



Original Article

Effects of Reactive Neuromuscular Exercise on Balance, Mobility, Fear of Fall and Muscle Strength in Older People with Sarcopenia

Komeil Dashti Rostami¹, Raheleh Ghaffari^{*2}, Donya Kargaran²

1. Department of Motor Behavior and Biomechanics, Faculty of sports sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.
2. Faculty of Sport Science, Shomal University, Amol, Iran.
3. Faculty of Sport Science, Shomal University, Amol, Iran.

* Corresponding Author: Raheleh Ghaffari, Email: r.ghaffari@shomal.ac.ir

Received: 02/06/2025, Accepted: 29/09/2025, OnLine Published: 09/10/2025

How to Cite: Dashti Rostami, K; Ghaffari, R; Kargaran, D. Effects of Reactive Neuromuscular Exercise on Balance, Mobility, Fear of Fall and Muscle Strength in Older People with Sarcopenia. *Sport Medicin Studies*, 17(44): 111-128. In Persian. Doi: [10.22089/smj.2025.18082.1813](https://doi.org/10.22089/smj.2025.18082.1813)

Extended Abstract

Background and Purpose

Sarcopenia, or reduction of muscle mass, has been reported to occur in 50% of people over 80 years of age and is an important risk factor for functional disability and poor physical performance. Elderly people with sarcopenia experience problems such as balance, fear of falling, mobility, and decreased muscle strength. Previous studies have shown that reactive neuromuscular training (RNT) can lead to improved mobility and functional balance. RNT improves proprioception and dynamic stability, which can result in postural awareness, adaptations in balance, and improved position sense. RNT emphasizes precise body position to enhance dynamic stabilization of the muscular system, thus can improve functional activities. The purpose of this study was to investigate the effect of RNT exercises on functional mobility, balance, fear of falling, and muscle fitness of elderly people with sarcopenia.

Materials and Methods

In this semi-experimental study, 30 elderly people with the age range of 60 to 75 years (15 experimental group, N = 15; control group, N = 15) suffering from sarcopenia in Amol city were recruited as samples with the confirmation of a physician. The sampling method was purposeful in which participants were chosen according to inclusion and exclusion criteria. G-Power software was used to determine the sample size with a statistical power of 80%, a confidence interval of 95%, and an effect size of 0.7. Sarcopenia was assessed according to the criteria of the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP). Berg Balance Scale (BBS) was used to evaluate balance. Fear of falling was assessed using the FES-I (International Fall Efficiency Scale) questionnaire, which has 16 items related to 16 activities of daily living. Timed Up and Go test (TUG) was used to evaluate functional mobility. For performing the TUG test, the subject sits on a standard chair with a height of 46 cm, and the time required for the participant to get up



from the chair, walk a distance of three meters, go around a specified place, and return to sit on the chair is recorded by a digital timer.

For assessing upper and lower extremity muscle fitness, the 30-second bicep curl test and 30-second sit-to-stand test were used respectively. The muscular fitness of the upper limb was evaluated using the biceps curl with a dumbbell in 30 seconds. The weight of the dumbbell for men was 3.63 kg and for women 2.27 kg.

The experimental group performed eight weeks of reactive neuromuscular exercises, three sessions a week, a total of 24 sessions, each session lasting 45–60 minutes. The control group did not perform any activity during this period. The intensity of the exercises increased by manipulating the time of execution of the movement or the level and type of movement. In the final weeks, the maximum possible amount of pressure was considered according to the condition of the people. It should be noted that the intensity of the exercises used in the present study was recommended by the American College of Sports Medicine (ACSM).

SPSS software version 26 was utilized for data analysis. The normality of the data distribution was checked by the Shapiro-Wilk test. Analysis of covariance and Bonferroni's post hoc test were used to compare research variables in two experimental and control groups at a significance level of $p = 0.05$.

Findings

The two groups included 30 elderly people with an average age of 64.93 ± 4.11 years, height 169.23 ± 7.88 cm, weight 73.70 ± 8.14 kg, and body mass index 25.55 ± 1.85 kg/m². There was no significant difference in demographic characteristics between the two groups.

ANCOVA results showed a significant difference between the experimental and control groups ($F = 48.82$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.64$) in Berg Balance Scale. Specifically, the scores of the balance test in the experimental group increased significantly after the intervention. The results of the ANCOVA test showed a significant effect of RNT exercises on the functional mobility of the older people with sarcopenia ($F = 64.26$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.51$). In fact, the time of the Timed Up and Go test was significantly reduced in the experimental group.

There was no significant difference between the experimental and control groups in the fear of falling variable ($F = 2.86$, $p = 1.02$, $\eta^2 = 0.11$). Also, RNT exercises significantly improved the muscle fitness of the upper limb ($\eta^2 = 0.59$, $p = 0.001$, $F = 29$) and lower limb ($\eta^2 = 0.53$, $p = 0.001$, $F = 30.06$) in the experimental group compared to the control group.

Conclusion

It seems that RNT is effective in improving balance, mobility, and muscle fitness. RNT could improve the sense of proprioception and movement control pattern. These exercises affect balance and functional mobility and, by improving muscle fitness, help older people to cope better in activities of daily living. The strength of the upper and lower limbs is one of the important factors in maintaining the balance of older people with sarcopenia. Additionally, maintaining functional independence and performing daily necessary tasks by older people should be achieved by improving the level of mobility and functional balance. Considering the lack of effect of RNT on the fear of falling, it is suggested to consider more time for exercises in future research.

Keywords: Elderly, Muscle Atrophy, Proprioception, Muscle Strength

Article Message

Reactive neuromuscular training can be considered an effective training modality for improving balance, joint mobility, and lower and upper limb strength in older adults with sarcopenia.

Ethical Considerations

The research ethics code was obtained from the ethics committee of Shahrood University of Technology with the number IR.SHAROODUT.REC.1404.003.

Authors' Contributions

Conceptualization: Komeil Dashti Rostami, Raheleh Ghaffari

Data Collection: Donya Kargar

Data Analysis: Komeil Dashti Rostami

Manuscript Writing: Komeil Dashti Rostami, Raheleh Ghaffari, Donya Kargar

Review and Editing: Raheleh Ghaffari, Donya Kargar

Project Manager: Komeil Dashti Rostami, Raheleh Ghaffari

Conflict of Interest

The authors of the article declare that they have no conflicts of interest related to the present research.

Acknowledgments

The authors express their gratitude and appreciation to all the dear elderly individuals who collaborated in this research project.



مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات عصبی عضلانی واکنشی بر تعادل، جنبش پذیری، ترس از سقوط و آمادگی عضلانی سالمندان مبتلا به سارکوپنی

کمیل دشتی رستمی^۱، راحله غفاری^{۲*}، دنیا کارگران^۳

۱. گروه بیومکانیک و رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۲. دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شمال، آمل، ایران

۳. دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شمال، آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷، تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۷/۱۷

*نویسنده مسئول: راحله غفاری، E-mail: r.ghaffari@shomal.ac.ir

How to Cite: Dashti Rostami, K; Ghaffari, R; Kargaran, D. Effects of Reactive Neuromuscular Exercise on Balance, Mobility, Fear of Fall and Muscle Strength in Older People with Sarcopenia. *Sport Medicine Studies*, 17(44): 111-128. In Persian. Doi: [10.22089/smj.2025.18082.1813](https://doi.org/10.22089/smj.2025.18082.1813)

چکیده

سارکوپنی کاهش توده عضلانی است که بر بسیاری از سالمندان تأثیر می گذارد؛ از این رو هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی واکنشی (RNT) بر تعادل، جنبش پذیری، ترس از سقوط و قدرت اندام فوقانی و تحتانی سالمندان مبتلا به سارکوپنی بود. تعداد ۳۰ سالمند مبتلا به سارکوپنی به صورت هدفمند به عنوان نمونه تحقیق حاضر انتخاب شدند. آزمودنی ها به صورت تصادفی در دو گروه تمرین (N=۱۵) و کنترل (N=۱۵) قرار گرفتند. گروه تمرینی سه بار در هفته و به مدت هشت هفته RNT را انجام دادند. مقیاس تعادل برگ، آزمون زمانی برخاستن و راه رفتن، مقیاس بین المللی کارآمدی سقوط، آزمون ۳۰ ثانیه ای جلو بازو و آزمون ۳۰ ثانیه ای نشست و برخاستن، قبل و بعد از پروتکل تمرین ارزیابی شدند. برای تحلیل داده ها از آزمون آنکوا استفاده شد. تمام تحلیل های آماری در نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. نتایج نشان داد، RNT به طور معناداری تعادل ($P=0/001$)، تحرک عملکردی ($P=0/001$)، قدرت اندام فوقانی ($P=0/001$) و اندام تحتانی ($P=0/001$) را در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل افزایش داد؛ با وجود این، تفاوت معناداری در متغیر ترس از سقوط بین دو گروه وجود نداشت ($P=0/102$). براساس نتایج، RNT را می توان به عنوان یک مداخله تمرینی برای بهبود تعادل، تحرک و قدرت اندام فوقانی و تحتانی در سالمندان مدنظر قرار داد.

واژگان کلیدی: سالمندی، آتروفی عضلانی، حس عمقی، قدرت عضلانی.



مقدمه

جمعیت سالمند جهان چالش‌های بی‌سابقه‌ای برای نظام‌های سلامت در سراسر جهان ایجاد کرده است؛ به طوری که سارکوپنی به عنوان یک سندرم جدی در دوران سالمندی مطرح است که با کاهش پیشرونده توده عضلانی اسکلتی، قدرت و عملکرد عضلات مشخص می‌شود. سارکوپنی تقریباً ۱۰ تا ۲۰ درصد از سالمندان جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با افزایش خطر زمین خوردن، کاهش عملکرد و از دست دادن استقلال مرتبط است (۱، ۲).

هزینه‌های اقتصادی مرتبط با عوارض سارکوپنی، به خصوص سقوط و پیامدهای آن نشان‌دهنده اهمیت موضوع است. تخمین‌ها نشان می‌دهد که آسیب‌های مرتبط با سقوط تقریباً ۱/۵ درصد کل هزینه‌های سیستم مراقبت از سلامت را تشکیل می‌دهد و در این میان افراد مبتلا با سارکوپنی نرخ بیشتری از بستری شدن طولانی در بیمارستان را دارند (۳). پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که جمعیت افراد بیشتر از ۶۵ سال تا سال ۲۰۵۰ به بیشتر از ۱/۶ میلیارد نفر می‌رسد؛ بنابراین طراحی مداخلات مؤثر که به طور هم‌زمان کاهش توده عضلانی و خطر سقوط را مدنظر قرار دهد، از دیدگاه سلامتی عمومی و اقتصادی دارای اهمیت ویژه‌ای است (۳)؛ بنابراین تحقیق حاضر با بررسی مداخلات تمرینی که به طور هم‌زمان عوامل خطرزای چندگانه مرتبط با سارکوپنی و سقوط را کاهش می‌دهد، به این نیاز پاسخ می‌دهد.

بی‌تعادلی در سالمندان ممکن است مشکلات حادی را برای این قشر به وجود آورد. یکی از نتایج متداول آن به‌ویژه در افراد دچار عارضه پوکی استخوان، شکستگی مهره‌های ستون فقرات، لگن خصره، استخوان ران و مچ دست است. پیچیدگی این‌گونه مشکلات پیامدهای نامطلوبی از قبیل صرف هزینه‌های پزشکی زیاد، وابستگی به دیگران، زمین گیر شدن، تغییر شیوه زندگی یا کم‌تحرك پذیری و احتیاط بیش از حد در بردارد. زمین خوردن سالمندان به عوامل مختلفی بستگی دارد که از بین آن‌ها می‌توان به روش زندگی، مشکلات خانوادگی و وضعیت اقتصادی اجتماعی، بیماری‌ها و مصرف داروها به‌عنوان مهم‌ترین عوامل اشاره کرد (۴). جنبش‌پذیری عملکردی، توانایی فیزیولوژیک فرد برای حرکت مستقل و ایمن در محیط‌های مختلف به‌منظور انجام فعالیت‌های عملکردی در وظایف روزانه و مشارکت در فعالیت‌های روزانه در خانه، محیط کاری و جامعه تعریف می‌شود (۵). تحقیقات دیگر اشاره کرده‌اند، زنان سالمند تعادل بدتری نسبت به مردان سالمند دارند که از دلایل آن ترکیب بدنی زنان نسبت به مردان و کمتر بودن قدرت عضلانی عنوان شده است (۶-۸).

امروزه با استفاده از روش‌های دارودرمانی می‌توان تا اندازه‌ای نارسایی‌های جسمانی و روانی ناشی از کهولت سن را برطرف کرد، اما به نظر می‌رسد برای مقابله با این معضل بزرگ و روبه‌رشد جوامع بشری باید راهکارهای مطمئن‌تر و مناسب‌تری پیدا کرد (۹). شواهد پژوهشی به‌روشنی نشان داده‌اند که تمرین مقاومتی می‌تواند با افزایش قدرت عضلات، توان و سرعت هایپرتروفی، استقامت عضلانی، عملکرد حرکتی، تعادل و هماهنگی و بیان ژن رگ‌زایی، نقش مهمی در بهبود عملکرد بدنی ایفا کند (۱۰-۱۳). با وجود مزایای تمرینات مقاومتی، از آنجاکه این نوع تمرینات نیاز به تجهیزات زیاد دارد و البته ممکن است برای بیماران و افراد غیر ورزشکار و همین‌طور سالمندان طاقت‌فرسا باشد، به نظر می‌رسد روش‌های جدید تمرین مقاومتی که دارای محاسن مشترک با این نوع تمرین هستند، جایگزین مناسبی برای کار با دستگاه‌های بدن‌سازی باشند (۱۴). تحقیقات قبلی نشان دادند، تمرینات عصبی عضلانی واکنشی (RNT)^۱ می‌تواند منجر به بهبود جنبش‌پذیری و تعادل عملکردی در بزرگسالان شود (۱۵-۱۷).

