

Research Paper



Comparing the Effects of Eight Weeks of Combined Training with Different Aerobic Components on Serum Serotonin Levels and Muscle Strength in Elderly Patients with Parkinson's Disease

Elaheh Daroudi¹, Mahtab Moazzami^{1*}, Nahid Bijeh¹, Ali Shoeibi²

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Department of Neurology, Faculty of Medical University, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Daroudi E, Moazzami M, Bijeh N, Shoeibi A. [Comparing the Effects of Eight Weeks of Combined Training with Different Aerobic Components on Serum Serotonin Levels and Muscle Strength in Elderly Patients with Parkinson's Disease (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2026; 25(2): 114-126.



<https://doi.org/10.22118/jsmj.2026.578938.4160>

ABSTRACT

Background and Objectives Despite the widespread prescription of exercise in Parkinson's disease, the comparative clinical efficacy of different training types on serotonin and muscle strength remains unclear. This study aimed to compare the effects of eight weeks of combined training with different aerobic components on serum serotonin and muscle strength in elderly patients with Parkinson's disease.

Subjects and Methods Thirty patients with Parkinson's disease (66.37 ± 5.10 years) were assigned to resistance-interval training, resistance-continuous training, and control groups. Fasting blood samples and muscle strength were measured before and after eight weeks of training (three sessions/week).

Results Thirty patients completed the training protocol. Repeated-measures ANOVA showed significant increases in serum serotonin ($P=0.003$, $F=7.45$, $\eta^2p=0.35$) and muscle strength ($P<0.001$, $F=96.20$, $\eta^2p=0.77$) in both training groups compared to controls. However, no significant difference was observed between the two training groups ($P>0.05$).

Conclusion Combined training, regardless of aerobic type (interval or continuous), significantly increases serum serotonin and muscle strength in elderly patients with Parkinson's disease. The lack of difference between groups suggests the resistance component is the primary driver of these adaptations, and both aerobic modalities are equally effective. These findings introduce combined training as a flexible, non-pharmacological rehabilitation strategy for Parkinson's disease.

Keywords Parkinson's disease, Combined training, Muscle strength, Serotonin.

Received: 7 Oct 2025

Revised: 22 Nov 2025

Accepted: 2 Dec 2025

*** Corresponding Author:**

Mahtab Moazzami

Address: Razavi Khorasan, Mashhad, Azadi Square, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Sport Sciences, Department of Exercise Physiology and sport injury and Corrective Movement.

Tel: +989153156705

E-Mail: moazzami@um.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Parkinson's disease (PD) is a progressive neurodegenerative disorder characterized primarily by motor impairment, accompanied by a broad spectrum of non-motor complications. The disease is commonly associated with the degeneration of dopaminergic neurons in the substantia nigra and the resulting disruption of basal ganglia function (1). Typical motor symptoms include resting tremor, muscle rigidity, bradykinesia, postural instability, and reduced functional mobility. Patients may also experience muscle weakness, impaired balance, fatigue, sleep disturbances, depression, anxiety, and cognitive dysfunction. These symptoms gradually reduce independence, increase the risk of falls, and negatively affect quality of life (2).

Although dopaminergic medications are the primary treatment for Parkinson's disease, pharmacological interventions do not completely prevent the progressive decline in physical function and may not adequately address several non-motor symptoms. Consequently, exercise has received considerable attention as an important non-pharmacological strategy for the management of PD. Aerobic, resistance, balance, and combined exercise programs may improve physical capacity, neuromuscular function, mobility, and psychological well-being (3, 4).

In addition to dopamine, the serotonergic system may play an important role in PD. Serotonin is involved in mood regulation, sleep, cognition, motor control, and inhibitory responses. Alterations in serotonergic transmission may contribute to several motor and non-motor symptoms experienced by individuals with PD. Physical exercise may influence serotonin synthesis, metabolism, and availability. However, the effects of different combined-training formats on serotonin levels and muscle strength in older adults with PD remain insufficiently understood (5, 6).

Therefore, the purpose of this study was to compare the effects of eight weeks of resistance-aerobic interval training and resistance-aerobic continuous training on serum serotonin levels and muscle strength in elderly individuals with PD. The study also examined whether the type of aerobic training produced different physiological adaptations when both programs included resistance exercise.

Methods

The study recruited 42 individuals with PD, of whom 36 met the eligibility criteria. Participants were randomly assigned to resistance-aerobic interval training (RAIT), resistance-aerobic continuous training (RACT), or control groups. After six dropouts, 30 participants remained for analysis, with 10 in each group. Eligible participants were 60–70 years old, classified as Hoehn and Yahr stages 1–2, able to walk independently, physically inactive during the previous six months, and free from serious medical conditions. All participants were receiving stable

medication under medical supervision.

Serum serotonin was measured before and after the intervention. Blood samples were collected in the morning after a 10-hour fast and 48 hours without exercise. Serum was separated, stored at -20°C , and analyzed using ZelBio ELISA kits. Muscle strength was assessed through the estimated one-repetition maximum using the Brzycki formula.

Both training groups participated in an eight-week program conducted three times per week. The resistance component included upper- and lower-body exercises performed at 50%–65% of 1RM for 8–12 repetitions, with 60-second rest intervals. Training loads were reassessed every three weeks. The RACT group performed continuous aerobic exercise at 40%–65% of heart rate reserve, whereas the RAIT group completed low- and high-intensity intervals, including two 30-second bouts at 80%–85% of heart rate reserve. The aerobic protocols were isocaloric, ensuring similar energy expenditure between groups. The control group maintained its usual daily activities (7).

Data were analyzed using descriptive statistics, the Shapiro-Wilk and Levene's tests, and repeated-measures ANOVA. Bonferroni post-hoc tests were used for pairwise comparisons, with statistical significance set at $P < 0.05$. All analyses were conducted using SPSS version 26.

Results

The results demonstrated that eight weeks of combined training significantly influenced serum serotonin levels. Repeated-measures ANOVA showed a significant main effect of time ($P = 0.024$), a significant group effect ($P = 0.018$), and a significant group-by-time interaction ($P = 0.003$). Post-hoc comparisons indicated that serum serotonin increased significantly in both the RAIT group ($P = 0.001$) and the RACT group ($P = 0.028$) compared with the control group. However, the difference between the RAIT and RACT groups was not statistically significant ($P = 0.445$).

Muscle strength also improved significantly following the intervention. Significant effects were observed for time ($P = 0.001$), group ($P = 0.001$), and the group-by-time interaction ($P = 0.001$). Both the RAIT group ($P = 0.0004$) and the RACT group ($P = 0.002$) demonstrated significantly greater improvements in muscle strength than did the control group. No statistically significant difference was found between RAIT and RACT ($P = 1.00$). Nevertheless, the percentage changes suggested a relative advantage for interval training. Upper-body strength increased by approximately 9.9% in the RACT group and 15.8% in the RAIT group. Lower-body strength improved by approximately 16% in the RACT group and by 21.49% in the RAIT group.

Conclusion

An eight-week combined training program, using either interval or continuous aerobic exercise, significantly increased serum serotonin and muscle strength in elderly individuals with PD. The resistance component appears to drive the primary adaptations, allowing clinicians to prescribe either aerobic format based on individual patient

capacity. These physical and physiological improvements have key clinical implications for lowering fall risk, promoting functional independence, and potentially improving mood and sleep. Combined training is a safe, flexible, and effective non-pharmacological strategy for PD rehabilitation. Future research should utilize longer interventions, larger cohorts, CSF biomarkers, and direct clinical evaluations of motor and non-motor symptoms.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was conducted in full compliance with ethical principles in research. Prior to the commencement of the study, the objectives, procedures, and methods were thoroughly explained to the participants, and written informed consent was obtained from all individuals. Participants were assured that their personal information would remain confidential and that the results would be used exclusively for scientific purposes. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Ferdowsi University of Mashhad (Ethics Code: IR.UM.REC.1403.255).

Funding

This research did not receive any financial support from any public, private, or non-profit organizations or institutions. All costs associated with this research were covered by the authors.

Author's contributions

Conceptualization and study design: Elaheh Doroodi, Mahtab Moazzami, Nahid Bijeh, Ali Shojaei

Data collection and research implementation: Elaheh Doroodi, Mahtab Moazzami

Supervision and project administration: Mahtab Moazzami

Writing – review and editing, and finalization of the manuscript: Elaheh Doroodi

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest regarding the conduct or publication of this article.

