ORIGINAL ARTICLE

# *The Impact of Aerobic Training Combined with Hydrogenated Water Therapy on Serum IL-6 and TNF-α Levels, and the Clinical Status of Patients with Parkinson's Disease: A Randomized Clinical Trial*

Ali Akbar Karimi[1],
Lida Moradi[1],
Saleh Rahmati Ahmad Abad[2],
Bahram Abedi[1]

[1] Department of Physical Education and Sports Science, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Physical Education and Sports Science, Par.C., Islamic Azad University, Pardis, Iran

(Received July 1, 2025; Accepted December 15, 2025)

## *Abstract*

**Background and purpose:** Parkinson's disease is a common neurodegenerative disorder that is associated with increased inflammatory factors such as IL-6 and TNF-α, and decreased quality of life. This study aimed to investigate the effects of aerobic exercise and hydrogenated water therapy on serum levels of IL-6 and TNF-α, as well as the clinical status of patients with Parkinson's disease.

**Materials and methods:** In this clinical trial, 32 patients with Parkinson's disease (stages II and III, aged 30-80 years) were randomly assigned to one of four groups: control, aerobic exercise, hydrogenated water therapy, and a combination of aerobic exercise and hydrogenated water therapy. To minimize evaluator bias, assessors of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) and biochemical indices were blinded. The intervention groups participated in three sessions per week of aerobic exercise (at an intensity of 60–80% of maximum heart rate) and/or consumed 1000 mL of hydrogenated water daily for four weeks. Serum levels of IL-6 and TNF-α were measured using ELISA, and clinical symptoms were evaluated using the UPDRS questionnaire. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test, paired t-test, two-way covariance analysis (MANCOVA), and post hoc LSD tests, with a significance level of $P \leq 0.05$.

**Results:** The groups were comparable in terms of baseline variables (age, body mass index, initial levels of IL-6, TNF-α, and UPDRS scores) as determined by ANOVA ($P > 0.05$). All three intervention groups showed a significant decrease in serum levels of IL-6 and TNF-α compared to the control group ($P \leq 0.05$). The combined group (aerobic exercise + hydrogenated water therapy) exhibited the most significant reduction in these inflammatory markers ($P = 0.0001$). Moreover, clinical symptoms improved in all intervention groups, with the most pronounced reduction seen in the combined aerobic exercise and hydrogenated water therapy group (aerobic exercise: $P = 0.001$, hydrogenated water therapy: $P = 0.004$, combined: $P < 0.0001$).

**Conclusion:** The combination of aerobic exercise and hydrogenated water therapy can be an effective, non-invasive intervention to reduce systemic inflammation and improve the clinical status of patients with Parkinson's disease.

*Clinical Trials Registry Number IRCT20250714066487N1*

***Keywords:*** Parkinson’s disease, aerobic exercise, hydrogenated water therapy, IL-6, TNF-α

**J Mazandaran Univ Med Sci 2026; 35 (252): 18-31 (Persian).**

**Corresponding Author: Lida Moradi -** Department of Physical Education and Sports Science, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. (E-mail: Moradi.lida@iau.ac.ir )

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و پنجم شماره ۲۵۲ دی سال ۱۴۰۴ (۱۸-۳۱)

# اثر یک دوره تمرین هوازی و آب هیدروژنه بر غلظت IL-6 و TNF-α سرم و وضعیت بالینی بیماران مبتلا به پارکینسون: یک کارآزمایی بالینی

علی اکبر کریمی[1]
لیدا مرادی[1]
صالح رحمتی احمد آباد[2]
بهرام عابدی[1]

## چکیده

**سابقه و هدف:** بیماری پارکینسون یک اختلال نورودژنراتیو شایع است که با افزایش فاکتورهای التهابی مانند IL-6 و TNF-α و کاهش کیفیت زندگی همراه است. این مطالعه با هدف بررسی اثر تمرین هوازی و آب هیدروژنه بر سطوح سرمی IL-6 و TNF-α و وضعیت بالینی بیماران مبتلا به پارکینسون، انجام پذیرفت.

**مواد و روش ها:** در این کارآزمایی بالینی، ۳۲ بیمار پارکینسون (مراحل دو و سه، با سن:۸۰-۳۰ سال) به‌صورت تصادفی به چهار گروه کنترل، تمرین هوازی، آب هیدروژنه و ترکیب تمرین هوازی و آب هیدروژنه تقسیم شدند. برای کاهش سوگیری ارزیابان برای UPDRS و شاخص‌های بیوشیمیایی کور سازی شدند. گروه‌های مداخله به‌مدت چهار هفته، سه جلسه در هفته تمرین هوازی (با شدت ۸۰-۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه) و یا مصرف روزانه ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب هیدروژنه دریافت کردند. سطوح سرمی IL-6 و TNF-α به روش الایزا و علائم بالینی با پرسشنامه مقیاس یکپارچه درجه‌بندی پارکینسون (UPDRS) ارزیابی شد. داده‌ها با آزمون‌های آماری شاپیرو-ویلک، T همبسته، کوواریانس دوطرفه (MANCOVA)، و تعقیبی LSD تحلیل شدند و سطح معنی‌داری P< ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** گروه‌ها از نظر متغیرهای پایه (سن، شاخص توده بدنی، سطوح اولیه IL-6، TNF-α و نمرات UPDRS) با استفاده از آزمون ANOVA همسان بودند (P>۰/۰۵). هر سه گروه مداخله کاهش معنی‌داری در سطوح سرمی IL-6 و TNF-α نسبت به گروه کنترل نشان دادند (P≤۰/۰۵). گروه ترکیبی (تمرین هوازی + آب هیدروژنه) بیش‌ترین کاهش را در این فاکتورهای التهابی داشت (P=۰/۰۰۰۱). هم‌چنین، علائم بالینی در گروه‌های مداخله بهبود یافت، بیش‌ترین کاهش علائم بالینی مربوط به گروه تمرین هوازی و آب هیدروژنه (تمرین هوازی: P= ۰/۰۰۱، آب هیدروژنه:P= ۰/۰۰۴، ترکیبی: P<۰/۰۰۰۱) بود.

**استنتاج:** ترکیب تمرین هوازی و آب هیدروژنه می‌تواند به‌عنوان یک مداخله غیرتهاجمی مؤثر، التهاب سیستمیک را کاهش داده و وضعیت بالینی بیماران پارکینسون را بهبود بخشد.