RNT شکل تخصصی از تمرینات است که بر بهبود کنترل عصبی عضلانی، تعادل، زمان عکس‌العمل و ثبات مفصلی تمرکز می‌کند. از آنجاکه در افراد مسن قدرت، هماهنگی و حس عمقی ناشی از سن کاهش می‌یابد و خطر سقوط و آسیب

1. Reactive Neuromuscular Training (RNT)

افزایش می‌یابد، انجام تمرینات RNT دارای اهمیت خاصی است. در سالمندان مبتلا به سارکوپنی، RNT پلی بین تمرینات قدرتی و حرکات عملکردی است که می‌تواند باعث بهبود کنترل عصبی-عضلانی، توان و هماهنگی شود. RNT در ترکیب با تمرینات مقاومتی پیش‌رونده می‌تواند فرایند کاهش توده عضلانی را به تعویق بیندازد، خطر سقوط را کاهش دهد، جنبش‌پذیری را بهبود ببخشد و به سالمندان در حفظ استقلال و بهبود کیفیت زندگی کمک کند. از دیدگاه فیزیولوژیک نیز سارکوپنی و خطر زمین خوردن ماهیت چندعاملی دارد. در حالی که تمرینات مقاومتی عمدتاً از طریق سازگاری‌های ساختاری و هورمونی، توده عضلانی و قدرت را هدف قرار می‌دهند، تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی ممکن است با بهبود کارایی عصبی-عضلانی، دقت حس عمقی و تولید سریع نیرو - که همگی برای پیشگیری از زمین خوردن در طی اغتشاشات ناخواسته مهم هستند - این اثرات را تکمیل کنند (۱۹، ۱۸). متخصصان نیز رویکرد یکپارچه که شامل ترکیبی از تمرینات قدرتی، تمرینات تعادل و عملکردی است، برای مدیریت بهینه سارکوپنی توصیه می‌کنند (۲، ۱). پژوهش حاضر بر آن بود تا بررسی خاص مزایای افزوده مؤلفه‌های واکنشی در برنامه‌ریزی تمرینی برای سالمندان مبتلا به سارکوپنی، این رویکرد یکپارچه را گسترش دهد. علاوه بر این، پژوهش حاضر شکاف تحقیقاتی در ادبیات مرتبط با تجویز تمرین برای سالمندان مبتلا به سارکوپنی را پر کرده است. اکثر مطالعات قبلی به بررسی مداخلات تمرینی روی سالمندان سالم پرداخته‌اند؛ در حالی افراد مبتلا به سارکوپنی به اندازه کافی مدنظر قرار نگرفته‌اند (۲۰، ۱). اکثر دستورالعمل‌های موجود برای مدیریت سارکوپنی، از مطالعات انجام‌شده روی جمعیت‌های سالمند غیرسارکوپنی اقتباس شده‌اند که این موضوع نیاز به مداخلات مناسب برای پرداختن به چالش‌های فیزیولوژیک منحصر به فرد سارکوپنی را برجسته می‌کند (۱). با توجه به مطالب بیان‌شده، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرینات RNT بر جنبش‌پذیری عملکردی، تعادل، ترس از سقوط و آمادگی عضلانی سالمندان مبتلا به سارکوپنی بود.

روش پژوهش

در این پژوهش نیمه‌تجربی، ۳۰ سالمند مبتلا به سارکوپنی با دامنه سنی ۶۰ تا ۷۵ سال به صورت تصادفی (با استفاده از نرم افزار تولید اعداد تصادفی) به دو گروه تجربی ($n=15$) و کنترل ($n=15$) تقسیم شدند. روش نمونه‌گیری از نوع هدفمند بود که در آن شرکت‌کنندگان به صورت داوطلبانه و با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج، وارد تحقیق شدند. در مطالعه حاضر، برای تعیین حجم نمونه از نرم‌افزار G*Power با توان آماری ۸۰ درصد، فاصله اطمینان ۹۵ درصد و اندازه اثر ۰/۷ استفاده شد.

معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش شامل محدوده سنی ۶۰-۷۵ سال، در دسترس بودن، نداشتن سابقه آسیب حاد، استفاده نکردن از ویلچر، واکر یا هر وسیله کمکی دیگر برای راه رفتن، نداشتن برنامه تمرینی مقاومتی یا ورزش خاص به صورت منظم در شش ماه گذشته، مبتلا نبودن به سایر اختلالات حاد یا مزمن جسمی و نداشتن مشکلات ذهنی و روانی مانند افسردگی شدید (با استفاده از پرسشنامه سنجش افسردگی بک انجام شد و نمرات بیشتر از ۳۰ از آزمون خارج شدند)، سالمندان بیشتر از ۶۰ سال مبتلا به سارکوپنی. معیارهای خروج از مطالعه شامل همکاری نکردن آزمودنی در انجام آزمون و اجرای برنامه، وجود هرگونه ناهنجاری در ستون فقرات و اندام تحتانی، سابقه درد در زمان انجام اندازه‌گیری‌ها، غیبت در بیش از دو جلسه تمرینی و نارضایتی یا به اتمام نرساندن دوره تمرینی. تمام آزمودنی‌ها قبل از انجام تحقیق فرم رضایت آگاهانه را پر کردند. همچنین کد اخلاق پژوهش از کمیته اخلاق دانشگاه صنعتی شاهرود با شماره IR.SHAROODUT.REC.1404.003 دریافت شد.

سارکوپنی براساس معیارهای کارگروه اروپایی سارکوپنی در افراد سالمند (EWGSOP)^۱ ارزیابی شد. نقطه برش برای تعیین سارکوپنی براساس (۱) توده عضلانی کم یک شاخص توده عضلانی اسکلتی (SMI)^۲ کمتر از ۸/۸۷ کیلوگرم بر مترمربع در مردان و کمتر از ۶/۴۲ کیلوگرم بر مترمربع در زنان، (۲) قدرت عضلانی کم اندام تحتانی در مردان کمتر از ۱۴ تکرار و در زنان کمتر از ۱۲ تکرار به کمک آزمون برخاستن از روی صندلی به مدت ۳۰ ثانیه و (۳) عملکرد فیزیکی با سرعت راه رفتن کمتر از ۰/۸ متر بر ثانیه در مسافت سه متر تعیین شد. SMI از تقسیم توده عضلات اسکلتی بر قد افراد برحسب مترمربع و توده عضلات اسکلتی محاسبه شده با دستگاه ترکیب بدنی و معادله تأییدشده توسط جانسن^۳ و همکاران به دست آمد. روایی و پایایی EWGSOP در حد متوسط تا خوب ($ICC=0.75-0.90$) گزارش شده است (۲۱). برای ارزیابی تعادل از آزمون برگ BBS^۴ استفاده شد. این آزمون برای افرادی که دچار مشکلات تعادل و پایداری هستند، مانند افراد مسن یا افرادی که پس از صدمات ورزشی یا عمل جراحی دچار محدودیت‌های حرکتی شده‌اند، استفاده می‌شود. در این آزمون، فرد ارزیابی شده در موقعیت‌های مختلفی قرار می‌گیرد و وظایفی مانند انتقال وزن بین پاها، تعادل در حالت‌های مختلف ایستاده و نیز توانایی انجام حرکاتی مانند بلند کردن یک پایه و غیره از او خواسته می‌شود. فرد امتیازهایی را براساس عملکرد خود در هر وظیفه دریافت می‌کند و سپس برای به دست آوردن امتیاز نهایی امتیازها با هم جمع می‌شوند. این آزمون دارای روایی و پایایی ($ICC > 0.90$) مطلوب برای سالمندان است (۲۲، ۱۵). ترس از سقوط با استفاده از پرسشنامه FES_I (مقیاس بین‌المللی کارآمدی در سقوط)^۵ ارزیابی شد که دارای ۱۶ گویه مربوط به ۱۶ فعالیت در زندگی روزانه است. این پرسشنامه با استفاده از یک مقیاس چهارسطحی از هیجان‌ها از «تقریباً هیچ» تا «بسیار زیاد» ارزیابی می‌شود. چهار گزینه چهار امتیاز دارد که دامنه نمرات از ۱۶ تا ۶۴ است و نمرات ۱۶ تا ۱۹ کمترین نگرانی، ۲۰ تا ۲۷ نگرانی متوسط، ۲۸ تا ۶۴ با بیشترین نگرانی در نظر گرفته می‌شود. پایایی بازآزمون ($ICC > 0.80$) و بین ارزیاب ($ICC > 0.75$) و همچنین روایی (همبستگی قوی با سایر ابزارهای سنجش ترس از افتادن) این مقیاس مطلوب گزارش شده است (۲۳).

