of perceived exertion and feelings of pleasure/displeasure modified in elderly women undergoing 8 week of strength training of prescribe intensity?" *Journal of physical therapy science* 28(2): 407-411.
- Cadore, E. L., L. Rodríguez-Mañas, A. Sinclair and M. Izquierdo (2013). "Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review." *Rejuvenation research* 16(2): 105-114.
- Da Silva, C. E. R., W. J. Santana, G. Almeida, A. Verame, A. R. Doro, E. Barbosa, L. Lima, H. M. Dias, M. C. Zanetti and A. F. Junior (2025). "Self-selected vs. prescribed aerobic exercise intensity: impacts on pleasure in women with obesity." *Frontiers in Psychology* 16: 1533785.
- Dannelly, B. D., S. C. Otey, T. Croy, B. Harrison, C. A. Rynders, J. N. Hertel and A. Weltman (2011). "The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in women." *The Journal of Strength & Conditioning Research* 25(2): 464-471.
- Daskalopoulou, C., B. Stubbs, C. Kralj, A. Koukounari, M. Prince and A. M. Prina (2017). "Physical activity and healthy ageing: A systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies." *Ageing research reviews* 38: 6-17.
- Gaetke, A. and T. Morat (2015). "TRX suspension training: A new functional training approach for older adults—development, training control and feasibility." *International journal of exercise science* 8(3): 224.
- Gaetke, A. and T. Morat (2016). "Effects of two 12-week strengthening programmes on functional mobility, strength and balance of older adults. Comparison between TRX suspension training versus an elastic band resistance training." *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine* 13(1).
- Heijnen, M. J., A. Berni, P. McNabb, S. Caldwell, S. Holland, B. Kawczynski, A. T. McDaniel, S. Noland, S. Strayhorn and W. Tseh (2025). "Efficacy of Army Combat Fitness Test 12-Week Exercise Program Among Females." *Military Medicine*: usaf034.
- Horbacz, A., L. Krućanica and Z. Kováčiková (2023). "The effect of 8-week multicomponent intervention on physical fitness in trained older women." *Physical Activity Review* 11(2).
- Hunter, S. K., H. M. Pereira and K. G. Keenan (2016). "The aging neuromuscular system and motor performance." *Journal of applied physiology*.
- Karóczy, C. K., L. Mészáros, Á. Jakab, Á. Korpos, É. Kovács and T. Gondos (2014). "The effects of functional balance training on balance, functional mobility, muscle strength, aerobic endurance and quality of life among community-living elderly people: a controlled pilot study." *New Medicine*.
- Khani, M., F. Baghban, A. Ebrahimi and K. Sadri (2024). "Comparable Effects of Eight-Week Water- and Land-Based Functional Training on Balance and Physical Functionality of Elderly Women." *Biomed Res Bull* 2(3): 96-102.
- khazaeeli, f., M. salehpour and a. eskandari shahrabi (2025). "The Effect of TRX Suspension Training on Pax7 protein Expression in Muscle Tissue and Functional Performance Indicators in Elderly Women." *Journal of Sport and Exercise Physiology*: -.
- Khoshmaram, F., H. Sadeghi and F. Eftekhari (2019). "Comparison of Electromyographic Activity of Selected Core Muscles While Performing Selected Core Stability Exercises Using TRX." *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine* 8(3): 140-149.

- Leale, I., V. Giustino, J. Brusa, M. Barcellona, M. Barbagallo, A. Palma, G. Messina, L. J. Dominguez and G. Battaglia (2024). "Effectiveness of a sustainable training program combining supervised outdoor exercise with telecoaching on physical performance in elderly people." *Sustainability* **16**(8): 3254.
- Marković, G., D. Sekulić and M. Marković (2007). "Is agility related to strength qualities?--Analysis in latent space." *Collegium antropologicum* **31**(3).
- Mohamadpour, H., N. Rahnama and M. Faramarzi (2014). "Effect of omega-3 fatty acids and resistance training on some-Factors of physical fitness in healthy older women." *Journal of Exercise Physiology* **22**: 41-54.
- Pereira, P. C., R. D. Medeiros, A. A. dos Santos, L. dos Santos Oliveira, R. R. Aniceto, A. A. Júnior, J. A. do Nascimento and M. d. S. C. de Sousa (2012). "Efeitos do treinamento funcional com cargas sobre a composição corporal: Um estudo experimental em mulheres fisicamente inativas." *Motricidade* **8**(1): 42-52.