*شماره ثبت کارآزمایی بالینی: IRCT20250714066487N1*

**واژه های کلیدی:** پارکینسون، تمرین هوازی، آب هیدروژنه ، IL-6، TNF-α

**مولف مسئول: لیدا مرادی**- تهران - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده فرهنگ و زندگی **E-mail:** Moradi.lida@iau.ac.ir
۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۴/۴/۱۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۴/۵/۷ تاریخ تصویب : ۱۴۰۴/۹/۲۴

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

## مقدمه

بیماری پارکینسون، یکی از شایع‌ترین اختلال نوروپاتوژنیک است که در نتیجه دژنراسیون نورون‌های دوپامینرژیک بخش متراکم جسم سیاه مغز و پایانه‌های آن در استراتیوم به وجود می‌آید(۱). به طور کلی بیماری پارکینسون یک اختلال عصبی چند سیستمی و وابسته به سن است(۲). یک تا سه درصد افراد بالای ۵۰ تا ۶۵ سال می‌توانند مبتلا به پارکینسون شوند(۱). پارکینسون با علائم حرکتی و غیر حرکتی همراه است. از علائم حرکتی می‌توان به لرزش، سخت شدن عضلات و عدم تعادل اشاره کرد که می‌تواند به دلیل کاهش سطوح دوپامین باشد، همچنین علائم غیر حرکتی که مربوط به مسیرهای مزولیمبیک و مزوکورکتیکال می‌باشد که شامل اختلال شناختی، اختلالات خواب، تغییر خلق و خوی و عاطفه، اختلال عملکرد اتونومیک (مانند اختلال در مجاری ادراری و تناسلی و دستگاه گوارش) و علائم حسی مانند درد است(۲، ۳). پژوهش‌ها نشان دادند فاکتورهای التهابی مانند سایتوکین‌ها در مغز، سلول‌های گلیال و مایع نخاعی بیماران پارکینسونی افزایش داشته است(۶ - ۴). از جمله این سایتوکین‌ها می توان به IL-10(Interleukin-10)، IL-6 (Interleukin-6) و TNF-α (Tumor Necrosis Factor - alpha) اشاره کرد. افزایش سطوح این نوع از فاکتورهای التهابی می‌تواند مسیرهای سیگنالی مرگ سلولی نورون‌های عصبی را از طریق آپوپتوز وابسته به کاسپازها و سمیت میتوکندری نورون‌ها، فعال کند(۶، ۷). نتایج یک پژوهش اپیدمیولوژیک نشان داد، مصرف NSAID ها (Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs) (داروهای ضد التهابی غیر استروئیدی) به عنوان کاهش دهنده التهاب می‌تواند خطر ابتلا و یا اثرات ناشی از آن را تعدیل کند و به طور معنی‌داری احتمال ابتلا به بیماری پارکینسون را کاهش دهد(۸).

شواهد علمی نشان می‌دهد مولکول هیدروژن می‌تواند اثرات ضد التهابی در برخی از بیماری‌ها مانند التهاب در بافت مغز، میوکارد، کبد داشته باشد. استنشاق گاز هیدروژن یا مصرف هیدروژن موجود در آب می‌تواند اثرات ضد التهابی را القا کند(۱۱ - ۹). گزارش شد که آب هیدروژنه از دست دادن نورون‌های دوپامینرژیک در موش‌های مدل پارکینسونی را کاهش داده است(۱۲، ۱۳). همچنین مصرف ۱۰ میلی گرم/کیلوگرم هیدروژن (آب هیدروژنه) به مدت ۲۸ روز در موش‌های نر (با وزن ۲۵ تا ۳۰ گرم) مدل پارکینسونی منجر به کاهش معنی‌دار فاکتورهای التهابی و اکسیدانی شد(۱۴، ۱۵). پژوهش‌های انسانی نتایج نشان داد که آب هیدروژنه به مدت دو هفته در بیماران مبتلا به پارکینسون منجر به بهبود کیفیت زندگی این بیماران شده است، همچنین آب هیدروژنه باعث افزایش فاکتور آنتی‌اکسیدانی ادراری سوپراکسید دیسموتاز (SOD)( Superoxide Dismutase) شد(۱۶).

تمرینات ورزشی به عنوان یک تعدیل کننده التهاب شناخته می‌شود، پژوهش‌ها نشان می‌دهد تمرینات هوازی می‌تواند با کاهش التهاب منجر به بهبود عملکرد بافت‌های بدن به ویژه بافت مغز شود(۱۷). تمرینات ورزشی فاکتورهای رشدی سلول‌های عصبی را تحریک می‌کند، همچنین می‌تواند بقای نورون‌های عصبی را افزایش دهند و عملکرد سلول‌های عصبی را بعد از آسیب سلولی بهبود بخشد(۲۰- ۱۸). تمرینات هوازی می‌تواند منجر به کاهش آپوپتوز در بافت هیپوکامپ و بهبود عملکرد شناختی در موش‌های مبتلا به آلزایمر شود. مکانیسم سلولی– مولکولی این اثر ممکن است ناشی از فعال شدن مسیر سیگنالی PI3K/Akt/GSK-3β باشد(۲۱). تمرینات استقامتی منجر به کاهش p53 و Caspase-3 در بافت قلبی موش‌های مدل پارکینسون شد(۱۷).

سوال مطرح شده این است که با توجه به اثر ضد التهابی تمرینات هوازی و آب هیدروژنه در بیماران نوروپاتوژنیکی آیا این مداخلات می‌تواند اثر سینرژیکی بر فاکتورهای التهابی ناشی از بیماری پارکینسون داشته باشند؟ بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی اثر یک

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

دوره تمرین هوازی همراه با آب هیدروژنه بر سطوح سرمی IL-6 و TNF-α و وضعیت بالینی بیماران مبتلا به پارکینسون بود.

## مواد و روش‌ها

این کارآزمایی بالینی، با طرح پژوهش گروه‌های موازی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا شد. جامعه آماری شامل بیماران پارکینسون ۳۰ تا ۸۰ ساله که در مراحل دو و سه بیماری بودند، بود. تشخیص بیماری پارکینسون و تعیین مرحله آن (مراحل دو و سه) توسط پزشک متخصص مغز و اعصاب انجام شد. این فرآیند معمولاً شامل ارزیابی بالینی علائم بیمار، بررسی تاریخچه پزشکی، و استفاده از معیارهای استاندارد مانند مقیاس هوئن و یار ( Hoehn and Yahr) برای تعیین مرحله بیماری بود.

حجم نمونه بر اساس محاسبه قدرت آماری با استفاده از نرم‌افزار G*Power (با فرض اثر اندازه متوسط ۰/۵، قدرت ۸۰ درصد و سطح آلفا ۰/۰۵) تعیین شد و حداقل ۸ نفر در هر گروه لازم بود تا تفاوت‌های معنی‌دار تشخیص داده شود. این محاسبه بر اساس مطالعات مشابه در زمینه مداخلات هوازی در پارکینسون انجام شد(۱۴، ۱۶، ۲۲، ۲۳). ۳۲ نفر از این جامعه آماری پس از تکمیل پرسشنامه سلامتی به طور داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند (با شناسه اخلاق IR.SSRC.REC.1404.018) (کد کارآزمایی بالینی IRCT20250714066487N1). فراخوان برای بیمارگیری در مرکز بخش داخلی مغز و اعصاب (نورولوژی) بیمارستان رسول اکرم (ص) تهران انجام شد. بیماران با استفاده از روش رندوم‌سازی بلوکی با نرم‌افزار Random Allocationبه طور همسان و تصادفی به ۴ گروه، کنترل (CO)، تمرین هوازی (EXE)، تمرین هوازی و آب هیدروژنه (EXE+HW) و آب هیدروژنه (HW) تقسیم شدند. برای مخفی‌سازی تخصیص گروه‌ها، از پاکت‌های مهر و موم شده استفاده شد. کورسازی برای بیماران و درمانگران به دلیل روش مداخله (تمرین هوازی و آب هیدروژنه) امکان‌پذیر نبود، اما ارزیابان نتایج برای UPDRS و شاخص‌های بیوشیمیایی کور بودند تا سوگیری کاهش یابد. از آزمودنی‌ها خواسته شد هیچ گونه مکمل غذایی یا دارویی که بر شاخص‌های آنتی اکسیدانی اثر می‌گذارند، حین دوره پژوهش مصرف نکنند. بدین‌منظور قبل از شروع پژوهش از آزمودنی‌ها لیست داروهای مصرفی و هم‌چنین برنامه غذایی سه روز متوالی شان دریافت شد.