برای بررسی جنبش‌پذیری عملکردی از آزمون برخاستن و راه رفتن زمان‌دار (TUG)^۶ استفاده شد؛ بدین صورت که آزمودنی روی صندلی دسته‌دار استاندارد با ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر می‌نشیند و مدت‌زمانی را که او با فرمان شروع از صندلی برمی‌خیزد و پس از طی مسافت سه متر و دور زدن از محل مشخص شده دوباره برمی‌گردد و روی صندلی می‌نشیند، با زمان‌سنج دیجیتال اندازه‌گیری شده و میانگین سه بار اندازه‌گیری ثبت می‌شود. این تست دارای پایایی درون‌کلاسی ($ICC=0.98$)، بین ارزیاب ($ICC=0.97$) و همچنین روایی ($r^2>0.80$) زیادی است (۲۴).

1. European Working Group on Sarcopenia in Older People

2. Skeletal Muscle Mass Index

3. Janssen

4. Berg Balance Scale

5. Falls Efficacy Scale International

6. Time Up and Go (TUG)



شکل ۱- (A) آزمون ۳۰ ثانیه نشستن و برخاستن؛ (B) آزمون ۳۰ ثانیه جلو بازو؛ (C) آزمون برخاستن و راه رفتن
Figure 1- A) 30 second sit to stand test; B) 30 seconds bicep curl test; C) Time Up and Go (TUG)

برای ارزیابی آمادگی عضلانی اندام تحتانی از آزمون ۳۰ ثانیه نشست و برخاست روی صندلی^۱ استفاده شد. این آزمون با هدف ارزیابی قدرت اندام تحتانی و مقاومت پاها در سالمندان انجام می‌شود. پایایی بین‌ارزیاب ($ICC=0.92-0.98$)، درون‌ارزیاب ($ICC=0.85-0.95$) و روایی (همبستگی با قدرت عضلات چهارسرران، $r=0.80$) زیادی برای این تست گزارش شده است (۲۲). آمادگی عضلانی اندام فوقانی با استفاده از آزمون جلو بازو با دمیل در ۳۰^۲ ثانیه ارزیابی شد. وزنه برای مردان ۳/۶۳ کیلوگرم و برای زنان ۲/۲۷ کیلوگرم در این آزمون در نظر گرفته شد. ضریب پایایی این آزمون در سالمندان ۰/۸۹-۰/۹۴ گزارش شده است (۲۵) (شکل ۱).

پروتکل تمرینی

گروه تجربی تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی را به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و در مجموع ۲۴ جلسه و هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه انجام داد. قبل از شروع هر جلسه تمرین، فعالیت گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه و بعد از اتمام جلسه نیز ۱۰ دقیقه فعالیت سرد کردن انجام شد. گروه کنترل نیز در این مدت فعالیت خاصی انجام نداد. طراحی تمرینات پیش‌رونده به صورتی بود که هر هفته نسبت به هفته قبل، با دستکاری زمان اجرای حرکت و سطح و نوع حرکت، شدت تمرینات افزایش یافت و در هفته‌های پایانی بیشترین مقدار ممکن از فشار با توجه به وضعیت افراد در نظر گرفته شد. شایان ذکر است، شدت تمرینات استفاده شده در تحقیق حاضر به توصیه انجمن پزشکی ورزشی آمریکا (ACSM) بود (۲۸). پروتکل تمرین در جدول (۱) ارائه است. پس از پایان هشت هفته تمرین، از هر دو گروه دعوت شد تا برای اندازه‌گیری‌های پس‌آزمون حاضر شوند. تمامی مراحل پیش‌آزمون، مجدد با همان شرایط در مرحله پس‌آزمون تکرار شد.

1. 30 Second Sit to Stand Test

2. 30 Seconds Bicep Curl Test

جدول ۱- پروتکل گروه تمرین RNT (۲۶، ۲۷)
RTN (26, 27) Table1- The exercise group protocol

مقدار استراحت بین ست ها و (ثانیه) حرکات Rest between sets (seconds)	شدت تمرین Exercise intensity (درصد از (MHR	تعداد تکرار Repetition	تعداد ست Set number	نوع تمرین Exercise type	تقویم
30-60	0.60%	8	3	اسکوات Squat	هفته اول و دوم First and seconds weeks
30-60	0.60%	8	3	لانچ به جلو Forward lunge	
30-60	0.60%	8	3	پرتاب توپ مدیسن بال (یک کیلویی) Medicine ball throw (1-kg)	
30-60	0.60%	8s	3	دویدن و کشش کش از پهلوی Running with lateral band resistance	
30-60	0.60%	8s	3	دویدن و کشش کش از جلو Running with forward band resistance	هفته سوم و چهارم Third and fourth weeks
30-60	0.60%	8s	3	دویدن و کشش کش از پشت Running with backward band resistance	
30-60	0.65%	10	3	اسکوات Squat	
30-60	0.65%	10	3	لانچ به جلو Forward lunge	
30-60	0.65%	10	3	لانچ به عقب Backward lunge	هفته سوم و چهارم Third and fourth weeks
30-60	0.65%	10	3	لانچ به پهلوی Lateral lunge	
30-60	0.65%	10	3	تغییر وزن به راست Weight shift to the right	
30-60	0.65%	10	3	تغییر وزن به چپ Weight shift to the left	
30-60	0.65%	10	3	حرکت به جلو Forward movement	هفته پنجم و ششم
30-60	0.70%	12	3	لانچ به جلو Forward lunge	
30-60	0.70%	12	3	لانچ به عقب Backward lunge	

جدول ۱- پروتکل گروه تمرین RNT (۲۶، ۲۷)
RTN (26, 27) Table1- The exercise group protocol

تقویم	نوع تمرین Exercise type	تعداد ست Set number	تعداد تکرار Repetition	شدت تمرین Exercise intensity (درصد از MHR)	مقدار استراحت بین ست‌ها و (ثانیه) حرکات Rest between sets (seconds)
Fifth and sixth weeks	لانچ به پهلو Lateral lunge	3	12	0.70%	30-60
	ساق پا و کشش از پشت Calf raises with backward band resistance	3	12	0.70%	30-60
	ساق پا و کشش از جلو Calf raises with forward band resistance	3	12	0.70%	30-60
	ساق پا و کشش از پهلوها Calf raise with lateral band resistance	3	12	0.70%	30-60
	اسکوات دیوار Wall squat	3	12	0.70%	30-60
	اسکوات همراه با کشش باند از جلو Squat with forward band resistance	3	14	0.75%	30-60
هفته هفتم و هشتم Seventh and eighth weeks	اسکوات همراه با کشش باند از پشت Squat with backward band resistance	3	14	0.75%	30-60
	اسکوات همراه با کشش باند از پهلوها Squat with lateral band resistance	3	14	0.75%	30-60
	ساق پا و کشش از پشت Calf raise with backward band resistance	3	14	0.75%	30-60
	دویدن و کشش کش از جلو running with forward band resistance	3	14	0.75%	30-60
	لانچ به عقب Backward lunge	3	14	0.75%	30-60
	اسکوات دیوار Wall squat	3	14	0.75%	30-60

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. از آمار توصیفی برای به دست آوردن میانگین و انحراف استاندارد در متغیرهای تحقیق و رسم جداول و نمودارها استفاده شد و در بخش آمار استنباطی با استفاده از برنامه نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۶ ابتدا طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. با توجه به کمی بودن متغیرهای وابسته، همبستگی بین داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون، وجود دو گروه مستقل از تحلیل واریانس دو طرفه استفاده شد.