- Phothirook, P., S. Amatachaya and P. Peungsuwan (2023). "Muscle Activity and Co-Activation of Gait Cycle during Walking in Water and on Land in People with Spastic Cerebral Palsy." *International Journal of Environmental Research and Public Health* **20**(3): 1854.
- Pinto, R. S., C. S. Correa, R. Radaelli, E. L. Cadore, L. E. Brown and M. Bottaro (2014). "Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women." *Age* **36**: 365-372.
- Ranjbarzadeh Yamchi, F., M. Karimizadehardekani, Y. Moghadas Tabrizi and H. Minoonegad (2022). "Comparing the Effect of 8 Weeks of Suspension Training and Core Stability on the Onset of Electromyography Activity of Selected Muscles and the Pain in Amateur Soccer Players With Non-specific Chronic Low Back Pain." *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal* **12**(3): 199-212.
- Rezaei, F. (2024). "Comparison of 8 Weeks of Selected TRX Training and Weight Training on Improving Motor Function and Chronic Nonspecific Back Pain in Women Aged 35 to 55." *Journal of Sport Biomechanics* **10**(2): 104-120.
- Rezaei, S., R. Eslami and B. Tartibian (2024). "The effects of TRX suspension training on sarcopenic biomarkers and functional abilities in elderlies with sarcopenia: a controlled clinical trial." *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* **16**(1): 58.
- Sadeghi, H., D. A. Jehu, A. Daneshjoo, E. Shakoor, M. Razeghi, A. Amani, M. N. Hakim and A. Yusof (2021). "Effects of 8 weeks of balance training, virtual reality training, and combined exercise on lower limb muscle strength, balance, and functional mobility among older men: a randomized controlled trial." *Sports health* **13**(6): 606-612.
- Sadeghi, H., H. Norouzi, A. Karimi Asl and M. Montazer (2008). "Functional training program effect on static and dynamic balance in male able-bodied elderly." *Iranian Journal of Ageing* **3**(2): 565-571.
- Serra-Rexach, J. A., N. Bustamante-Ara, M. Hierro Villaran, P. Gonzalez Gil, M. J. Sanz Ibanez, N. Blanco Sanz, V. Ortega Santamaria, N. Gutierrez Sanz, A. B. Marin Prada and C. Gallardo (2011). "Short-term, light-to moderate-intensity exercise training improves leg muscle strength in the oldest old: a randomized controlled trial." *Journal of the American Geriatrics Society* **59**(4): 594-602.
- Suryadi, D., A. Nasrulloh, J. Haryanto, Y. T. J. Samodra, I. D. P. Wati, M. A. Suganda, S. Nugroho, P. B. Dafun Jr, B. W. Kushartanti and E. Fauziah (2024). "What are physical exercise interventions in older age? Literature review for physical and cognitive function." *Pedagogy of Physical Culture and Sports* **28**(3): 201-212.
- Tabatabai Asl, S. M. and P. Jalilian (2025). "The Effect of Six Weeks of TRX Training on Selected Physical Fitness Components in High School Students in Mashhad." *Journal of Sport Biomechanics* **11**(1): 34-45.
- Tomljanović, M., M. Spasić, G. Gabrilo, O. Uljević and N. Foretić (2011). "Effects of five weeks of functional vs. traditional resistance training on anthropometric and motor performance variables." *Kinesiology* **43**(2.): 145-154.
- Weiss, T., J. Kreitinger, H. Wilde, C. Wiora, M. Steege, L. Dalleck and J. Janot (2010). "Effect of functional resistance training on muscular fitness outcomes in young adults." *Journal of Exercise Science & Fitness* **8**(2): 113-122.
- Willingham, T. B., J. Stowell, G. Collier and D. Backus (2024). "Leveraging emerging technologies to expand accessibility and improve precision in rehabilitation and exercise for people with disabilities." *International journal of environmental research and public health* **21**(1): 79.
- Zhao, R., M. Zhao and Z. Xu (2015). "The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis." *Osteoporosis international* **26**: 1605-1618.
- Zhuang, M., Y. Gu, Z. Wang, X. He and N. Chen (2025). "Effects of 12-week whole-body vibration training versus resistance training in older people with sarcopenia." *Scientific Reports* **15**(1): 6981.