معیارهای ورود به مطالعه شامل مواردی چون، قرار گیری بیماران در مرحله دو و سه بیماری، وضعیت ثابت مصرف دارویی در دو ماه قبل از شروع مطالعه، دارا بودن سلامت عمومی قابل قبول به‌گونه‌ای که در راه رفتن و تعادل مشکلی برای انجام پروتکل تمرین وجود نداشته باشد، سن بین ۳۰ الی ۸۰ سال، عدم وجود مشکلات ارتوپدی، قلبی و فشار خون، عدم استعمال دخانیات و مصرف مکمل خاص در دو ماه قبل از شروع تمرین، بوده است.

معیارهای خروج شامل، عدم شرکت در سه جلسه تمرین پی در پی، عدم مصرف مکمل پژوهش، ناتوانی در انجام پروتکل تمرینی، شروع مصرف مکمل خاص، دارو یا استعمال دخانیات، بود.

*پروتکل تمرین*

تمرین هوازی برای سه جلسه در هفته به مدت چهار هفته انجام شد. مدت چهار هفته بر اساس مطالعات قبلی که اثرات کوتاه مدت مداخلات تمرین هوازی در پارکینسون را نشان داده‌اند انتخاب شد(۲۲، ۲۶- ۲۴). شدت تمرین ۸۰ – ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه در نظر گرفته شد. تواتر، مدت و شدت تمرین هوازی در مطالعه حاضر مطابق با راهنمای تمرین برای بیماران پارکینسون بود(۲۷).

پایش ضربان قلب با ضربان سنج پولار انجام شد. شدت تمرین در هر جلسه با پایش مداوم ضربان قلب تأیید شد. هنگام انجام تمرین هوازی فشار خون سیستولی و دیاستولی بیماران توسط پزشک و متخصص فیزیولوژی ورزشی مورد پایش قرار گرفت. هم‌چنین

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

مراقبت از سقوط بیماران هنگام انجام پیاده روی، انجام شد. پروتکل تمرین مطابق جدول شماره ۱، می‌باشد.

**جدول شماره ۱:** پروتکل تمرین هوازی پژوهش

| گرم کردن | تمرین هوازی اصلی | سرد کردن |
|---|---|---|
| ۵ دقیقه راه رفتن سریع بر روی تردمیل – ۵ دقیقه حرکات کششی فعال | ۲۰ دقیقه راه پیاده روی با شدت ۸۰ – ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه بر روی تردمیل | ۵ دقیقه راه رفتن سریع بر روی تردمیل – ۵ دقیقه حرکات کششی فعال |

*آب هیدروژنه*

آب هیدروژنه از دستگاه‌های تولید کننده آب هیدروژنه که حدود ۰/۸ میلی مول هیدروژن را در آب ترکیب می‌کنند در اختیار گروه مورد نظر قرار داده شد. از بیماران خواسته شد تا روزانه ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب هیدروژنه را در طول پژوهش مصرف کنند(۱۶). پایبندی به مصرف آب هیدروژنه با گزارش روزانه بیماران و چک هفتگی بطری های آب هیدروژنه توسط پژوهشگر کنترل شد.

*اندازه گیری شاخص‌های بیوشیمیایی خون*

آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل و بعد از پروتکل پژوهشی، پس از ۱۲ ساعت در حالت ناشتا به آزمایشگاه جهت جمع‌آوری نمونه خونی مراجعه کردند. نمونه‌گیری خون ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام شد تا اثرات فوری ورزش مانند افزایش IL-6 حذف شود. نمونه خون از ورید بازویی به میزان پنج سی‌سی گرفته شد. خون گرفته شده از ورید، داخل لوله آزمایش ریخته شد. سپس طبق دستورالعمل‌ها میزان شاخص های خونی افراد با روش الایزا (کیت Mabtech ساخت کشور سوئد) اندازه‌گیری شد. IL-6 و TNF-α به عنوان مارکرهای کلیدی التهابی در پارکینسون انتخاب شدند، زیرا مطالعات نشان داده‌اند که این مارکرها با پیشرفت بیماری مرتبط هستند(۳۰- ۲۸).

*علائم بالینی*

علائم بالینی با استفاده از پرسشنامه‌های بین المللی مقیاس یکپارچه ارزیابی بیماری پارکینسون (UPDRS) برای بیماران پارکینسون ارزیابی شد(۱۶). این پرسشنامه، ابزار استانداردی برای سنجش شدت و پیشرفت بیماری پارکینسون است. این پرسشنامه علائم حرکتی و غیر حرکتی، فعالیت‌های روزمره و عوارض ناشی از درمان را در چهار بخش مورد ارزیابی قرار می‌دهد. این مقیاس با نمره دهی از ۰ تا ۱۹۹ (نمره بالاتر وضعیت بیماری شدیدتر)، به پزشکان و پژوهشگران کمک می‌کند تا وضعیت بیمار را پایش کرده و اثر بخشی درمان‌ها و مداخلات را بررسی نمایند.

*گروه کنترل*

گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکردند و فقط در فعالیت‌های روزمره خود شرکت داشتند. برای کاهش سوگیری، به جای آب هیدروژنه، آب معمولی (به عنوان پلاسبو) در ظروفی مشابه به گروه کنترل داده شد، اما بیماران از طبیعت پلاسبو مطلع نبودند.

*روش تجزیه تحلیل داده‌ها*

آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها به کار گرفته شد و از آمار استنباطی برای مقایسه گروه‌ها با هم استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و برای بررسی تفاوت مقادیر پیش آزمون و پس‌آزمون در هر گروه از آزمون T همبسته استفاده شد. هم‌چنین برای ارزیابی فرضیه برابری واریانس‌ها از آزمون لوین و برای خنثی سازی اثر پیش آزمون، مشخص شدن اثر مستقل/تعاملی و همچنین با توجه به ارتباط بین متغیرهای پژوهش حاضر، آزمون واریانس دوطرفه چند متغیره (ANCOVA) و آزمون تعقیبی LSD به کار گرفته شد. سطح معنی‌داری در تمام آنالیزهای آماری $P\leq$ ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ و برای رسم نمودارها از نرم افزار GraphPad Prism نسخه ۱۰، استفاده شد.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

## یافته ها

اطلاعات مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی در جدول شماره ۲، به‌صورت انحراف معیار ± میانگین آورده شده است. مقایسه چهار گروه از طریق آزمون تحلیل واریانس یک راهه انجام شد که نتایج این آزمون نشان داد که چهار گروه از لحاظ ویژگی‌های فردی همسان هستند.