نتایج

دو گروه آزمون‌شده شامل ۳۰ سالمند با میانگین سن $64/93 \pm 4/11$ سال، قد $169/23 \pm 7/88$ ، وزن $72/6 \pm 6/33$ و BMI $25/9 \pm 2/23$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی $25/55 \pm 1/85$ کیلوگرم بر مترمربع بودند. ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق در جدول (۲) ارائه شده است. تفاوت معناداری در ویژگی‌های دموگرافیک بین دو گروه وجود نداشت.

جدول ۲- ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها (انحراف معیار $\pm$ میانگین) در دو گروه سالمندان مبتلا به سارکوپنیTable 2- Demographic characteristics of subjects (mean $\pm$ SD) in two groups

گروه‌ها Group s	تعداد (فراوانی) Number	سن (سال) Age (years)	قد ایستاده (سانتی‌متر) Height (cm)	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)	BMI (کیلوگرم/مترمربع) Body mass index
تجربی Experi mental	15	64.8 ± 4.01	170.6 ± 6.01	72.6 ± 6.33	25.9 ± 2.23
کنترل Control	15	45.7 ± 4.87	169.9 ± 6.01	74.8 ± 10.02	25.8 ± 2.97

برای تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه استفاده شد. در این آزمون اثرات گروه (بین‌گروهی) زمان (درون‌گروهی) و اثر تعاملی بین گروه و زمان بررسی شد. نتایج آزمون اثرات معنادار گروه، زمان و تعامل گروه در زمان را برای تمام متغیرهای وابسته تعادل، برخاستن و راه رفتن، آمادگی عضلانی اندام فوقانی و تحتانی نشان داد. در متغیر ترس از سقوط اثرات گروه، زمان و اثر تعاملی معنادار نبود. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه برای بررسی اثرات گروه، زمان و تعاملی

Table 3- Two-way analysis of variance results for group, time and interaction effects

متغیر وابسته منبع Dependent variable	F	p	η^2
گروه Group	44.82	0.001	0.64
زمان Time	32.41	0.001	0.52
زمان * گروه Time * Group	53.22	0.001	0.68

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه برای بررسی اثرات گروه، زمان و تعاملی
Table 3- Two-way analysis of variance results for group, time and interaction effects

متغیر وابسته منبع	F	p	η^2	Dependent variable
گروه	64.26	0.001	0.51	Group
زمان	43.38	0.001	0.42	Time
زمان * گروه	59.74	0.001	0.48	Time * Group
گروه	2.86	0.102	0.11	Group
زمان	2.92	0.09	0.15	Time
زمان * گروه	2.68	0.13	0.14	Time * Group
گروه	29.90	0.001	0.59	Group
زمان	34.82	0.001	0.63	Time
زمان * گروه	30.47	0.001	0.54	Time * Group
گروه	30.06	0.001	0.53	Group
زمان	36.14	0.001	0.57	Time
زمان * گروه	31.23	0.001	0.55	Time * Group

بحث و نتیجه گیری

هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر تعادل، جنبش پذیری، ترس از سقوط و آمادگی عضلانی در سالمندان مبتلا به سارکوپنی بود. تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اثر معناداری بر تعادل، جنبش پذیری و آمادگی عضلانی داشتند، اما در ترس از سقوط تفاوت معناداری بین گروه تجربی و کنترل مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد، هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی منجر به بهبود تعادل عملکردی سالمندان مبتلا به سارکوپنی شد. نتایج این تحقیق با تحقیقات روجاس^۱ و همکاران (۲۸)، بارنز^۲ و همکاران (۲۹) و گاتکه^۳ و همکاران (۳۰) همسوست. در تحقیق حاضر تعادل با استفاده از مقیاس برگ بررسی شد که دارای مؤلفه های تعادل ایستا

1. Rojas
2. Barnes
3. Gaedtke

و پویا است. مطالعات تأیید می‌کنند که افراد مبتلا به سارکوپنی نتایج ضعیف‌تری در آزمون تعادل برگ دارند (به عنوان مثال، نمرات در افراد مبتلا به سارکوپنی هشت امتیاز کمتر است) (۳۱)، اما در تحقیق حاضر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی نمرات آزمون برگ را در سالمندان مبتلا به سارکوپنی به طور معناداری بهبود بخشید. با استفاده از مقاومتی که در اثر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اعمال می‌شود، عضلات موردنیاز برای حفظ تعادل از جمله عضلات اسکلتی در پا، بازو و مرکز بدن، تقویت می‌شوند. این تقویت عضلات باعث افزایش قدرت و استحکام عضلات می‌شود که از مزیت‌های اصلی تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی است (۳۲). تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی از اصول کنترل حرکتی بهره می‌برند تا الگوهای حرکتی ناقص را بهبود بخشند. این مکانیسم به سالمندان کمک می‌کند تا از کنترل بهتری بر حرکات ایستا و پویا خود برخوردار شوند. بهبود حس عمقی و هماهنگی حسی حرکتی نیز یکی دیگر از مکانیسم‌های تأثیرگذار بر تعادل است. تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی شیوه‌های دریافت و پردازش اطلاعات حسی (مانند حرکت، فشار، وضعیت مفاصل و غیره) و هماهنگی آن‌ها با پاسخ‌های حرکتی را بهبود می‌بخشند. این بهبودها به افراد کمک می‌کند تا حرکات خود را بیشتر کنترل کنند و تعادل بهتری داشته باشند (۳۳). تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی به کارگیری واحدهای حرکتی سریع و فعالیت هم‌زمان عضلات ثبات‌دهنده (درشت‌نئی قدامی و دوقلو) را تحریک می‌کنند. ماهیت پیش‌بینی‌ناپذیر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی یکپارچگی بازخورد حسی حرکتی را بهبود می‌بخشد و در اصلاح نوسانات پاسچر نقش مهمی ایفا می‌کند. درواقع، زمانی که فرد به طور مکرر در معرض اغتشاشات بیرونی قرار می‌گیرد، استراتژی‌های جبرانی (مچ پاران) تحریک می‌شوند و تکیه بر کنترل آگاهانه را کاهش می‌دهند (۳۴، ۳۳). درمجموع به نظر می‌رسد، تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی عمدتاً از طریق ارتقای حس عمقی و کنترل عصبی-عضلانی، مداخله بسیار مؤثری برای بهبود تعادل در سالمندان مبتلا به سارکوپنی هستند.