Acknowledgements

This article is derived from the Ph.D. dissertation of the first author at Ferdowsi University of Mashhad (Registration No: 64779). The authors express their sincere gratitude to all the volunteers and individuals who collaborated in the execution of this research.

مقاله پژوهشی

مقایسه اثر هشت هفته تمرین ترکیبی با بخش هوازی متفاوت بر سطح سروتونین سرمی و قدرت عضلانی در سالمندان مبتلا به پارکینسون

الهه درودی^۱، مهتاب معظمی^{۱*}، ناهید بیژه^۱، علی شعبی^۲

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. گروه مغز و اعصاب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Daroudi E, Moazzami M, Bijeh N, Shoeibi A. [Comparing the Effects of Eight Weeks of Combined Training with Different Aerobic Components on Serum Serotonin Levels and Muscle Strength in Elderly Patients with Parkinson's Disease (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2026; 25(2): 114-126.

doi <https://doi.org/10.22118/jsmj.2026.578938.4160>

چکیده

زمینه و هدف: با وجود تجویز گسترده ورزش در پارکینسون، اثربخشی بالینی مقایسه‌ای انواع آن بر سروتونین و قدرت عضلانی همچنان در حاله‌ای از ابهام است. هدف پژوهش حاضر مقایسه اثر هشت هفته تمرین ترکیبی با بخش هوازی متفاوت بر سطح سروتونین سرمی و قدرت عضلانی در سالمندان مبتلا به پارکینسون بود.

روش بررسی: ۳۶ زن و مرد مبتلا به پارکینسون ($66/37 \pm 5/10$ سال) در گروه‌های تمرین مقاومتی-تناوبی، مقاومتی-تداومی و کنترل قرار گرفتند. خون‌گیری به صورت ناشتا و اندازه‌گیری قدرت عضلانی قبل و بعد از دوره تمرین انجام شد. برنامه تمرین ترکیبی به مدت هشت هفته با تواتر سه جلسه در هفته انجام شد.

یافته‌ها: ۳۰ نفر پروتکل تمرین را تکمیل کردند. آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که پس از دوره مداخله تمرین افزایش معناداری در سطح سرمی سروتونین ($F=7/45, P=0/003$) و قدرت عضلانی ($F=96/20, P<0/001$) و $\eta^2p=0/35$ و $\eta^2p=0/77$ نسبت به گروه کنترل مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مداخله مشاهده نشد ($P>0/05$).

نتیجه‌گیری: تمرینات ترکیبی صرف نظر از نوع بخش هوازی (تناوبی یا تداومی) موجب افزایش معنی‌دار سروتونین سرمی و قدرت عضلانی در سالمندان مبتلا به پارکینسون می‌شود. عدم تفاوت معنی‌دار بین دو گروه تمرینی نشان می‌دهد که مؤلفه مقاومتی محرک اصلی این سازگاری‌ها است و هر دو نوع تمرین هوازی به یک اندازه مؤثر و ایمن هستند. این یافته‌ها تمرین ترکیبی را به عنوان یک راهکار توان‌بخشی اعصاب‌پذیر و غیردارویی در مدیریت بیماری پارکینسون معرفی می‌کند که براساس ترجیح و تحمل بیمار قابل تنظیم است.

کلیدواژه‌ها: بیماری پارکینسون، تمرین ترکیبی، قدرت عضلانی، سروتونین.



تاریخ دریافت: ۱۵ مهر ۱۴۰۴
دریافت اصلاحات: ۱ آذر ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۱ آذر ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

مهتاب معظمی

نشانی: خراسان رضوی، مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی و آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۰۹۱۵۳۱۵۶۷۰۵

رایانامه: moazzami@um.ac.ir

مقدمه

بیماری پارکینسون دومین بیماری نورودژنراتیو مرتبط با افزایش سن است که از نظر بالینی با علائم حرکتی و غیرحرکتی مشخص می‌شود (۱). مشخصه بارز بیماری پارکینسون تحلیل نورون‌های دوپامینرژیک بخش متراکم جسم سیاه، کاهش دوپامین در جسم مخطط و تجمع لوی بادی در سیستم عصبی مرکزی، محیطی و اتونومیک است. در این بیماری بخش متراکم جسم سیاه بیشتر از نواحی دیگر مغز از جمله لوکوس سرولئوس، هسته رافه، هسته‌های قاعده‌ای و هیپوکامپ تخریب می‌شود (۲). همچنین عدم تعادل بین نورون‌های کولینرژیک و دوپامینرژیک در جسم مخطط از عوامل دیگر بروز بیماری پارکینسون محسوب می‌شود (۳). گرچه بیماری پارکینسون یک اختلال چندسیستمی است که انواع سیستم‌های انتقال‌دهنده عصبی را درگیر می‌کند، اما در میان این سیستم‌ها، سیستم سروتونرژیک به‌طور فزاینده‌ای در تظاهرات غیرحرکتی و حرکتی بیماری، پیشرفت آن و پاسخ به درمان نقش دارد (۴). سروتونین (۵-هیدروکسی‌تریپتامین) در درجه اول توسط نورون‌های هسته‌های رافه ساقه مغز سنتز می‌شود و به‌طور گسترده در سراسر سیستم عصبی مرکزی، از جمله گانگلیون‌های پایه، ساختارهای لیمبیک، قشر مغز و نخاع پخش می‌شود. نورون‌های سروتونرژیک خلق‌وخو، چرخه‌های خواب-بیداری، اشتها، درک درد، شناخت و عملکردهای خودکار را تنظیم می‌کنند. از آنجاکه پروجکشن‌های سروتونرژیک فعالیت دوپامینرژیک را در جسم مخطط و مغز میانی تعدیل می‌کنند، اختلالات عملکرد سروتونین می‌تواند بر کنترل حرکتی و عوارض رفتاری ناشی از دست دادن دوپامینرژیک تأثیر بگذارد (۵، ۶). شناخت بیماری پارکینسون به‌عنوان یک اختلال چندسیستمی که شامل آسیب‌شناسی سروتونرژیک می‌شود، درک ناهمگونی بالینی آن را گسترش می‌دهد و راه‌های جدیدی برای مداخله درمانی می‌گشاید (۴).

ورزش‌های تمرینی از جمله مداخلات درمانی غیردارویی مؤثر برای کاهش پیشرفت بیماری و بازتوانی حرکتی هستند که می‌توانند از طریق سازگاری‌های عصبی-عضلانی در بیماران پارکینسون به کار روند (۱). تمرینات ترکیبی هم‌زمان (انجام تمرین هوازی و مقاومتی در یک جلسه) یکی از روش‌های تمرینی است که در حال حاضر برای بهبود عملکرد جسمانی و بازتوانی حرکتی در بیماری پارکینسون پیشنهاد می‌شود (۷). مرور نظام‌مند و متاآنالیزهای اخیر نشان داده‌اند که اگرچه هر دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی در بهبود علائم حرکتی بیماری پارکینسون مؤثر هستند (۸، ۹)، اما تمرینات ترکیبی می‌توانند مزایای دوچندانی داشته باشند. برای نمونه، چن و چن در یک کارآزمایی بالینی یک‌ساله نشان دادند که تمرین ترکیبی در مقایسه با تمرین هوازی به‌تنهایی، باعث بهبود بیشتری در سفتی عضلانی، لرزش، ناپایداری راه رفتن و حتی سرعت پردازش شناختی در بیماران پارکینسون می‌شود (۱۰). ازسوی دیگر، متاآنالیز ژو و همکاران تأکید می‌کند که تمرینات مقاومتی با شدت بالا در کوتاه‌مدت مؤثرترین

مداخله برای کاهش نمرات بخش حرکتی مقیاس UPDRS است (۹). پذیرش این پیش‌فرض که تمرینات مقاومتی، ستون فقرات یک برنامه تمرین ترکیبی مؤثر برای بیماران پارکینسون را تشکیل می‌دهند (زیرا مستقیماً با ضعف عضلانی و آتروفی مرتبط با افزایش سن و بیماری مقابله می‌کنند) (۱، ۸، ۹)، این پرسش مطرح می‌شود که آیا نوع تمرین هوازی تکمیلی می‌تواند سازگاری‌های ناشی از تمرین مقاومتی را تعدیل یا تقویت کند؟