**جدول شماره ۲**: میانگین و انحراف معیار مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

| گروه متغیر | تمرین هوازی | آب هیدروژنه | تمرین هوازی+ آب هیدروژنه | گروه کنترل | سطح معنی داری |
|---|---|---|---|---|---|
| سن (سال) | ۵۹/۷۱±۷/۱۱ | ۶۰/۸۷±۵/۴۱ | ۵۹/۵۷±۴/۵۴ | ۶۰/۴۲±۳/۹۵ | ۰/۹۳۰ |
| قد (سانتی متر) | ۱۷۰/۵۷±۴/۳۵ | ۱۷۱/۶۲±۴/۱۷ | ۱۷۱/۵۷±۷/۰۹ | ۱۷۳/۲۸±۵/۴۶ | ۰/۶۹۰ |
| وزن (کیلوگرم) | ۸۰/۷۱±۱۰/۳۸ | ۸۴/۵۰±۱۱/۹۸ | ۷۹/۵۷±۱۲/۰۳ | ۸۴/۱۴±۱۰/۲۲ | ۰/۸۰۵ |
| شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر۲) | ۲۷/۶۹±۲/۹۲ | ۲۸/۵۷±۲/۹۲ | ۲۶/۹۳±۲/۸۶ | ۲۸/۰۶±۳/۷۵ | ۰/۶۱۴ |

*اثر مداخلات تمرین هوازی و آب هیدروژنه بر غلظت سرمی IL-6 در بیماران مبتلا به پارکینسون*

با توجه به جدول شماره ۳، نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان داد که در پس‌آزمون پس از کنترل اثر پیش آزمون، غلظت IL-6 سرم بیماران مبتلا به پارکینسون در گروه تمرین هوازی+ آب هیدروژنه از سه گروه دیگر به‌طور معنی‌داری کم‌تر است (P≤۰/۰۵)، هم‌چنین دو گروه آب هیدروژنه و تمرین هوازی نیز غلظت IL-6 سرم کم‌تری را در پس‌آزمون نسبت به گروه کنترل داشتند (P≤۰/۰۵). ولی بین دو گروه آب هیدروژنه و تمرین هوازی تفاوت معنی‌داری در پس‌آزمون در غلظت IL-6 سرم در بیماران مبتلا به پارکینسون دیده نشد (P>۰/۰۵).

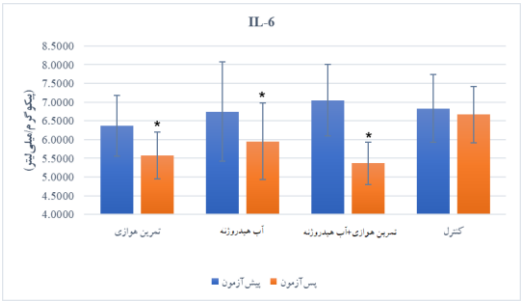
نتایج آزمون T همبسته نشان داد که در گروه‌های تمرین هوازی (P=۰/۰۱۲)، آب هیدروژنه (P=۰/۰۰۷) و تمرین هوازی+ آب هیدروژنه (P=۰/۰۰۰۱) در نتایج مربوط به غلظت IL-6 سرم در بیماران مبتلا به پارکینسون تغییرات معنی‌داری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون (نمودار شماره ۱) رخ داده است (P≤۰/۰۵).

غلظت سرمی در گروه‌های بیان شده روند کاهشی داشتند، ولی در گروه کنترل تغییر معنی‌داری (P=۰/۶۱۵) در غلظت IL-6 سرم در بیماران مبتلا به پارکینسون بین مراحل مختلف پژوهش دیده نشد (P>۰/۰۵).

**جدول شماره ۳**: نتایج آزمون تعقیبی LSD مربوط به غلظت سرمی IL-6 بیماران مبتلا به پارکینسون

| متغیر | گروه | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|
| IL-6 | تمرین هوازی | آب هیدروژنه | -۰/۱۵۷ | ۰/۵۴۶ |
| | | تمرین هوازی+آب هیدروژنه | ۰/۶۱۱ | ۰/۰۳۳* |
| | | کنترل | -۰/۸۲۴ | ۰/۰۰۵* |
| | آب هیدروژنه | تمرین هوازی+آب هیدروژنه | ۰/۷۶۸ | ۰/۰۰۶* |
| | | کنترل | -۰/۶۶۸ | ۰/۰۱۵* |
| | تمرین هوازی+آب هیدروژنه | کنترل | -۱/۴۳۶ | ۰/۰۰۰۱* |

*: معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵




*: تفاوت معنی‌دار در سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵

**نمودار شماره ۱**: مقادیر پیش آزمون و پس آزمون غلظت سرمی IL-6 بیماران مبتلا به پارکینسون

نتایج جدول شماره ۴، اندازه اثر برای گروه‌های تمرین هوازی (۰/۲۵)، آب هیدروژنه (۰/۱۵) و ترکیبی (۰/۴۹) نشان دهنده تأثیر متوسط تا قوی مداخلات بر IL-6 است، در حالی که گروه کنترل (۰/۰۴) اثر ناچیزی دارد. گروه ترکیبی با اندازه اثر بالاتر، تأثیر بیش‌تری نشان می‌دهد.

*اثر مداخلات تمرین هوازی و آب هیدروژنه بر غلظت سرمی TNF-α در بیماران مبتلا به پارکینسون*

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان داد که در پس‌آزمون پس از کنترل اثر پیش آزمون، غلظت TNF-α سرم بیماران مبتلا به پارکینسون در گروه تمرین هوازی+ آب هیدروژنه از سه گروه دیگر به‌طور معنی‌داری کم‌تر است (P≤۰/۰۵)، هم‌چنین دو گروه آب هیدروژنه و تمرین هوازی نیز غلظت TNF-α سرم کم‌تری را در پس‌آزمون نسبت به گروه کنترل داشتند (P≤۰/۰۵). ولی بین دو گروه آب هیدروژنه و تمرین هوازی تفاوت معنی‌داری در پس‌آزمون در غلظت TNF-α سرم در بیماران مبتلا به پارکینسون مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول شماره ۵).

**جدول شماره ٤:** خلاصه نتایج آزمونT همبسته مربوط به غلظت IL-6 سرم بیماران مبتلا به پارکینسون

| متغیر | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی داری | اثر اندازه |
|---|---|---|---|---|
| IL-6 (پیکوگرم/میلی‌لیتر) | تمرین هوازی | ۰/۷۹۳۸۶ | ۰/۰۱۲* | ۰/۲۵ |
| | آب هیدروژنه | ۰/۷۹۰۰۰ | ۰/۰۰۷* | ۰/۱۵ |
| | تمرین هوازی+ آب هیدروژنه | ۱/۶۸۲۴۹ | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۴۹ |
| | کنترل | ۰/۱۵۸۵۷ | ۰/۶۱۵ | ۰/۰۴ |

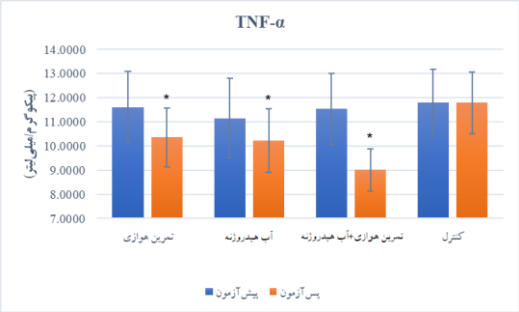
*: معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵

**جدول شماره ٥:** نتایج آزمون تعقیبی LSD مربوط به غلظت سرمی TNF-α

| متغیر | گروه | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|
| TNF-α | تمرین هوازی | آب هیدروژنه | -۰/۱۶۲ | ۰/۶۸۴ |
| | | تمرین هوازی+ آب هیدروژنه | ۱/۲۸۸ | ۰/۰۰۴* |
| | | کنترل | -۱/۳۲۶ | ۰/۰۰۳* |
| | آب هیدروژنه | تمرین هوازی+ آب هیدروژنه | ۱/۴۴۹ | ۰/۰۰۱* |
| | | کنترل | -۱/۱۶۵ | ۰/۰۰۷* |
| | تمرین هوازی+ آب هیدروژنه | کنترل | -۲/۶۱۴ | ۰/۰۰۰۱* |

*: معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵

نتایج آزمونT همبسته نشان داد که در گروه‌های تمرین هوازی (P=۰/۰۱۰)، آب هیدروژنه (P=۰/۰۰۱) و تمرین هوازی + آب هیدروژنه (P=۰/۰۰۰۱) در نتایج مربوط به غلظت TNF-α سرم در بیماران مبتلا به پارکینسون تغییرات معنی‌داری از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون (نمودار شماره ۲) رخ داده است (P≤۰/۰۵). روند کاهشی در غلظت TNF-α در گروه‌های اشاره شده مشاهده شد، ولی در گروه کنترل تغییر معنی‌داری در غلظت TNF-α سرم در بیماران مبتلا به پارکینسون بین مراحل مختلف پژوهش دیده نشد (P>۰/۰۵).




*: تفاوت معنی‌دار در سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵

**نمودار شماره ۲:** مقادیر پیش آزمون و پس آزمون غلظت سرمی TNF-α بیماران مبتلا به پارکینسون

نتایج جدول شماره ۶، اندازه اثر برای گروه‌های تمرین هوازی (۰/۰۲)، آب هیدروژنه (۰/۰۳) و کنترل (۰/۰۱) نشان دهنده تأثیر بسیار ناچیز مداخلات بر TNF-α است، اما گروه ترکیبی (۰/۱۰) اثر کوچک تا متوسطی دارد، که نشان می‌دهد ترکیب مداخلات تأثیر بیش‌تری نسبت به سایر گروه‌ها دارد.

**جدول شماره ٦:** خلاصه نتایج آزمونT همبسته مربوط به غلظت TNF-α سرم بیماران مبتلا به پارکینسون

| متغیر | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی‌داری | اندازه اثر |
|---|---|---|---|---|
| TNF-α (پیکوگرم/میلی‌لیتر) | تمرین هوازی | ۱/۲۶۰۰۰ | ۰/۰۱۰* | ۰/۰۲ |
| | آب هیدروژنه | ۰/۹۲۱۲۵ | ۰/۰۰۱* | ۰/۰۳ |
| | تمرین هوازی+ آب هیدروژنه | ۲/۵۱۵۷۱ | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۱۰ |
| | کنترل | ۰/۰۰۵۷۱ | ۰/۹۹۰ | ۰/۰۱ |

*: معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵

*اثر مداخلات تمرین هوازی و آب هیدروژنه بر مولفه‌های پرسشنامه UPDRS در بیماران مبتلا به پارکینسون*

نتایج آزمون تعقیبی LSD در علائم بالینی نشان داد که گروه تمرین هوازی+آب هیدروژنه کم‌ترین علائم بالینی را داشتند (P≤۰/۰۵). گروه تمرین هوازی در پس آزمون علائم بالینی کم‌تری نسبت به گروه کنترل دارد (P=۰/۰۳۸) (جدول شماره ۷).



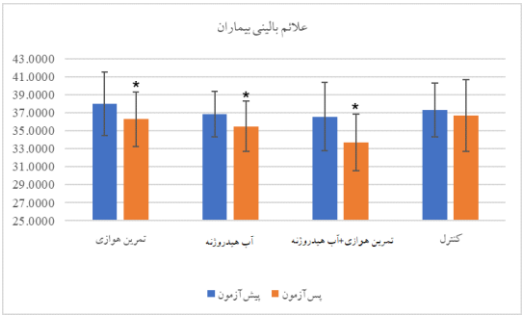
[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

**جدول شماره ۷:** نتایج آزمون تعقیبی LSD مربوط به علائم بالینی بیماران پارکینسون

| متغیر | گروه | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|
| علائم بالینی بیماران | تمرین هوازی | آب هیدروژنه | -۰/۳۰۱ | ۰/۵۴۹ |
| | | تمرین هوازی+آب هیدروژنه | ۱/۱۹۱ | ۰/۰۲۹* |
| | | کنترل | -۱/۱۱۹ | ۰/۰۳۸* |
| | آب هیدروژنه | تمرین هوازی+آب هیدروژنه | ۱/۴۹۲ | ۰/۰۰۶* |
| | | کنترل | -۰/۸۱۷ | ۰/۱۰۹ |
| | تمرین هوازی+آب هیدروژنه | کنترل | -۲/۳۱۰ | ۰/۰۰۰۱* |

*: معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵

نتایج آزمونT همبسته نشان داد (نمودار شماره ۳)، بیش‌ترین کاهش علائم بالینی در پس آزمون گروه هوازی+آب هیدروژنه مشاهده شد (P=۰/۰۰۰۱)، همچنین تفاوت معنی‌داری در کاهش علائم بالینی در پس آزمون گروه‌های تمرین هوازی (P=۰/۰۰۱) و آب هیدروژنه (P=۰/۰۰۴) وجود داشت.




*: تفاوت معنی‌دار در سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵

**نمودار شماره ۳:** اطلاعات مربوط به علائم بالینی بیماران

علائم بالینی بیماران مبتلا به پارکینسون با استفاده از امتیاز کلی مقیاس UPDRS ارزیابی شد، که شامل مولفه‌های حرکتی (مانند لرزش، سفتی، برادی‌کینزی، اختلالات تعادل) و غیر حرکتی (مانند خلق، خواب، درد) است. نتایج تحلیل کوواریانس پس از کنترل اثر پیش آزمون نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. آزمون T همبسته نشان داد که تغییرات درون گروهی در گروه‌های مداخله‌ای (تمرین هوازی: P= ۰/۰۰۱، آب هیدروژنه: P= ۰/۰۰۴، ترکیبی: P<۰/۰۰۰۱) معنی‌دار بود، اما در گروه کنترل تغییری دیده نشد (P= ۰/۲۸۰، جدول شماره ۸). به دلیل محدودیت داده‌ها، تحلیل تفکیکی زیرمقیاس‌های UPDRS انجام نشد، اما انتظار می‌رود بهبود عمدتاً در علائم حرکتی مانند برادی‌کینزی و سفتی رخ داده باشد.