یکی دیگر از نتایج تحقیق حاضر، اثر معنادار تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر جنبش‌پذیری عملکردی سالمندان مبتلا به سارکوپنی بود. یافته‌های تحقیق درخصوص جنبش‌پذیری عملکردی با تحقیقات بارنز^۱ و همکاران (۲۹) و زک^۲ و همکاران (۳۲) همسوست. تست برخاستن و راه رفتن (TUG) یکی از پیش‌بین‌های مهم خطر سقوط و تحرک عملکردی در سالمندان است. بهبود در زمان تست TUG نشان‌دهنده بهبود تعادل دینامیک، قدرت و جنبش‌پذیری است که اغلب در افراد مبتلا به سارکوپنی به علت کاهش توده عضلانی دچار اختلال می‌شود (۱). تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی به طور اختصاصی این نقص‌ها را با بهبود استراتژی‌های تعادل واکنشی و همچنین بهبود قدرت و توان اندام تحتانی مدنظر قرار می‌دهند (۳۵)؛ برای مثال نشان داده شده است، برنامه‌های تمرینی چندوجهی با ترکیب تعادل و قدرت زمان تست TUG و شیوع سقوط را در سالمندان کاهش می‌دهد (۳۵، ۱).

بهبود عملکرد در اجرای آزمون برخاستن و راه رفتن (TUG) نشان می‌دهد که تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی به طور مؤثری اختلالات عصبی-عضلانی مرتبط با سارکوپنی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۳۴). تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی در مقایسه با تمرینات قدرتی صرف، هماهنگی بین عضلانی و کارایی حرکتی را بهبود می‌بخشند؛ زیرا همبستگی متوسطی بین تغییرات جنبش‌پذیری و شاخص‌های الکترومایوگرافی الگوهای عضلانی وجود دارد. تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر گروه‌های خاصی از عضلات درگیر در حرکات عملکردی تمرکز دارند؛ مانند عضلات مرتبط با تعادل، رفتار و پایداری. مقاومت ارائه‌شده توسط باندها عضلات را دچار چالش می‌کند و باعث فعال‌سازی و تقویت عضلات در طول زمان می‌شود. این تقویت عضلانی به بهبود حرکات عملکردی و پایداری کلی در افراد مسن کمک می‌کند (۳۳). تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی با تقویت الگوهای حرکتی مناسب و کنترل حرکتی بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی را تسهیل می‌کنند. هنگامی

1. Barnes

2. Zech

که افراد تمرینات مقاومتی را انجام می‌دهند، یاد می‌گیرند که چگونه عملکردهای عضلات را بهتر هماهنگ کنند که منجر به حرکات نرم و کنترل شده‌تر در فعالیت‌های روزمره می‌شود (۳۲). به طور کلی، مزایای جنبش‌پذیری ناشی از تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی نشان‌دهنده ماهیت پویا و وابسته به حرکت این تمرینات است که بهتر می‌تواند به بهبود قابلیت‌های عملکردی در مقایسه با تمرینات مجزای قدرتی منجر شود. مؤلفه‌های اغتشاشی موجود در تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی برای بهبود حرکات انتقالی و قابلیت سازگاری در راه رفتن دارای ارزش ویژه‌ای است که برای فعالیت‌های زندگی روزانه مفید است (۳۳).

یافته‌های تحقیق حاضر درخصوص اثر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر ترس از سقوط تفاوت معناداری را بین گروه تجربی و کنترل نشان نداد. نتایج این تحقیق با تحقیق اشمید و همکاران (۳۶) همسوست، ولی با تحقیقات خازنین و همکاران (۳۷) و محسنی و همکاران (۳۸) ناهمسوست. اشمید و همکاران در تحقیق خود نشان دادند، دوازده هفته تمرین یوگا اثر معناداری بر ترس از سقوط در سالمندان ندارد (۳۶). از طرف دیگر، نتایج تحقیق خازنین و همکاران نشان داد، تمرینات منتخب پیشگیری از سقوط ترس از سقوط را در سالمندان به طور معناداری کاهش می‌دهد (۳۷). علت ناهمسوایی تحقیق حاضر با تحقیق خازنین و همکاران (۳۷) ممکن است ناشی از نوع تمرینات استفاده‌شده باشد. در تحقیق خازنین و همکاران از تمرینات تخصصی پیشگیری از سقوط استفاده شد؛ در حالی که در تحقیق حاضر، تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی که جنبه عمومی دارند، به کار رفت. محسنی و همکاران نیز در تحقیق خود نشان دادند، تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اثر معناداری بر ترس از سقوط در سالمندان دارند (۳۸). به نظر می‌رسد، تفاوت در آزمودنی‌ها می‌تواند توجیهی بر یافته‌های متناقض تحقیق حاضر با تحقیق محسنی و همکاران باشد. در تحقیق محسنی و همکاران آزمودنی‌ها سالمندان سالم بودند؛ در حالی که در تحقیق حاضر سالمندان مبتلا به سارکوپنی مشارکت داشتند. ترس از سقوط در میان سالمندان مبتلا به سارکوپنی علت چندبعدی (روانی و جسمانی) دارد که شاید انجام هشت هفته تمرین ترکیبی تغییر محسوس در بعد روانی نداشته باشد؛ از این‌رو نیاز به انجام تمرینات در مدت‌زمان بیشتری باید مدنظر قرار گیرد.

افزون بر این، یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد، هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اثر معناداری بر آمادگی عضلانی اندام فوقانی و تحتانی دارد. یافته‌های تحقیق حاضر درخصوص اثر معنادار تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر آمادگی عضلانی با نتایج تحقیقات سنو و همکاران (۳۹) و آنا و همکاران (۴۰) همخوانی دارد. کاهش ناشی از افزایش سن در فعالیت بدنی باعث آتروفی و ضعف عضلات می‌شود. کاهش در توده عضلانی به همراه قدرت کم عضله و کاهش عملکرد جسمانی، فرد را در معرض سارکوپنی قرار می‌دهد (۴۱). رویکرد زنجیره حرکتی کل بدن در تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی، بهبود جامعی در آمادگی عضلانی اندام فوقانی و تحتانی سالمندان مبتلا به سارکوپنی ایجاد می‌کند. این رویکرد می‌تواند باعث بهبود توان و قدرت واکنشی از طریق ماهیت تحمل وزنی اکثر تمرینات در اندام تحتانی، بهبود در دقت و سرعت حرکت در اندام فوقانی و بهبود ثبات تنه شود که نشان‌دهنده انتقال مناسب نیرو از بخش پروگزیمال به دیستال است (۴۲).

تمرینات عصبی-عضلانی عمدتاً براساس فراهم کردن اطلاعات حسی کافی برای گیرنده‌های محیطی هستند؛ به طوری که یکپارچگی پاسخ‌های عضلانی کارآمدتر می‌شود و این نوع تمرینات مؤلفه‌های حس عمقی، قدرت و تعادل پاسچرال را ترکیب می‌کند (۴۳)؛ بنابراین تعدیل در پاسخ‌های حرکتی نه تنها باعث بهبود تعادل پاسچرال می‌شود، بلکه مؤلفه‌های دیگر عملکرد جسمانی نظیر قدرت را نیز بهبود می‌بخشد (۴۴).

تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر بهبود تعادل، جنبش‌پذیری و آمادگی عضلانی مؤثرند. به نظر می‌رسد، این تمرینات با بهبود حس عمقی و الگوی کنترل حرکتی بیشتر بر تعادل و در ادامه بر جنبش‌پذیری عملکردی تأثیر می‌گذارند و با

بهبود آمادگی عضلانی به سالمندان کمک می‌کنند در چرخه مناسبی از سبک زندگی فعال قرار گیرند. قدرت اندام فوقانی و تحتانی از جمله فاکتورهای مهم در حفظ تعادل افراد به‌ویژه سالمندان مبتلا به سارکوپنی است. از طرفی، حفظ استقلال عملکردی و انجام امور روزمره و موردنیاز توسط سالمند باید با ارتقای میزان جنبش‌پذیری و تعادل عملکردی به دست آید؛ بنابراین با توجه به نتایج تحقیق حاضر که نشان از تأثیر مثبت تمرینات عملکردی از طریق تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر فاکتورهای مذکور دارد، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از این شیوه تمرینی بر بهبود عملکرد فرد و جلوگیری از آسیب‌های دوران سالمندی، به‌ویژه سالمندان مبتلا به سارکوپنی مؤثر است.

تحقیق حاضر محدودیت‌هایی دارد. این پژوهش دارای حجم نمونه کوچکی بود که بسیاری از مطالعات مرتبط با سالمندان به دلیل دشواری در دسترسی به آزمودنی‌ها حجم نمونه کوچک دارند که این موضوع می‌تواند تعمیم‌پذیری نتایج را تحت‌تأثیر قرار دهد. کنترل نشدن دقیق سایر متغیرهای مداخله‌گر نظیر سابقه فعالیت آزمودنی‌ها، مصرف دارو و بیماری‌های دیگر می‌تواند بر نتایج تأثیر بگذارد. کوتاه بودن دوره تمرینات عصبی-عضلانی (هشت هفته)، یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق بود؛ بنابراین تحقیقات آینده می‌توانند دوره‌های تمرینی طولانی‌تری را به‌منظور بررسی اثرات ماندگار تمرین بررسی کنند. سایر محدودیت‌های تحقیق شامل تنوع در شدت سارکوپنی، ذهنی بودن آزمون‌های پرسشنامه‌ای، غیرفعال بودن گروه کنترل، انگیزه و پایبندی آزمودنی‌ها در انجام تمرینات باشد.

درمجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی به‌عنوان مداخله‌ای هدفمند و مؤثر، قادر است به طور هم‌زمان بر چندین جنبه کلیدی سلامت در سالمندان مبتلا به سارکوپنی تأثیر بگذارد. این تمرینات نه تنها با بهبود سازگاری‌های عصبی (مانند افزایش کارایی عصبی-عضلانی و سرعت واکنش) و سازگاری‌های عضلانی (مانند افزایش قدرت و آمادگی عضلانی)، بلکه از طریق تقویت کنترل پوسچرال پویا منجر به بهبود معنادار تعادل (بهبود معنادار آزمون تعادل برگ)، افزایش تحرک عملکردی (با بهبود در آزمون TUG) و کاهش خطر زمین‌خوردن در این جمعیت آسیب‌پذیر می‌شود. این نتایج، نقش حیاتی این نوع تمرینات را به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از برنامه‌های مدیریت سارکوپنی و پیشگیری از زمین‌خوردن برجسته می‌سازد و بر ضرورت گنجاندن آن در پروتکل‌های تمرینی و برنامه‌های مراقبتی سالمندان تأکید می‌کند.

پیام مقاله

تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی را می‌توان به عنوان یک مداخله تمرینی برای بهبود تعادل، جنبش‌پذیری مفاصل، قدرت اندام تحتانی و فوقانی سالمندان مبتلا به سارکوپنی مدنظر قرار داد.

ملاحظات اخلاقی

کد اخلاق پژوهش از کمیته اخلاق دانشگاه صنعتی شاهرود با شماره IR.SHAROODUT.REC.1404.003 دریافت شد.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: کمیل دشتی رستمی و راحله غفاری

جمع‌آوری داده‌ها: دنیا کارگران

تحلیل داده‌ها: کمیل دشتی رستمی

نوشتن مقاله: کمیل دشتی رستمی و دنیا کارگران

بازبینی و ویرایش: کمیل دشتی رستمی، دنیا کارگران و راحله غفاری

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافی مرتبط با تحقیق حاضر وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از همه سالمندان عزیزی که در انجام این پروژه تحقیقاتی همکاری کردند، ابراز می‌دارند.

منابع

1. Moretti A, Tomaino F, Paoletta M, Liguori S, Migliaccio S, Rondanelli M, et al. Physical exercise for primary sarcopenia: an expert opinion. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*. 2025; 6:1538336. <https://doi.org/10.3389/fresc.2025.1538336>
2. Kim H, Kim J, Lee C, Kim S. Nutrition and exercise for sarcopenia treatment. *Osteoporosis and Sarcopenia*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.afos.2025.01.004>
3. Zhong Y, Chen P, Guo W, Wang Y, Xue Y, Chen P, et al. Effects of different neuromuscular training modalities on balance performance in older adults: a systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in Physiology*. 2025; 16:1623908. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1623908>
4. Xia Q, Zhou P, Li X, Li X, Zhang L, Fan X, et al. Factors associated with balance impairments in the community-dwelling elderly in urban China. *BMC Geriatrics*. 2023;23(1):545. <https://doi.org/10.1186/s12877-023-04213-4>
5. Barden LT. Functional mobility problems and potential solutions. University of Wisconsin--Madison; 1980.
6. Irandoust K, Taheri M, Mirmoezzi M, H'mida C, Chtourou H, Trabelsi K, et al. The effect of aquatic exercise on postural mobility of healthy older adults with endomorphic somatotype. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(22):4387. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224387>
7. Kraemer WJ, Spiering BA. Skeletal muscle physiology: plasticity and responses to exercise. *Hormone Research in Pediatrics*. 2006;66(Suppl. 1):2-16. <https://doi.org/10.1159/000091660>
8. Taheri M, Mirmoezzi M, Sabaghi M. Effects of aquatic on balance and preventing of fall among healthy elderly men. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2018;6(3):144-51.
9. Taheri M, Irandoost KH, Mirmoezzi M, Z T. Mental Practice, Yoga and Kouk Sun do exercises on functional tests in elderly with mobility limitation. *Middle Eastern Journal of Disability Studies*. 2018;98(9):1-8.
10. del Campo Cervantes JM, Cervantes MHM, Torres RM. Effect of a resistance training program on sarcopenia and functionality of the older adults living in a nursing home. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2019;23(9):829-36. <https://doi.org/10.1007/s12603-019-1253-7>
11. Zhao H, Cheng R, Song G, Teng J, Shen S, Fu X, et al. The effect of resistance training on the rehabilitation of elderly patients with sarcopenia: a meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(23):15491. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315491>
12. Molina-Sotomayor E, Espinoza-Salinas A, Arenas-Sánchez G, Pradas de la Fuente F, Leon-Prados JA, Gonzalez-Jurado JA. Effects of resistance training program on muscle mass and muscle strength and the relationship with cognition in older women. *Sustainability*. 2021;13(14):7687. <https://doi.org/10.3390/su13147687>
13. Karami S, Rajabi H, Shahidi F, Golab F. Examining adaptation in the response of stimulatory and inhibitory genes of angiogenesis after resistance exercise intervention in older adults' men. *Research in Sport Medicine and Technology*. 2025;23(29):199-219.
14. Khorjahani A, Mirmoezzi M, Bagheri M, Kalantariyan M. Effects of TRX suspension training on proprioception and muscle strength in female athletes with functional ankle instability. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2021;12(2). <https://doi.org/10.5812/asjms.113491>
15. Rausch L. Functional mobility and balance of college-age adults before and after TRX® Suspension Training. 2020.