در پاسخ به این پرسش، دو رویکرد اصلی برای بخش هوازی تمرینات ترکیبی وجود دارد. ازیک‌سو، تمرینات اینتروال پرشدت (HIIT) با تحریک قوی‌تر سیستم عصبی سمپاتیک، افزایش ترشح کاتکول‌آمین‌ها و فعال‌سازی بیشتر واحدهای حرکتی تندانقباض همراه است که به‌طور بالقوه می‌تواند برای افزایش قدرت عضلانی مؤثرتر باشد (۱۱، ۱۲). ازسوی دیگر، تمرینات هوازی تداومی با شدت متوسط (MICT) عمدتاً با افزایش ظرفیت اکسیداتیو، بهبود عملکرد میتوکندریایی و افزایش عوامل نوروتروفیک مشتق از مغز مرتبط است که نقش مهمی در نوروپلاستیسته و بقای نورونی ایفا می‌کنند (۱۳، ۱۴). این مسیرها به‌ویژه برای سیستم سروتونرژیک که در پاتوفیزیولوژی پارکینسون نقش محوری دارد، حیاتی هستند (۴). بااین‌حال، در شرایط بالینی واقعی، بیماران پارکینسون اغلب با محدودیت‌هایی مانند خستگی زودرس، کاهش ظرفیت هوازی و ضعف عضلانی پیش‌رونده مواجه هستند که انتخاب نوع تمرین هوازی تکمیلی را به یک تصمیم بالینی مهم تبدیل می‌کند.

باوجود تأیید نقش مثبت تمرینات ترکیبی در بهبود عملکرد حرکتی بیماران پارکینسون (۷، ۹)، هنوز مشخص نیست که آیا نوع تمرین هوازی تکمیلی (تناوبی پرشدت در مقابل تداومی با شدت متوسط) می‌تواند سازگاری‌های ناشی از جزء مقاومتی را به‌طور متفاوتی تعدیل کند یا خیر. این شکاف تحقیقاتی از آن جهت حائز اهمیت است که انتخاب نوع تمرین هوازی می‌تواند پیامدهای متفاوتی بر دو پیامد بالینی کلیدی داشته باشد؛ قدرت عضلانی به‌عنوان یک شاخص بالینی حیاتی در بیماران پارکینسون نه‌تنها با کیفیت زندگی و استقلال عملکردی ارتباط مستقیم دارد، بلکه پیش‌بینی‌کننده مهمی برای خطر سقوط و میزان پیشرفت بیماری محسوب می‌شود (۱۵). ازسوی دیگر، سروتونین به‌عنوان یک انتقال‌دهنده عصبی کلیدی در پاتوفیزیولوژی علائم حرکتی و غیرحرکتی پارکینسون، می‌تواند هدف مناسبی برای ارزیابی پاسخ‌های عصبی-شیمیایی به مداخلات تمرینی باشد (۵، ۶). تا کنون مطالعه‌ای به مقایسه مستقیم این دو رویکرد تمرین ترکیبی (مقاومتی-تناوبی در مقابل مقاومتی-تداومی) بر سروتونین و قدرت عضلانی در جمعیت سالمندان مبتلا به پارکینسون نپرداخته است. بنابراین، روشن‌شدن این موضوع می‌تواند راهنمای عملی برای طراحی برنامه‌های تمرینی بهینه در توانبخشی این بیماران فراهم آورد. با توجه به مطالب گفته شده پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر هشت هفته تمرین مقاومتی هوازی تناوبی و مقاومتی هوازی تداومی بر سطح

سروتونین سرمی و قدرت عضلانی در سالمندان مبتلا به پارکینسون طراحی شد.

روش بررسی

در ابتدا ۴۲ بیمار مبتلا به بیماری پارکینسون از مراکز درمانی و کلینیک‌های تخصصی به صورت در دسترس و هدفمند ثبت نام شدند که از این تعداد، ۳۶ نفر واجد شرایط ورود به پژوهش بودند و به صورت تصادفی ساده در سه گروه تمرین مقاومتی- هوازی تناوبی (۱۲ نفر)، تمرین مقاومتی-هوازی تداومی (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) تخصیص یافتند. در طول دوره مداخله، ۶ نفر به دلایل مختلف از جمله دلایل شخصی، بیماری و عدم تکمیل برنامه‌های تمرینی از پژوهش در مراحل پس‌آزمون و طول پژوهش از مطالعه خارج شدند و در نهایت تحلیل آماری روی داده‌های ۳۰ نفر انجام گرفت. حجم نمونه به کمک نرم‌افزار G-POWER با در نظر گرفتن مؤلفه‌های خطای آلفای ۰/۰۵، اندازه اثر ۰/۳، توان آماری ۰/۸، تعداد گروه ۳ و تعداد اندازه‌گیری ۲ مرتبه محاسبه گردید. به دنبال علاقه‌مندی بیماران پارکینسون برای شرکت در پژوهش، فرم رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در پژوهش به هر یک از آن‌ها داده شد و پس از مطالعه، از آن‌ها خواسته شد که فرم را امضا کنند.

معیارهای ورود و خروج از پژوهش

معیارهای ورود به پژوهش شامل دامنه سنی ۶۰ تا ۷۰ سال، داشتن سطح ۱ و ۲ پارکینسون (۱۶)، توانایی ایستادن و راه رفتن بدون جمایت، توانایی شرکت در برنامه‌های تمرینی، عدم فعالیت ورزشی طی شش ماه اخیر، عدم مصرف دخانیات و مشروبات الکلی، نداشتن ضایعات شدید دژنراتیو و نبود بیماری زمینه‌ای خاص (خاص شامل بیماری‌های قلبی- عروقی کنترل نشده، بیماری‌های شدید ریوی، دیابت کنترل نشده، اختلالات اسکلتی-عضلانی شدید و بیماری‌های عصبی غیر از پارکینسون) بود. همچنین معیارهای خروج از پژوهش به ترتیب شامل آسیب عضلانی-اسکلتی در طول دوره تمرین، شرکت در فعالیت‌های ورزشی دیگر، عدم حضور در فرایند آزمون‌گیری، غیبت متوالی دو جلسه پشت سر هم در یک هفته تمرینی و مصرف مکمل‌های ورزشی بودند. شایان ذکر است کلیه شرکت‌کنندگان تحت درمان دارویی پایدار بودند و همگی زیر نظر پزشک متخصص بودند.

گروه‌بندی

همه شرکت‌کنندگان حاضر در این پژوهش در سه گروه (۱) تمرین مقاومتی-هوازی تناوبی، (۲) تمرین مقاومتی- هوازی تداومی و (۳) کنترل به صورت تصادفی ساده قرار گرفتند. همه شرکت‌کنندگان ابتدا کدهای منحصر به فردی دریافت کردند. سپس فردی که هیچ نقشی در فرایند پژوهش نداشت، با استفاده از روش قرعه‌کشی، شرکت‌کنندگان را به صورت تصادفی ساده در گروه‌های مطالعه تقسیم کرد.

اندازه‌گیری سروتونین سرمی

برای تهیه نمونه خونی از شرکت‌کننده‌ها، ابتدا با آزمایشگاه تشخیص طبی هماهنگی‌های لازم انجام شد. سپس در زمان‌های تعیین شده برای اندازه‌گیری نمونه‌های خونی پیش‌آزمون، پایان هفته هشتم از شرکت‌کننده‌ها

تقاضا شد که صبح روز تعیین شده به آزمایشگاه مراجعه نمایند. همچنین از همه افراد تقاضا شد که برای مدت ۱۰ ساعت قبل از خون‌گیری در وضعیت ناشتا باشند؛ همچنین ۴۸ ساعت قبل از خون‌گیری هیچ گونه فعالیت ورزشی نداشته باشند. خون‌گیری توسط فرد متخصص انجام شد. از هر شرکت‌کننده پنج سی‌سی نمونه خونی در حالت نشسته از ورید قدامی بازویی گرفته شد. سپس نمونه‌های خونی تهیه شده به لوله‌های خشک از طریق سرنگ منتقل شد. سرم تشکیل شده در بالای لوله برای تجزیه و تحلیل در مراحل بعدی جدا شده و در فریزر با دمای ۲۰- سانتی‌گراد فریز و نگهداری شدند و توسط کیت‌های آزمایشگاهی سروتونین از کمپانی زلبایو به روش الیزا مورد ارزیابی قرار گرفت. حساسیت این کیت معادل ۰/۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر بود.

اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه

ابتدا آزمودنی با انتخاب وزنه‌های بسیار سبک خود را گرم کرده و سپس، طبق برآورد خود آزمودنی، وزنه‌هایی انتخاب کرده که می‌تواند حداقل یک بار و حداکثر ۱۰ بار آن را به صورت کامل و صحیح انجام دهند. با جایگذاری مقدار وزنه و تعداد تکرارها در فرمول برزیسکی، یک تکرار بیشینه آزمودنی‌ها در هر حرکت برآورد گردید (۱۷).

$$1RM = \frac{\text{وزنه جابه جاشده (kg)}}{[1.0278 - (0.0278 * \text{تعداد تکرار})]}$$

برنامه تمرین ترکیبی

پروتکل تمرین ترکیبی که در هشت هفته با تواتر سه جلسه در هفته انجام شد، در فاز تمرین مقاومتی مشترک بود و تنها در فاز تمرین هوازی (تناوبی یا تداومی) متفاوت بود (۱۸، ۱۹). برنامه تمرین مقاومتی با شدت ۵۰ تا ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه در یک ست با ۸ تا ۱۲ تکرار انجام شد. فواصل استراحت در بین حرکات ۶۰ ثانیه بود. پیش از برنامه تمرینی، پروتکل گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه (۵ دقیقه راه رفتن و ۵ دقیقه حرکات فول بادی بدون وزنه) زیر نظر فرد متخصص و با نظارت محقق انجام شد. حرکات مورد استفاده شامل پرس سینه، پرس سرشانه، جلو بازو با دمبل، پشت بازو سیم‌کش و چهار حرکت پایین تنه شامل اسکات از پشت، جلو ران دستگاه، پشت ران دستگاه، و ساق پا ایستاده بود (۲۲). هر سه هفته یک بار، یک تکرار بیشینه به روز شد (جدول ۱).

فاز دوم تمرین ترکیبی، برنامه تمرین هوازی دوچرخه ثابت بود. برنامه تمرین هوازی تداومی با شدت ۴۰ تا ۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره از ۱۰ تا ۱۷ دقیقه دوچرخه زدن در طول جلسات تمرینی انجام شد (جدول ۲). شدت تمرین هوازی براساس درصد ضربان قلب ذخیره (HRR) محاسبه و با استفاده از مانیتور ضربان قلب پولار به صورت لحظه‌ای کنترل شد. در صورت خروج ضربان قلب از محدوده هدف، شدت تمرین توسط محقق تعدیل می‌شد.

برنامه تمرین هوازی تناوبی دارای سه مرحله بود. در مرحله اول که به مدت سه دقیقه بود، هر شرکت‌کننده با شدت ۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره روی دوچرخه رکاب می‌زدند و سپس برنامه اصلی تناوبی با شدت فعالیت به ۸۰ تا ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره در دو ست ۳۰ ثانیه‌ای و استراحت ۶۰ ثانیه‌ای تکمیل می‌شد و در انتهای تمرین مجدداً مرحله دوم مانند مرحله اول تمرین انجام می‌شد (جدول ۳).

به کمک آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد، داده‌های اندازه‌گیری شده توصیف شدند و سپس با آزمون شاپیروویلک توزیع طبیعی داده‌ها و آزمون لون همگنی واریانس در بین گروه‌ها تأیید شد. پس از آن، با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر معنی‌داری بین گروهی بررسی شد و در صورت معنی‌داری بین گروهی از آزمون تعقیبی بونفرونی تفاوت‌های جفت گروهی استفاده شد. سطح معنی‌داری $P < 0.05$ لحاظ گردید و همه تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

شایان ذکر است که طبق نظر محققان و با توجه به مبانی علم تمرین و با تغییر رفرنس مقالات مورد استفاده براساس ویژگی‌های این آزمودنی‌ها دو مدل تمرینی ایزوکالریک شده‌اند. به‌منظور کنترل حجم و بار تمرینی، دو مدل تمرین هوازی تداومی و تناوبی از نظر برآورد مصرف انرژی کل جلسه (kcal) ایزوکالریک شدند، به‌طوری که با تنظیم مدت، شدت و فواصل تمرین، میزان مصرف انرژی در هر جلسه در دو گروه تمرینی تقریباً یکسان در نظر گرفته شد.

روش تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری داده‌ها

جدول ۱. برنامه تمرین مقاومتی

هفته	تعداد جلسات	ست	تکرار (تعداد)	شدت (یک تکرار بیشینه)
۱	۳	۱	۸	۵۰٪
۲	۳	۱	۱۰	۵۰٪
۳	۳	۱	۱۲	۵۰٪
۴	۳	۱	۸	۶۰٪
۵	۳	۱	۱۰	۶۰٪
۶	۳	۱	۱۲	۶۰٪
۷	۳	۱	۸	۶۵٪
۸	۳	۱	۱۰	۶۵٪

جدول ۲. برنامه تمرین هوازی تداومی

تمرین	شدت تمرین (درصد ضربان قلب ذخیره)	زمان تمرین (دقیقه)
هفته اول	۴۰	۱۰
هفته دوم	۴۰	۱۳
هفته سوم	۵۰	۱۴
هفته چهارم	۵۰	۱۵
هفته پنجم	۶۰	۱۱
هفته ششم	۶۰	۱۳
هفته هفتم	۶۵	۱۵
هفته هشتم	۶۵	۱۷

جدول ۳. برنامه تمرین هوازی تناوبی

هفته	مرحله اول (درصد ضربان قلب ذخیره)	مرحله اصلی (درصد ضربان قلب ذخیره)	مرحله دوم (درصد ضربان قلب ذخیره)	زمان تمرین (دقیقه)
اول	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۸۰ درصد ۲ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۶۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۹
دوم	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۸۰ درصد ۳ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۶۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۱۲
سوم	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۸۰ درصد ۴ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۶۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۱۲
چهارم	۴۰ درصد ۳:۳۰ دقیقه	۸۰ درصد ۵ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۶۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳:۳۰ دقیقه	۱۳:۳۰
پنجم	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۸۵ درصد ۲ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۹۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۱۰
ششم	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۸۵ درصد ۳ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۹۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۱۲
هفتم	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۸۵ درصد ۴ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۹۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳ دقیقه	۱۴
هشتم	۴۰ درصد ۳:۳۰ دقیقه	۸۵ درصد ۵ ست ۳۰ ثانیه‌ای (۹۰ ثانیه استراحت)	۴۰ درصد ۳:۳۰ دقیقه	۱۶

یافته‌ها

مطالعه حاضر با شرکت ۳۶ نفر در سه گروه بود که تعداد ۶ نفر بنا به دلایل شخصی، بیماری و عدم تکمیل برنامه‌های تمرینی از پژوهش کنار گذاشته شدند و تعداد آن‌ها به ۳۰ نفر تقلیل یافت. میانگین و انحراف‌استاندارد سن، قد، وزن و شاخص توده بدن در هر سه گروه در جدول ۴ آورده شده است. نتایج جدول ۴ نشان‌دهنده آمار توصیفی ویژگی‌های سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی شرکت کنندگان در سه گروه است که مطابق با نتایج آزمون شاپیروویلک در تمامی متغیرها بین گروه از توزیع طبیعی برخوردار بودند.

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی (زمان) سطوح سرمی سروتونین طی دو مرحله پیش و پس از مداخله در هر دو گروه معنادار بوده است ($P=0/024$). همچنین اثر گروهی و اثر تعاملی سطوح سرمی سروتونین

در بین گروه‌ها معنادار بوده است ($P=0/018$; $P=0/003$). در پس‌آزمون افزایش معنادار در گروه تمرین مقاومتی-هوازی تداومی و گروه تمرین مقاومتی-هوازی تناوبی نسبت به گروه کنترل وجود دارد ($P=0/028$; $P=0/001$), اما بین دو گروه تمرین اختلاف معنادار نبود ($P=0/445$) (جدول ۶).

در بررسی تغییرات قدرت عضلانی نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (جدول ۵) نشان داد که نتایج اثر اصلی ($P=0/001$), اثر گروه ($P=0/001$) و اثر تعاملی ($P=0/001$) معنی‌دار بود و نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که بین گروه تمرین هوازی تناوبی ($P=0/004$) و گروه تمرین هوازی تداومی ($P=0/002$) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنادار را نشان داد، اما بین دو گروه تمرین اختلاف معنی‌دار نبود ($P=1/00$) (جدول ۶).