**جدول شماره ۸:** خلاصه نتایج آزمون T همبسته مربوط به علائم بالینی بیماران مبتلا به پارکینسون

| متغیر | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی داری | اندازه اثر |
|---|---|---|---|---|
| علائم بالینی بیماران | تمرین هوازی | ۱/۷۱۴۲۹ | ۰/۰۰۱* | ۰/۱۲ |
| | آب هیدروژنه | ۱/۳۷۵۰۰ | ۰/۰۰۴* | ۰/۱۱ |
| | تمرین هوازی+ آب هیدروژنه | ۲/۸۵۷۱۴ | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۱۹ |
| | کنترل | ۰/۵۷۱۴۳ | ۰/۲۸۰ | ۰/۰۳ |

*: معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵

## بحث

پژوهش حاضر نشان می دهد که هر سه گروه مداخله (تمرین هوازی، آب هیدروژنه و ترکیب تمرین هوازی + آب هیدروژنه) در مقایسه با گروه کنترل، کاهش معنی‌داری در غلظت سرمی IL-6 و TNF-α از پیش‌آزمون به پس‌آزمون داشتند. همچنین، گروه ترکیبی تمرین هوازی + آب هیدروژنه در مقایسه با سایر گروه‌ها، کاهش بیش‌تری در سطوح این سایتوکاین‌های پیش التهابی و التهابی نشان داد. این تغییرات می‌تواند ناشی از تعدیل مسیرهای سیگنالی (مانند مسیر سیگنالی: PI3K/Akt/GSK-3β) نیز باشد(۲۱). نقش IL-6 در بیماری پارکینسون بحث برانگیز بوده است و در پژوهش‌ها افزایش IL-6 در ناحیه نیگروستریاتال پس از مرگ مغزی و در مایع مغزی نخاعی (CSF) در بیماران پارکینسون (از دست دادن نورون‌های دوپامینرژیک) که لرزش در حالت استراحت، سفتی عضلانی، راه رفتن نامنظم، و برادی‌کینزی (کندی حرکات) داشتند، مشاهده شده است(۳۲- ۲۹). اختلال در تنظیم و غلظت IL-6 به عنوان یک پیش‌آگهی و عامل مهم در اختلالات عصبی و نرودژنراتیو مانند بیماری پارکینسون شناخته می‌شود(۳۳، ۳۴). پژوهش Pons-Espinal و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد، سیتوکین IL-6 به میزان زیادی

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

از آستروسیت‌های القا کننده پارکینسون بیان می‌شود و این افزایش بیان موجب سمیت در دوپامین مغز میانی می‌شود. مسدود کردن گیرنده IL-6 (IL-6R) از مرگ نورونی پارکینسون جلوگیری کرد(۳۳). IL-6 از نظر عملکردی به عنوان یک سایتوکین چند وجهی در فرآیندهای فیزیولوژیکی شناخته می‌شود. به طور کلی در فرآیندهای التهابی مزمن و حاد سطوح آن تمایل به افزایش دارد. همچنین IL-6 یک مولکول سیگنالینگ مهم در طول فعالیت ورزشی است که به طور حاد از سلول‌های عضلانی در حال تمرین با افزایش شدت، مدت زمان ورزش و تخلیه گلیکوژن عضلات آزاد می‌شود(۳۵). Nash و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی مروری سیگنالینگ IL-6 در تمرین حاد مانند دوچرخه سواری، دویدن، پیاده روی، تمرینات قدرتی (باز کردن زانو) و تمرین مزمن مانند دویدن، تمرینات اینتروال شدت بالا (HIIT) و تمرینات قدرتی و پیامدهای بالقوه آن برای سلامت و عملکرد ورزشی را بررسی کردند. نتایج نشان داد، IL-6 به‌طور حاد توسط عضله در حال کار تولید می‌شود و میزان این پاسخ به شدت ورزش، مدت زمان ورزش و محتوای گلیکوژن عضله بستگی دارد. از دیدگاه درمانی و بالینی، برنامه‌های تمرینی طولانی مدت می‌توانند به کاهش سطح مزمن IL-6 و sIL-6R پلاسما کمک کنند و بنابراین در محافظت از پیشرفت بیماری‌های التهابی مزمن یا حتی معکوس کردن آن نقش دارند(۳۵). شوبیری و همکاران (۲۰۲۲) در یک متاآنالیز پاسخ‌های IL-6 و TNF-α به ورزش حاد و منظم در افراد بالغ مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس (MS) را گزارش کردند. نتایج این متاآنالیز نشان داد فعالیت بدنی در افراد سالم و افراد مبتلا به اختلالات نورودژنراتیو سطح TNF-α و IL-6 خون آن‌ها را تغییر نداد که با نتایج پژوهش حاضر غیر همسو بود(۳۶). بر اساس این نتایج فعالیت ورزشی می‌تواند اثرات منفی ناشی از بیماری‌های نورودژنراتیو را کاهش دهد، همچنین کاهش در سطوح TNF-α نیز مشاهده شد. Landers و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با موضوع تمرین هوازی چند وجهی با شدت بالا در مقابل تمرین هوازی با شدت پایین برای ۲۷ بیمار مبتلا به پارکینسون (۱۹ مرد و هشت زن، سن ۴۵ تا ۸۵ سال)، که یک کارآزمایی بالینی تصادفی بود، انجام دادند. تعادل، فعالیت حرکتی، استقامت و خستگی، سلامت روان و کیفیت زندگی اندازه‌گیری شدند، برای بررسی مکانیسم‌های تعدیل کننده بیماری شاخص های BDNF همراه با ژنوتیپ آن، TNF-α، IL-6، IL-10 و SOD مورد بررسی قرار گرفتند. هشت هفته تمرین هوازی چند وجهی با شدت بالا (راه رفتن روی تردمیل با ۸۰-۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب تخمینی) بر روی سایتوکین‌های IL-6 و TNF-α در بیماران مبتلا به پارکینسون اثری نداشت. اما پس از شش ماه پایش بیماران، سطوح IL-6 کاهش و TNF-α افزایش معنی‌داری نشان دادند. هر دو گروه افزایش سطح فاکتور BDNF و بهبود محیط ضد التهابی را نشان دادند که نشان دهنده اثرات محافظت عصبی بالقوه است. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد تمرینات با شدت بالا می‌تواند برای بیماران مبتلا به پارکینسون امکان‌پذیر و ایمن باشد که با پژوهش حاضر غیر همسو بود(۳۷). این تفاوت می‌تواند مربوط به فرکانس و شدت تمرین باشد، هم‌چنین پایش شش ماهه در مطالعه لاندر و همکاران تفاوت در یافته‌ها را داشته است. کاهش التهاب ناشی از تمرین هوازی احتمالا می‌تواند مربوط به سازگاری به تمرین(در مدت شش ماه) و در نتیجه آن کاهش التهاب سیستمیک باشد و یا بر اثر افزایش سطوح فاکتور BDNF و کاهش مسیرهای آپوپتوزی سلولی باشد، که در پژوهش‌ها مشاهده شده است(۱۷، ۳۰، ۳۸، ۳۹). با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده افزایش IL-6 در بیماری‌های نورودژنراتیو و به‌طور ویژه بیماری پارکینسون می‌تواند سمیت نورونی ایجاد کند و احتمالا پیشرفت بیماری را بیش‌تر کند و در نقطه مقابل کاهش این فاکتور منجر به بهبود عملکرد سلولی و نورونی شود.