16. Gaedtke A, Morat T. 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*. 2016;13(1):49-64. <https://doi.org/10.18276/cej.2016.1-05>
17. Kosmata A. Functional exercise training with the TRX suspension trainer in a dysfunctional, elderly population: Citeseer; 2014.
18. Sharma S, Szabo I-Z, Danielsen MB, Andersen S, Nørgaard JE, Lord SR, et al. Perturbation-based balance training improves reactive balance and reduces falls in older people: A systematic review and meta-analysis. *medRxiv*. 2025:2025.07.23.25331962. <https://doi.org/10.1101/2025.07.23.25331962>
19. Van Wouwe T, Afschrift M, Dalle S, Van Roie E, Koppo K, De Groote F. Adaptations in reactive balance strategies in healthy older adults after a 3-week perturbation training program and after a 12-week resistance training program. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2021; 3:714555. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.714555>
20. Govindasamy K, Rao CR, Chandrasekaran B, Parpa K, Granacher U. Effects of resistance training on sarcopenia risk among healthy older adults: a scoping review of physiological mechanisms. *Life*. 2025;15(5):688. <https://doi.org/10.3390/life15050688>
21. Hassan BH, Hewitt J, Keogh JW, Bermeo S, Duque G, Henwood TR. Impact of resistance training on sarcopenia in nursing care facilities: A pilot study. *Geriatric nursing*. 2016;37(2):116-21. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2015.10.008>
22. Moradi M, Eskandari Z, Mirmoezzi M. TRX suspension functional training on functional balance and mobility, lower limb strength and fear of falling in older adult men. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021. <https://doi.org/10.32598/SJRM.12.5.4>
23. Merchant RA, Chen MZ, Wong BLL, Ng SE, Shirooma H, Lim JY, et al. Relationship between fear of falling, fear-related activity restriction, frailty, and sarcopenia. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2020;68(11):2602-8. <https://doi.org/10.1111/jgs.16723>
24. Christopher A, Kraft E, Olenick H, Kiesling R, Doty A. The reliability and validity of the Timed Up and Go as a clinical tool in individuals with and without disabilities across a lifespan: a systematic review: Psychometric properties of the Timed Up and Go. *Disability and Rehabilitation*. 2021;43(13):1799-813. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1597653>
25. Medicine ACoS. ACSM's health-related physical fitness assessment manual. Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
26. Brewer I, Zimmerman J, Fyock-Martin M, Cortes N, Martin J. Does reactive neuromuscular training increase gluteal musculature activation during squatting movements? a critically appraised topic. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 2022;1(aop):1-6. <https://doi.org/10.1123/ijatt.2021-0011>
27. Cook G, Burton L, Fields K. Reactive neuromuscular training for the anterior cruciate ligament-deficient knee: a case report. *Journal of Athletic Training*. 1999;34(2):194.
28. Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Luna D, Fallas-Campos A, Azofeifa-Mora C. Physical load control and prescription during resistance suspension strap training. *VIREF Revista de Educación Física*. 2020;9(4):13-26.
29. Barnes RY, Wilson M, Raubenheimer J. Effect of a core stability, M. gluteus medius and proprioceptive exercise programme on dynamic postural control in netball players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*. 2020;42(1):1-11.
30. Gaedtke A, Morat T. TRX suspension training: A new functional training approach for older adults—development, training control and feasibility. *International Journal of Exercise Science*. 2015;8(3):224. <https://doi.org/10.70252/SWSX2936>
31. Ishimoto R, Mutsuzaki H, Shimizu Y, Takeuchi R, Matsumoto S, Hada Y. Association between sarcopenia and balance in patients undergoing inpatient rehabilitation after hip fractures: a retrospective cohort study. *Medicina*. 2024;60(5):742. <https://doi.org/10.3390/medicina60050742>
32. Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K. Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *Journal of Athletic Training*. 2010;45(4):392-403. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.4.392>

33. Sikora O, Lehnert M, Hanzlíková I, Hughes J. The impact of a novel neuromuscular training program on leg stiffness, reactive strength, and landing biomechanics in amateur female rugby players. *Applied Sciences*. 2023;13(3):1979. <https://doi.org/10.3390/app13031979>
34. Rossi LP, Pereira R, Brandalize M, Gomes ARS. The effects of a perturbation-based balance training on the reactive neuromuscular control in community-dwelling older women: a randomized controlled trial. *Human Movement*. 2013;14(3):238-46. <https://doi.org/10.1186/s12877-023-03988-x>
35. Gschwind YJ, Kressig RW, Lacroix A, Muehlbauer T, Pfenninger B, Granacher U. A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength/power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*. 2013;13(1):105. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-105>
36. Schmid AA, Van Puymbroeck M, Kocaja DM. Effect of a 12-week yoga intervention on fear of falling and balance in older adults: a pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2010;91(4):576-83. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.01.022>
37. Khazanin H, Daneshmandi H, Fakoor Rashid H. Effect of selected fall-proof exercises on fear of falling and quality of life in the elderly. *Iranian Journal of Ageing*. 2022;16(4):564-77.
38. Mohseni G, Mohammad Ali Nasab Firouzjah E. The effect of dynamic neuromuscular stabilization exercises on balance and fear of falling in female elderly. *Elderly Health Journal*. 2023;9(1):16-22. <https://doi.org/10.18502/ehj.v9i1.13105>
39. Seo M-W, Jung S-W, Kim S-W, Lee J-M, Jung HC, Song J-K. Effects of 16 weeks of resistance training on muscle quality and muscle growth factors in older adult women with sarcopenia: a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(13):6762. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136762>
40. Silva AC, Pereira MA, Peixoto LM, Rosse IC, Júnior JBF, de Oliveira EC, et al. 12 weeks of resistance training with progressive intensity improves the diagnostic parameters of Sarcopenia in individuals of advanced age. *Geriatric Nursing*. 2023;54:60-5. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2023.03.004>
41. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*. 2019;48(1):16-31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
42. Sokhangu MK, Rahnama N, Etemadifar M, Rafeii M, Saberi A. Effect of neuromuscular exercises on strength, proprioceptive receptors, and balance in females with multiple sclerosis. *International Journal of Preventive Medicine*. 2021;12. https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_387_20
43. Silva-Moya G, Méndez-Rebolledo G, Valdes-Badilla P, Gómez-Álvarez N, Guzmán-Muñoz E. Effects of neuromuscular training on psychomotor development and active joint position sense in school children. *Journal of Motor Behavior*. 2022;54(1):57-66. <https://doi.org/10.1080/00222895.2020.1738777>
44. Esposito G, Altavilla G, Di Domenico F, Aliberti S, D'Isanto T, D'Elia F. Proprioceptive training to improve static and dynamic balance in elderly. *International Journal of Statistics in Medical Research*. 2021; 10:194-9. <https://doi.org/10.6000/1929-6029.2021.10.28>