جدول ۴. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت کنندگان به تفکیک گروه

گروه‌ها	گروه تمرین مقاومتی-هوازی تناوبی (۱۰ نفر)	گروه تمرین مقاومتی-هوازی تداومی (۱۰ نفر)	گروه کنترل (۱۰ نفر)	معنی‌داری توزیع طبیعی
سن (سال)	$64/40 \pm 5/29$	$67/33 \pm 3/87$	$67/50 \pm 5/75$	$P=0/329$ $F=1/16$
وزن (کیلوگرم)	$69/92 \pm 8/93$	$75/63 \pm 12/81$	$74/39 \pm 12/27$	$P=0/295$ $F=1/28$
قد (سانتیمتر)	$163/90 \pm 6/88$	$164/66 \pm 8/95$	$165/10 \pm 8/46$	$P=0/946$ $F=0/056$
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	$25/40 \pm 3/91$	$26/99 \pm 5/10$	$27/47 \pm 5/13$	$P=0/459$ $F=0/809$

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر مربوط به متغیرهای پژوهش

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اثر اصلی	اثر گروه	اثر تعاملی (گروه × زمان)
سروتونین سرمی	تمرین مقاومتی تناوبی	$49/29 \pm 3/99$	$\pm 5/00$	$F=5/78$	$F=4/47$	$F=7/45$
	تمرین مقاومتی تداومی	$48/05 \pm 6/72$	$57/08$	$P=0/024^*$	$P=0/018^*$	$P=0/003^*$
	کنترل	$48/33 \pm 5/71$	$\pm 8/40$ $52/83$ $\pm 4/83$ $44/83$			
قدرت عمومی (کیلوگرم)	تمرین مقاومتی تناوبی	$19/55 \pm 1/87$	$\pm 2/12$	$F=396/71$	$F=9/41$	$F=96/20$
	تمرین مقاومتی تداومی	$20/88 \pm 1/52$	$26/56$	$P=0/001^*$	$P=0/001^*$	$P=0/001^*$
	کنترل	$20/44 \pm 1/04$	$\pm 1/83$ $25/87$ $\pm 1/23$ $20/74$			

سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است *

جدول ۶. نتایج آزمون تحلیل تعقیبی مربوط به متغیرهای پژوهش در بین گروه‌ها

متغیر	گروه‌ها	معنی‌داری
سروتونین سرمی	تمرین مقاومتی تناوبی	۰/۴۴۵
	تمرین مقاومتی تناوبی	۰/۰۰۱*
	تمرین مقاومتی تناوبی	۰/۰۲۸*
قدرت عمومی (کیلوگرم)	تمرین مقاومتی تناوبی	۱/۰۰
	تمرین مقاومتی تناوبی	۰/۰۰۴*
	تمرین مقاومتی تناوبی	۰/۰۰۲*

* سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

بحث

میتلا به پارکینسون شود. این احتمال وجود دارد که تعدیل سنتز و در دسترس بودن سروتونین ناشی از فعالیت ورزشی را افزایش می‌دهد که این تغییر می‌تواند تریپتوفان هیدروکسیلاز، آنزیم محدودکننده سرعت در سنتز 5-TH، را افزایش دهد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات ترکیبی منجر به افزایش معنادار سطح سروتونین سرمی در بیماران میتلا به پارکینسون می‌شود. این افزایش از آن جهت حائز اهمیت است که مطالعات قبلی نشان داده‌اند سیستم سروتونرژیک نقش کلیدی در تنظیم مهار پاسخ ایفا می‌کند. به‌طوری که میرابلا و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند مهارکننده‌های بازجذب سروتونین (مانند سیتالوپرام) می‌توانند مهار واکنشی را در بیماران پارکینسون تقویت نمایند (۲۶). اگرچه در پژوهش حاضر مهار پاسخ به‌طور مستقیم اندازه‌گیری نشد، اما افزایش سطح سروتونین ناشی از تمرینات ترکیبی می‌تواند به‌عنوان یک مکانیسم بالقوه برای بهبود کنترل حرکتی و شناختی در این بیماران مطرح باشد. ازسوی دیگر، افزایش عوامل نوروتروفیک از جمله BDNF، GDNF و VEGF، که در یافته‌های گذشته گزارش شده است، متعاقب تمرین تحریک می‌شوند و از بقای نورونی، انعطاف‌پذیری سیناپسی و جوانه‌زنی آکسونی پشتیبانی می‌کنند (۲۷، ۲۸). در بیماری پارکینسون، که تخریب پیش‌رونده، برآمدگی‌های سروتونرژیک را تهدید می‌کند، حمایت نوروتروفیک ناشی از ورزش ممکن است انعطاف‌پذیری نورون‌های سروتونرژیک باقی‌مانده را افزایش دهد، جوانه‌زنی جبرانی را تسهیل کند و اتصال سیناپسی را تقویت کند و در نتیجه سیگنالینگ سروتونرژیک را بهبود بخشد (۲۹، ۳۰). هرچند در این پژوهش عوامل نوروتروفیک اندازه‌گیری نشد که از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود.

تعدیل بیان و سیگنالینگ گیرنده سروتونین می‌تواند از دیگر علل احتمالی تغییرات بیولوژیکی سروتونین به‌دنبال تمرین باشد (۳۱). به‌نظر می‌رسد فعالیت‌های ورزشی می‌تواند بیان و حساسیت زیرگروه‌های گیرنده سروتونین را تغییر دهد. بهبود تراکم گیرنده‌های پس‌سیناپسی 5-TH1 و 5-TH2 و مسیرهای سیگنالینگ را در مناطق مرتبط با خلق‌وخو و حرکت تغییر می‌دهد. این تغییرات در سطح گیرنده ممکن است انتقال عصبی سروتونرژیک را دوباره کالیبره کند و به بهبود تنظیم خلق‌وخو،

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در گروه تمرین مقاومتی-هوازی تناوبی و نیز گروه تمرین مقاومتی-هوازی تناوبی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنادار ۹/۹ و ۱۵/۸ درصد مشاهده شد، اما میزان پیشرفت در بین دو گروه تمرینی معنادار نبود. به‌نظر می‌رسد که صرف‌نظر از نوع برنامه تمرین هوازی تناوبی یا تناوبی، ماهیت تمرین ترکیبی سبب افزایش سروتونین در بیماران پارکینسون می‌شود. این یافته‌ها با نتایج اراضی و همکاران (۲۰)، شعبانی و همکاران (۲۱)، براری و همکاران (۲۲) همسو بود. این محققان گزارش کردند که شرکت در برنامه‌های تمرین ترکیبی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی سبب افزایش سروتونین گردد (۲۰-۲۲). شواهد نوظهور نشان می‌دهد که ورزش بدنی از طریق مکانیسم‌های متعددی که سیستم سروتونرژیک را تعدیل می‌کنند، اثرات مفیدی در پارکینسون دارد. در مطالعات حیوانی گزارش شده است که تمرین می‌تواند سبب افزایش سروتونین در رت‌های میتلا به پارکینسون شود (۲۳، ۲۴). به‌دنبال اثرات حاد تمرینی در بیماران پارکینسون گزارش شده است که میزان سرمی سروتونین به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (۲۵). گزارش شده است که تمرین ترکیبی نقش مهمی در بهبود سروتونین در زنان یائسه در کوتاه مدت دارد (۲۱). همچنین اراضی و همکاران نتیجه گرفتند که تمرین ترکیبی می‌تواند سطوح سرمی سروتونین و دوپامین را پس از هفت هفته به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. به‌نظر می‌رسد که شرکت در فعالیت‌های ورزشی سبب افزایش سنتز و متابولیسم سروتونین می‌شود (۲۰). ازسوی دیگر، براری و همکاران اضافه کردند که شرکت در برنامه‌های تمرین هوازی سبب افزایش سروتونین و عوامل رشدی BDNF در دختران جوان می‌شود. آنان استنباط کردند که افزایش غلظت تریپتوفان آزاد در پلاسما به افزایش سنتز سروتونین و آزادشدن آن در گردش خون می‌شود و به‌طور قابل‌توجهی سبب بهبود گیرنده‌های سروتونین می‌شود (۲۲). پژوهش حاضر نشان داد که انجام تمرینات ترکیبی، بدون توجه به ویژگی‌های خاص تمرین مانند تناوبی یا تناوبی بودن تمرینات هوازی، می‌تواند باعث افزایش سطح سروتونین در بیماران

¹ inhibitory control

مقاومتی با افزایش تحریک عصبی در عضلات، فعال سازی و هماهنگی واحدهای حرکتی را بهبود می بخشد و توانایی تولید نیروی ذاتی عضلات را تقویت می کند (۳۸).