سطوح TNF-α در پاسخ به فعالیت ورزشی بحث برانگیز بوده است. شش هفته تمرینات استقامتی تناوبی با شدت بالا، BDNF، TNF-α، GDNF و H2O2 در مغز

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

موش‌ها را افزایش داد که با پژوهش حاضر غیر همسو بود(۴۰). این اختلاف نتایج می‌تواند در نوع مطالعه حیوانی و همچنین پروتکل تمرینی باشد. در پژوهشی دیگر شش هفته تمرین تناوبی شدت بالا منجر به افزایش FRAP (سنجش قدرت آنتی اکسیدانی کاهنده فریک )، BDNF، SOD و CAT با کاهش سطوح IL-6، IL-10 و TNF-α در بافت هیپوکامپ رت‌ها شد(۳۹). تمرین استقامتی با افزایش فاکتورهایی مانند Nrf2 به طور مستقیم و غیر مستقیم بر روی تنظیم بیان ژن آنتی‌اکسیدانی و پیش التهابی اثرگذار هستند و همچنین سطوح سایتوکاین‌ها را نیز تعدیل می‌کند. نتایج تمرینات استقامتی و به طور کلی انقباض عضلانی با کاهش بیان TNF-α همراه بود(۴۱). آب هیدروژنه می‌تواند به عنوان یک عامل آنتی اکسیدانی و ضد التهابی عمل کند و روند و عوارض ناشی از بیماری پارکینسون را تعدیل کند و یا پیشگیری از مرگ نورونی را به همراه داشته باشد(۲، ۹). هیدروژن به‌عنوان آنتی‌اکسیدان می‌تواند، گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)( Reactive Oxygen Species) را خنثی و از مرگ نورون‌ها جلوگیری کند(۱۱، ۱۶). Hong و همکاران (۲۰۲۱) اثرات استفاده همزمان از آب هیدروژنه و لیزر درمانی سطح پایین (PBM) بر بیماری پارکینسون را بررسی کردند. ۱۸ بیمار مبتلا به پارکینسون (سن ۳۰ تا ۸۰ سال) را که در مراحل II و III بیماری هوهن و یاهر بودند، وارد مطالعه شدند. همه شرکت‌کنندگان به مدت ۲ هفته تحت درمان روزانه PBM + H2 قرار گرفتند. عوارض جانبی و نمرات مقیاس رتبه‌بندی یکپارچه بیماری پارکینسون (UPDRS) ثبت شد. نتایج نشان داد، نمرات UPDRS از هفته اول به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و این بهبود تا پایان درمان ادامه داشت. علاوه بر این، هیچ عارضه جانبی ثبت نشد. پس از ۱ هفته قطع درمان، نمرات UPDRS کمی افزایش یافت، اما بهبود در مقایسه با حالت پایه معنی‌دار باقی ماند. این پژوهش نشان داد رژیم آب هیدروژنه به همراه PBM برای بیماران پارکینسون ایمن می‌باشد(۱۶). این نتایج با پژوهش حاضر همسو بود. یک مطالعه تصادفی، دوسوکور چند مرکزی آب هیدروژنه برای بیماری پارکینسون توسط Yoritaka و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد. جامعه آماری از ۱۴ بیمارستان ژاپن با ۱۷۸ بیمار (۹۳ زن، ۸۵ مرد) مبتلا به PD که لوودوپا مصرف نمی‌کردند، انجام شد. بیماران به‌صورت تصادفی (۱:۱) به دو گروه آب هیدروژنه (۱۰۰۰ میلی‌لیتر روزانه) و دارونما تقسیم شدند. معیارهای ورود، تصادفی‌سازی، کورسازی و تحلیل‌های آماری انجام شد. پس از ۷۲ هفته، هیچ تفاوت معنی‌داری در نمرات UPDRS، رتبه‌بندی هوهن و یار (Hoehn و Yahr) یا کیفیت زندگی (PDQ-39) بین دو گروه مشاهده نشد. مصرف آب هیدروژنه ایمن بود، اما اثری بر بهبود PD نداشت. محدودیت‌ها شامل عدم ثبت‌نام بیماران در مراحل بسیار اولیه یا پیشرفته PD و عدم ارزیابی نمرات در حالت "خاموش " بود. پژوهش‌ها در زمینه آب هیدروژنه و بیماری پارکینسون بیش‌تر به صورت جداگانه انجام شده است و مداخله تمرینی کم‌تر دیده می‌شود(۱۴). نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر غیر همسو بود که این تفاوت می‌تواند مربوط به تعداد جامعه آماری و مراحل بیماران شرکت‌کننده در پژوهش باشد. به‌طور کلی با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده به نظر می‌رسد استفاده همزمان تمرین استقامتی و آب هیدروژنه می‌تواند اثرات سینرژیک داشته باشد. هم‌چنین با توجه به نتایج پرسشنامه علائم بالینی بیش‌ترین کاهش علائم بالینی در گروه هوازی+آب هیدروژنه مشاهد شد. در همین راستا می‌توان بیان کرد، کاهش در سطوح سایتوکاین‌های التهابی و پیش التهابی (مانند: IL-6 و TNF-α) با کاهش در سمیت دوپامینرژیکی، علائم غیر حرکتی (مانند خلق و خو و خواب) و علائم حرکتی (مانند: سفتی و لرزش) رابطه مستقیم دارند. از این رو در این پژوهش تمرین هوازی همراه با آب هیدروژنه اثر هم‌افزایی بر بهبود علائم بالینی بیماران مبتلا به پارکینسون را نشان داد. اما

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

محدودیت در جامعه آماری و همچنین کوتاه بودن پروتکل تمرین هوازی و آب هیدروژنه در پژوهش حاضر نشان دهنده آن است که پژوهش‌های بیش‌تری در این زمینه باید انجام شود تا به یک جمع بندی کامل‌تری رسید.

انجام تمرینات هوازی به همراه آب هیدروژنه صرف نظر از نوع تمرین یا فعالیت ورزشی، می‌تواند فعالیت التهابی میکروگلیا را تعدیل و کاهش دهد، که مسئول تولید سایتوکاین‌های پیش التهابی IL-6 و TNF-α است. در بیماری پارکینسون، فعالیت ورزشی برای بازسازی نورون های دوپامینرژیک، کاهش پارامترهای التهابی و فعالیت التهابی حیاتی است. بنابراین، پژوهش حاضر اثرات ضد التهابی تمرین هوازی و آب هیدروژنه را در آسیب‌شناسی عصبی بیماری پارکینسون نشان می‌دهد. این امر می‌تواند از طریق مهار فنوتیپ‌های التهابی میکروگلیا رخ دهد که منجر به اثر محافظت کننده عصبی می‌شود. تمرینات ورزشی می‌تواند به عنوان یک کمک درمان موثر در مهار و یا کاهش آسیب‌های نورونی در مراکز بالینی پیشنهاد شود.

## سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از رساله دورهٔ دکتری فیزیولوژی ورزشی است، که در واحد تهران شمال دانشگاه آزاد اسلامی اجرا گردید. بدین‌وسیله از کلیه‌ی افرادی که در انجام تحقیق حاضر همکاری داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

1. Balestrino R, Schapira A. Parkinson disease. European J Neurol 2020; 27(1): 27-42. PMID: 31631455.
2. Tanner C, Ostrem J. Parkinson’s Disease. New England J Med 2024; 391(5): 442-452. PMID: 39083773.
3. Nutt J, Wooten G. Diagnosis and Initial Management of Parkinson's Disease. New England J Med 2005; 353(10): 1021-1027. PMID: 16148287.
4. Rogers J, Mastroeni D, Leonard B, Joyce J, Grover A. Neuroinflammat in Alzheimer's Disease and Parkinson's Disease: Are Microglia Pathogenic in Either Disorder? Int Rev Neurobiol 2007: 235-246. PMID: 17678964.
5. Stebbins G, Goetz C, Burn D, Jankovic J, Khoo T, Tilley B. How to identify tremor dominant and postural instability/gait difficulty groups with the movement disorder society unified Parkinson's disease rating scale: Comparison with the unified Parkinson's disease rating scale. Mov Disord 2013; 28(5): 668-670. PMID: 23408503.
6. Angelopoulou E, Koros C, Stanitsa E, Stamelos I, Kontaxopoulou D, Fragkiadaki S, et al. Neurological Examination via Telemedicine: An Updated Review Focusing on Movement Disorders. Medicina 2024; 60(6): 958. PMID: 38929575.
7. Kraft C, Reggiori F, Peter M. Selective types of autophagy in yeast. Biochimica Et Biophysica Acta Bba Mol Cell Res 2009; 1793(9): 1404-1412. PMID: 19264099.
8. Kuhlman G, Auinger P, Duff-Canning S, Lang A, Tanner C, Marras C. Non-steroidal anti-inflammatory drug use and markers of Parkinson's disease progression: A retrospective cohort study. J Neurolog Sci 2023; 454: 120822. PMID: 37839283.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