تمرینات ترکیبی که شامل تمرینات مقاومتی و هوازی تناوبی هستند، می توانند به افزایش قدرت عضلانی، بهبود عملکرد جسمانی و ارتقای سلامت نوروفیزیولوژیکی کمک کنند. پژوهش ها نشان داده اند که این نوع تمرینات برای بیماران مبتلا به پارکینسون نیز مفید بوده و به تقویت عضلات آن ها کمک می کند. در این راستا، مطالعه ای توسط محمدپور و همکاران در سال ۲۰۱۷ انجام شد که به بررسی تأثیر یک دوره هشت هفته ای تمرین ترکیبی بر بیماران پارکینسون پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که این تمرینات باعث تقویت عضلات چهارسر ران، همسترینگ و بالاتنه می شوند. برنامه تمرینی شامل دو بخش هوازی و مقاومتی بود؛ بخش هوازی شامل پیاده روی با شدت تنظیم شده توسط خود فرد بود که در چند نوبت چهار دقیقه پیاده روی و چهار دقیقه استراحت انجام می شد. بخش مقاومتی نیز شامل ۲ تا ۴ ست با ۹ تا ۱۲ تکرار و شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. این پژوهش تأثیر مثبت تمرینات ترکیبی بر افزایش قدرت عضلانی در بیماران مبتلا به پارکینسون را تأیید می کند (۳۹). کرامپلیک و همکاران پس از سه ماه تمرین ترکیبی شامل تمرینات مقاومتی و هوازی، افزایش قابل توجهی در قدرت عضلانی افراد مبتلا به پارکینسون مشاهده کردند. برنامه تمرینی این تحقیق شامل فعالیت های هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد از حداکثر اکسیژن مصرفی بود که در قالب رقص هوازی و دو جلسه پیاده روی سریع، پیاده روی نوردیک یا دوچرخه سواری ثابت انجام می شد. همچنین، تمرینات مقاومتی با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد از یک تکرار بیشینه طراحی شده بود که با افزایش تدریجی بار تمرین به میزان دو درصد همراه بود (۴۰).

در این پژوهش مشخص شد که برنامه تمرینی ترکیبی مقاومتی-هوازی تناوبی نسبت به تمرین ترکیبی مقاومتی-هوازی تداومی تأثیر بیشتری بر بهبود قدرت عضلانی دارد. به نظر می رسد طراحی مناسب بخش هوازی در برنامه تمرینی ترکیبی، نقش کلیدی در افزایش قدرت عضلانی ایفا می کند. باوجود اینکه تمرینات مقاومتی به طور کلی در تقویت قدرت عضلانی مؤثر هستند، استفاده از تمرین هوازی تناوبی در مقایسه با حالت تداومی، تأثیر قابل توجه تری در این زمینه دارد. در واقع، در شدت های بالای تمرین، به دلیل نیاز بیشتر به سیستم گلیکولیتیک، عضلات تند انقباض فعال تر شده و نیروی بیشتری تولید می کنند (۴۱). این تغییرات می تواند با افزایش فعالیت سیستم عصبی-عضلانی، نرخ تولید نیرو و سرعت تولید انرژی را بهبود بخشد که نتیجه آن افزایش قدرت و توان عضلانی خواهد بود (۴۲). تمرین مقاومتی-هوازی تناوبی، به دلیل حجم کمتر تمرین، باعث می شود ذخایر گلیکوژن کمتر مصرف شوند و فرد در هر دوره استراحت توانایی بیشتری برای اجرای تلاش های خود داشته باشد. به همین دلیل، اثرات تداخل کمتری در طول جلسات تمرینی احساس می شود و احتمال تأثیرات منفی بر قدرت عضلانی به حداقل

کاهش رفتارهای شبه اضطرابی و تعدیل تحریک پذیری مدار حرکتی کمک کند (۳۲). در بیماری پارکینسون، چنین سازگاری های گیرنده ای می تواند علائم غیر حرکتی را کاهش داده و از طریق تعدیل سروتونرژیک اینترنورون ها و نورون های پروجکشن، بر حلقه های گانگلیون پایه-تالامو کورتیکال تأثیر بگذارد. این در حالی بود که فعالیت خلق و خو و دیگر نشانه های بالینی در این پژوهش اندازه گیری نشد و مطالعات بیشتر برای اثبات این تغییرات نیاز است.

علاوه بر این، سازوکارهای ضد التهابی فعالیت های ورزشی به دنبال تمرینات ترکیبی در مطالعات پیش تر گزارش شده است که می تواند نقش تعدیل کنندگی در فعالیت سایتوکین های پیش التهابی (مانند IL-1 β ، TNF- α) داشته باشد و واسطه های ضد التهابی را افزایش دهد و در نتیجه محیطی مطلوب برای بقای نورون ها ایجاد کند (۲۷، ۳۳). کاهش التهاب می تواند نورون های سروتونرژیک را از آسیب بیشتر محافظت کند و شرایط ریز محیطی را که از سنتز، آزاد سازی و عملکرد گیرنده سروتونین پشتیبانی می کنند، بازیابی کند. به نظر می رسد این تغییرات می توانند در بهبود وضعیت ایجاد شده مؤثر باشند، اما با توجه به این که سایتوکین های پیش التهابی و ضد التهابی اندازه گیری نشده اند، باید در تفسیر نتایج با دقت عمل کرد.

همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش ۱۲/۹ و ۲۲/۶ درصد برای قدرت عضلات بالاتنه و همچنین بهبود ۱۶ و ۲۱/۴۹ درصدی برای قدرت عضلات پایین تنه به ترتیب برای گروه تمرین ترکیبی مقاومتی-هوازی تداومی و تمرین ترکیبی مقاومتی-هوازی تناوبی مشاهده شد که برتری نسبتی برای تمرین ترکیبی مقاومتی-هوازی تناوبی بود. این یافته ها با نتایج بمبی چی و همکاران (۳۴)، بیبل و همکاران (۳۵)، هیرش و همکاران (۳۶)، محمدپور و همکاران و کرامپلیک و همکاران همسو بود. باوجود اینکه تظاهرات حرکتی ثانویه شامل کاهش قدرت عضلانی و کاهش توان عضلانی است که سبب تغییر هماهنگی حرکتی و اختلال در تعادل می شود و خطر سقوط و عوارض مرتبط را افزایش می دهند (۳۷). مداخلات ورزشی به عنوان یکی از روش های غیر دارویی مؤثر برای بهبود مشکلات حرکتی در بیماران پارکینسون شناخته شده اند. تمرینات ترکیبی نقش مهمی در تقویت عملکرد عضلات، به ویژه افزایش قدرت آن ها ایفا می کنند. براساس پژوهش بمبی چی و همکاران، مشخص شده است که برنامه های تمرینی مقاومتی و تعادلی می توانند به تقویت عضلات بیماران پارکینسون کمک کنند. بنابراین، توصیه می شود این نوع تمرینات در برنامه های درمانی این بیماران گنجانده شوند (۳۴). بیبل و همکاران نتیجه گرفتند که برنامه تمرین ترکیبی مقاومتی-تعادلی سبب افزایش قدرت عضلات مفصل زانو می شود (۳۵). همچنین هیرش و همکاران گزارش کردند که تمرین ترکیبی (تمرین تعادل و تمرین مقاومتی) به مدت ده هفته سبب بهبود قدرت عضلانی در افراد مبتلا به پارکینسون می شود (۳۶). به نظر می رسد افزایش قدرت عضلات به بهبود عملکرد سیستم عصبی و تغییر ویژگی های ذاتی انقباض عضلات مرتبط باشد. همچنین، تمرینات

مطالعات آتی با دوره‌های تمرینی طولانی‌تر، حجم نمونه بزرگتر، اندازه‌گیری شاخص‌های مایع مغزی-نخاعی و ارزیابی علائم بالینی برای تأیید نهایی این یافته‌ها توصیه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش با رعایت کامل اصول اخلاق زیستی و پژوهشی انجام شده است. پیش از آغاز مطالعه، اهداف، مراحل و شیوه اجرای پژوهش به‌طور کامل برای شرکت‌کنندگان تشریح شد و از تمامی آن‌ها رضایت‌نامه آگاهانه و کتبی اخذ گردید. همچنین، به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که اطلاعات فردی آن‌ها محرمانه باقی مانده و نتایج صرفاً در راستای اهداف علمی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. پروتکل این پژوهش به تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه فردوسی مشهد با شناسه اخلاق IR.UM.REC.1403.255 رسیده است.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی از سوی نهادهای سازمان‌ها یا شرکت‌های دولتی و خصوصی دریافت نکرده و هزینه‌های آن توسط نویسندگان تأمین شده است.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی و طراحی مطالعه: الهه درودی، مهتاب معظمی، ناهید بیژه، علی شعبی، اجرای پژوهش و گردآوری داده‌ها: الهه درودی، مهتاب معظمی، نظارت بر روند اجرا و مدیریت پژوهش: مهتاب معظمی و ویرایش، بازبینی و نهایی‌سازی دست‌نوشته: الهه درودی

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافی در انجام و انتشار این مقاله وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری تخصصی نویسنده اول در دانشگاه فردوسی مشهد (به شماره ثبت ۶۴۷۷۹) می‌باشد. نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی صمیمانه خود را از تمامی داوطلبان و افرادی که در اجرای این پژوهش همکاری نموده‌اند، ابراز می‌دارند.

کاهش می‌یابد.

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود که باید در تفسیر نتایج مد نظر قرار گیرند. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به اندازه‌گیری سروتونین در سرم خون به جای مایع مغزی-نخاعی اشاره کرد که ممکن است بازتاب کامل تغییرات سروتونرژیک مغزی نباشد. همچنین عدم اندازه‌گیری عوامل نوروتروفیک (مانند BDNF و GDNF) و سایتوکاین‌های التهابی، کوتاه بودن دوره مداخله (هشت هفته) و عدم پیگیری طولانی‌مدت، عدم ارزیابی علائم بالینی مرتبط با سروتونین (مانند خلق‌وخو و کیفیت خواب) و حجم نمونه نسبتاً کوچک از دیگر محدودیت‌های این پژوهش محسوب می‌شوند. افزون‌براین، محدودیت دامنه سنی (۶۰-۷۰ سال) و مرحله بیماری (مرحله ۱ و ۲ مقیاس هون و یاهر) تعمیم نتایج به سایر گروه‌های سنی و بیماران با مراحل پیشرفته‌تر را با احتیاط مواجه می‌سازد. شایان ذکر است که برخلاف مطالعه میرابلا و همکاران (۲۰۲۴) که عدم اندازه‌گیری سیستم‌های سروتونرژیک و نورآدرنرژیک را به عنوان یکی از محدودیت‌های اصلی خود ذکر کردند، پژوهش حاضر با اندازه‌گیری مستقیم سطح سروتونین سرمی، به بررسی یکی از شاخص‌های کلیدی این سیستم پرداخته است. انجام مطالعات آینده با اندازه‌گیری شاخص‌های مایع مغزی-نخاعی، دوره‌های تمرینی طولانی‌تر همراه با پیگیری و ارزیابی علائم بالینی توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که یک دوره هشت‌هفته‌ای تمرین ترکیبی، صرف‌نظر از نوع بخش هوازی (تناوبی یا تداومی)، باعث افزایش معنادار سطح سروتونین سرمی و بهبود قدرت عضلانی در سالمندان مبتلا به بیماری پارکینسون می‌شود. عدم وجود تفاوت معنادار بین دو گروه تمرین مقاومتی-هوازی تناوبی و مقاومتی-هوازی تداومی حاکی از آن است که مؤلفه مقاومتی محرک اصلی این سازگاری‌های فیزیولوژیک است و هر دو نوع تمرین هوازی به یک اندازه در ایجاد این تغییرات مؤثر هستند. از آنجاکه قدرت عضلانی یکی از شاخص‌های بالینی حیاتی در بیماران پارکینسون محسوب می‌شود و با خطر سقوط، استقلال عملکردی و کیفیت زندگی این بیماران ارتباط مستقیم دارد، بهبود آن از طریق تمرینات ترکیبی می‌تواند پیامدهای بالینی مهمی به همراه داشته باشد. همچنین افزایش سطح سروتونین سرمی به عنوان یک انتقال‌دهنده عصبی کلیدی که در تنظیم خلق‌وخو، خواب و کنترل حرکتی نقش دارد، نشان‌دهنده پتانسیل تمرینات ترکیبی در تعدیل سیستم‌های انتقال‌دهنده عصبی درگیر در پاتوفیزیولوژی پارکینسون است. با توجه به یافته‌های این پژوهش، تمرینات ترکیبی را می‌توان به عنوان یک راهکار توانبخشی غیردارویی، ایمن، انعطاف‌پذیر و مؤثر در مدیریت بیماری پارکینسون معرفی کرد که براساس ترجیح، تحمل و شرایط بیمار قابل تنظیم است. با این حال، انجام

References

1. Zabihi Rezaei Z, Motamedi P, Ghalavand A. The effect of circuit resistance training on body composition and physical function in patients with Parkinson's disease. *Journal of Jiroft University of Medical Sciences*. 2022;9(2):949-57.
2. Bandres-Ciga S, Diez-Fairen M, Kim JJ, Singleton AB. Genetics of Parkinson's disease: an introspection of its journey towards precision medicine. *Neurobiology of disease*. 2020;137:104782. [[10.1016/j.nbd.2020.104782](#)] [[PMID](#)]
3. Li XZ, Zhang SN, Liu SM, Lu F. Recent advances in herbal medicines treating Parkinson's disease. *Fitoterapia*. 2013;84:273-85. [[10.1016/j.fitote.2012.12.009](#)] [[PMID](#)]
4. Miquel-Rio L, Sarries-Serrano U, Pavia-Collado R, Meana JJ, Bortolozzi A. The role of α -synuclein in the regulation of serotonin system: physiological and pathological features. *Biomedicines*. 2023;11(2):541. [[10.3390/biomedicines11020541](#)] [[PMID](#)]
5. Negoită A-I, Amuzescu B, Mihăilescu DF, Bordea C. The Serotonergic System and Its Role in Thermoregulation. *Physiologia*. 2025;5(4):37.
6. Bohn LM, Schmid CL. Serotonin receptor signaling and regulation via β -arrestins. Critical reviews in biochemistry and molecular biology. 2010;45(6):555-66. [[10.3109/10409238.2010.516741](#)] [[PMID](#)]
7. Martiš P, Bzdúšková D, Košutská Z, Slobodová L, Straka I, Marček Malenovská K, et al. Supervised aerobic-strength exercise reduces postural sway and improves dual-task gait in Parkinson's disease. *Scientific Reports*. 2025;15(1):20643. [[10.1038/s41598-025-07009-2](#)] [[PMID](#)]
8. Song H, Ge S, Li J, Jiao C, Ran L. Effects of aerobic and resistance training on walking and balance abilities in older adults with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Plos one*. 2025;20(1):e0314539. [[10.1371/journal.pone.0314539](#)] [[PMID](#)]
9. Zhou X, Zhao X, Guo X, Wang J, Wang R. Effectiveness of aerobic and resistance training on the motor symptoms in Parkinson's disease: systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in aging neuroscience*. 2022;14:935176. [[10.3389/fnagi.2022.935176](#)] [[PMID](#)]
10. Chen Y, Chen Y. The impact of combined aerobic and resistance exercise on the prognosis of early Parkinson's disease patients. *Technology and Health Care*. 2025;33(1):205-14. [[10.3233/THC-240821](#)] [[PMID](#)]
11. Sivaramakrishnan A, Cascella M, Hauck S, Reyes NS, Vaou O. High intensity interval training for Parkinson's disease: A scoping review of systemic effects and physiological adaptations. *Journal of Parkinson's Disease*. 2026;16(3):416-37. [[10.1177/1877718X261427268](#)] [[PMID](#)]
12. Martinez KJ. The Comparative Impacts of High-Intensity Interval Training and Power Training on Heart Rate Variability, Gait, and Functional Performance in Patients with Parkinson's Disease: University of Miami; 2025.
13. Zhen K, Zhang S, Tao X, Li G, Lv Y, Yu L. A systematic review and meta-analysis on effects of aerobic exercise in people with Parkinson's disease. *npj Parkinson's Disease*. 2022;8(1):146. [[10.1038/s41531-022-00418-4](#)] [[PMID](#)]
14. Johansson ME, Cameron IG, Van der Kolk NM, de Vries NM, Klimars E, Toni I, et al. Aerobic exercise alters brain function and structure in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Annals of neurology*. 2022;91(2):203-16. [[10.1002/ana.26291](#)] [[PMID](#)]
15. Gomborg M, Hvid LG, Thrue C, Johansson S, Franzén E, Dalgas U, Langeskov-Christensen M. Muscle strength and power in people with Parkinson disease: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2023;47(1):3-15. [[10.1097/NPT.0000000000000421](#)] [[PMID](#)]
16. Bhidayasiri R, Tarsy D. Parkinson's disease: Hoehn and Yahr scale. *Movement disorders: a video atlas: a video atlas*: Springer; 2012. p. 4-5.
17. Hiscock DJ, Dawson B, Peeling P. Perceived exertion responses to changing resistance training programming variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(6):1564-9. [[10.1519/JSC.0000000000000775](#)] [[PMID](#)]
18. Yoon J-R, Ha G-C, Kang S-J, Ko K-J. Effects of 12-week resistance exercise and interval training on the skeletal muscle area, physical fitness, and mental health in old women. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2019;15(6):839. [[10.12965/jer.1938644.322](#)] [[PMID](#)]
19. Gonçalves R, Motta-Santos D, Szmuchrowski L, Couto B, Soares YM, Damasceno VdO, et al. Combined training is not superior to strength and aerobic training to mitigate cardiovascular risk in adult healthy men. *Biology of Sport*. 2022;39(3):727-34. [[10.5114/biolsport.2022.107483](#)] [[PMID](#)]
20. Arazi H, Damirchi A, Poulab E. The effect of seven weeks of combined (aerobic-resistance) training on blood levels of serotonin and dopamine and physical fitness factors of addicted men to methamphetamine during rehabilitation. 2016.
21. Shabani R, Moazzeni M, Mehdizadeh M. The effect of eight weeks combined resistance-endurance exercise training on serum levels of serotonin and sleep quality in menopausal women. *Complementary Medicine Journal*. 2017;7(2):1918-30.
22. Barari A, Amini S, Abbassi-Dalooi A, Danekar G. The Effect of Eight Weeks of Combined Running and Swimming Training on Serotonin, Brain-Derived Neurotrophic Factor, and N-Methyl-D-Aspartate in Young Girls. *Journal of Health System Research*. 2018;14(2):165-70.
23. Tang Karami SJ, Sohrabi M, Nezhad MM, Hosseini SA. Effects of Eight Weeks of Interval Swimming Training and Motor-Enriched Environment Activity Combined with Artemisia Extract on Serotonin and Dopamine Levels in the Brain Tissue of Rats with Parkinson's disease. *Journal of Nutrition, Fasting & Health*. 2024;12(4).
24. Soori S, Bagherzadeh F, Hemayat Talab R. Effect of Moderate Aerobic Activity on Balance, Motor Behavior, Serotonin and Tyrosine Hydroxylase Chemical Enzyme in Animal Model of Parkinson's Disease. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*. 2023;15(4):5-20.
25. Tsai C-L, Pan C-Y, Wang T-C, Tseng Y-T, Ukropec J, Ukropcová B, Lin T-K. Effects of acute aerobic exercise with different intensities on cerebral dopamine/

- norepinephrine/serotonin metabolites and executive-related oculomotor control in individuals with Parkinson's disease. *Mental Health and Physical Activity*. 2024;26:100582.
- 26.Mirabella G, Pilotto A, Rizzardi A, Montalti M, Olivola E, Zatti C, et al. Effects of dopaminergic treatment on inhibitory control differ across Hoehn and Yahr stages of Parkinson's disease. *Brain Communications*. 2024;6(1):fcad350. [[10.1093/braincomms/fcad350](https://doi.org/10.1093/braincomms/fcad350)][[PMID](#)]
- 27.Soke F, Kocer B, Fidan I, Keskinoglu P, Guclu-Gunduz A. Effects of task-oriented training combined with aerobic training on serum BDNF, GDNF, IGF-1, VEGF, TNF- α , and IL-1 β levels in people with Parkinson's disease: a randomized controlled study. *Experimental Gerontology*. 2021;150:111384. [[10.1016/j.exger.2021.111384](https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111384)][[PMID](#)]
- 28.Naser AA, Dehkordi KJ, Radhi MN, Taghian F, Chitsaz A. The Effect of Multimodal Exercise on the Levels of BDNF and GDNF in Patients with Parkinson's Disease. *International Journal of Preventive Medicine*. 2025;16:35. [[10.4103/ijpvm.ijpvm.353.24](https://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm.353.24)][[PMID](#)]
- 29.Cordeiro LM, Rabelo PC, Moraes MM, Teixeira-Coelho F, Coimbra CC, Wanner SP, Soares DD. Physical exercise-induced fatigue: the role of serotonergic and dopaminergic systems. *Brazilian journal of medical and biological research*. 2017;50:e6432. [[10.1590/1414-431X20176432](https://doi.org/10.1590/1414-431X20176432)][[PMID](#)]
- 30.Gharakhanlou R, Fasihi L. The role of neurotransmitters (serotonin and dopamine) in central nervous system fatigue during prolonged exercise. *New Approaches in Exercise Physiology*. 2023;5(9):138-60.
- 31.Zhou Y-S, Meng F-C, Cui Y, Xiong Y-L, Li X-Y, Meng F-B, et al. Regular aerobic exercise attenuates pain and anxiety in mice by restoring serotonin-modulated synaptic plasticity in the anterior cingulate cortex. *Medicine and science in sports and exercise*. 2021;54(4):566. [[10.1249/MSS.0000000000002841](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002841)][[PMID](#)]
- 32.Illesca-Matus R, Ardiles NM, Munoz F, Moya PR. Implications of physical exercise on episodic memory and anxiety: The role of the serotonergic system. *International journal of molecular sciences*. 2023;24(14):11372. [[10.3390/ijms241411372](https://doi.org/10.3390/ijms241411372)][[PMID](#)]
- 33.Saeidi M, Mogharnasi M, Afzalpour M, Bijeh N, Vieira A. Comparison of the effect of aerobic, resistance and combined training on some inflammatory markers in obese men. *Science & Sports*. 2023;38(5-6):593-601.
- 34.Bambaeichi E, Rahnama N, Mahmoudi F. Effects of resistance and balance training on muscle strength of male patients with Parkinson's. *Sport Physiology*. 2014;6(21):31-42.
- 35.Biebl JT, Azqueta-Gavaldon M, Wania C, Zettl O, Woiczinski M, Bauer L, et al. Resistance training combined with balance or gait training for patients with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot study. *Parkinson's disease*. 2022;2022(1):9574516. [[10.1155/2022/9574516](https://doi.org/10.1155/2022/9574516)][[PMID](#)]
- 36.Hirsch MA, Toole T, Maitland CG, Rider RA. The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2003;84(8):1109-17. [[10.1016/s0003-9993\(03\)00046-7](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(03)00046-7)][[PMID](#)]
- 37.Paul S, Canning C, Sherrington C, Fung V. Reduced muscle strength is the major determinant of reduced leg muscle power in Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*. 2012;18(8):974-7. [[10.1016/j.parkreldis.2012.05.007](https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2012.05.007)][[PMID](#)]
- 38.Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-antagonist paired set resistance training: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(10):2873-82. [[10.1519/JSC.0b013e3181f00bfc](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f00bfc)][[PMID](#)]
- 39.Hediyeh. Mohammadpour NR, Mohammad -Hosein. Alizade,, Shaighan V. effect of eight weeks of combined training program aerobic and resistance) on muscle strength in elderly patients with parkinson. *Pharmacophore*. 2017;6(8).
- 40.Krumpolec P, Vallova S, Slobodova L, Tirkakova V, Vajda M, Schon M, et al. Aerobic-strength exercise improves metabolism and clinical state in Parkinson's disease patients. *Frontiers in neurology*. 2017;8:698. [[10.3389/fneur.2017.00698](https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00698)][[PMID](#)]
- 41.Higashihara A, Ono T, Kubota J, Okuwaki T, Fukubayashi T. Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *Journal of sports sciences*. 2010;28(10):1085-92. [[10.1080/02640414.2010.494308](https://doi.org/10.1080/02640414.2010.494308)][[PMID](#)]
- 42.Smilios I, Pilianidis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35(4):644-54. [[10.1249/01.MSS.0000058366.04460.5F](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058366.04460.5F)][[PMID](#)]



Authors retain the copyright and full publishing rights.
Published by [Ahvaz Jundishapur University of Medical Science](#). This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).