9. Kobayashi Y, Imamura R, Koyama Y, Kondo M, Kobayashi H, Nonomura N, et al. Renoprotective and neuroprotective effects of enteric hydrogen generation from Si-based agent. Sci Reports 2020; 10(1):. PMID: 32246095.
10. Sim M, Kim C, Shon W, Lee Y, Choi E, Shin D. Hydrogen-rich water reduces inflammatory responses and prevents apoptosis of peripheral blood cells in healthy adults: a randomized, double-blind, controlled trial. Sci Rep 2020; 10(1):. PMID: 32699287.
11. Kura B, Slezak J. The Protective Role of Molecular Hydrogen in Ischemia/Reperfusion Injury. Int J Mol Sci 2024; 25(14): 7884. PMID: 39063126.
12. Nascimento G, Santos B, Pedrazzi J, Silva-Amaral D, Bortolanza M, Harris G, et al. Effects of hydrogen gas inhalation on L-DOPA-induced dyskinesia. Brain Behavior Amp Immunity Health 2023; 30: 100623. PMID: 37096172.
13. Fujita K, Seike T, Yutsudo N, Ohno M, Yamada H, Yamaguchi H, et al. Hydrogen in Drinking Water Reduces Dopaminergic Neuronal Loss in the 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine Mouse Model of Parkinson's Disease. Plos One 2009; 4(9): e7247. PMID: 19789628.
14. Yoritaka A, Ohtsuka C, Maeda T, Hirayama M, Abe T, Watanabe H, et al. Randomized, double-blind, multicenter trial of hydrogen water for Parkinson's disease. Mov Disord 2018; 33(9): 1505-1507. PMID: 30207619.
15. Siracusa R, Scuto M, Fusco R, Trovato A, Ontario M, Crea R, et al. Anti-inflammatory and Anti-oxidant Activity of Hidrox® in Rotenone-Induced Parkinson's Disease in Mice. Antioxid 2020; 9(9): 824. PMID: 32899274.
16. Hong C, Hu C, Lin H, Wu D. Effects of concomitant use of hydrogen water and photobiomodulation on Parkinson disease. Med 2021; 100(4): e24191. PMID: 33530211.
17. Al-Jarrah M, Erekat N. Endurance exercise training suppresses Parkinson disease-induced overexpression of apoptotic mediators in the heart. Neurorehabilit 2021; 48(3): 315-320. PMID: 33814475.
18. Sanaeifar F, Pourranjbar S, Pourranjbar M, Ramezani S, Mehr S, Wadan A, et al. Beneficial effects of physical exercise on cognitive-behavioral impairments and brain-derived neurotrophic factor alteration in the limbic system induced by neurodegeneration. Exp Gerontol 2024; 195: 112539. PMID: 39116955.
19. Park S, Yong M, Na S. Effect of exercise on the expression of nerve growth factor in the spinal cord of rats with induced osteoarthritis. J Phys Ther Sci 2015; 27(8): 2551-2554. PMID: 26357438.
20. Chen J, Zhou R, Feng Y, Cheng L. Molecular mechanisms of exercise contributing to tissue regeneration. Signal Transduct Target Ther 2022; 7(1):. PMID: 36446784.
21. Peng Y, Chi R, Liu G, Tian W, Zhang J, Zhang R. Aerobic Exercise Regulates Apoptosis through the PI3K/Akt/GSK-3β Signaling Pathway to Improve Cognitive Impairment in Alzheimer's Disease Mice. Neural Plastic 2022; 2022: 1-12. PMID: 36124291.
22. 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

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

with Parkinson’s disease. Npj Parkinson S Disease 2022; 8(1):. PMID: 36316416.

23. Yoritaka A, Takanashi M, Hirayama M, Nakahara T, Ohta S, Hattori N. Pilot study of H<sub>2</sub> therapy in Parkinson's disease: A randomized double-blind placebo-controlled trial. Movement Disorders 2013; 28(6): 836-839. PMID: 23400965.
24. Ishaq S, Shah I, Lee S, Wu B. Effects of exercise training on nigrostriatal neuroprotection in Parkinson’s disease: a systematic review. Frontiers Neuroscience 2025; 18. PMID: 39844853.
25. Małczyńska-Sims P, Chalimoniuk M, Sułek A. The Effect of Endurance Training on Brain-Derived Neurotrophic Factor and Inflammatory Markers in Healthy People and Parkinson's Disease. A Narrative Review. Frontiers Physiology 2020; 11. PMID: 33329027.
26. Szymura J, Kubica J, Wiecek M, Pera J. The Immunomodulary Effects of Systematic Exercise in Older Adults and People with Parkinson’s Disease. J Clin Med 2020; 9(1): 184. PMID: 31936624.
27. WHITFIELD G, RIEBE D, MAGAL M, LIGUORI G. Applying the ACSM Preparticipation Screening Algorithm to U.S. Adults. Med Amp Sci Sports Amp Exercise 2017; 49(10): 2056-2063. PMID: 28557860.
28. Sadeghi F, Banai J, Eftekhari ghinani E, Keshavarz S. Changes in Oxidant–Antioxidant Status of Hippocampal Tissue Following Eight Weeks of Aerobic Exercise and Vitamin E Supplementation in Reserpine-Induced Parkinsonian Rats. Int J Sport Studies Health 2025; 8(1): 86-93.
29. Selikhova M, Kushlinskii N, Lyubimova N, Gusev E. Impaired Production of Plasma Interleukin-6 in Patients with Parkinson's Disease. Bulletin Exp Biol Med 2002; 133(1): 81-83. PMID: 12170314.
30. 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-1β levels in people with Parkinson's disease: A randomized controlled study. Exp Gerontol 2021; 150: 111384. PMID: 33965556.
31. Liu T, Chen C, Chang K. Biomarker of Neuroinflammation in Parkinson’s Disease. Int J Mol Sci 2022; 23(8): 4148. PMID: 35456966.
32. Mohamed W, Kumar J, Alghamdi B, Soliman A, Toshihide Y. Neurodegeneration and inflammation crosstalk: Therapeutic targets and perspectives. Ibro Neurosci Rep 2023; 14: 95-110. PMID: 37388502.
33. Pons-Espinal M, Blasco-Agell L, Fernandez-Carasa I, Andrés-Benito P, di Domenico A, Richaud-Patin Y, et al. Blocking IL-6 signaling prevents astrocyte-induced neurodegeneration in an iPSC-based model of Parkinson’s disease. Jci Insight 2024; 9(3):. PMID: 38329129.
34. Kerkis I, Silva Á, Araldi R. The impact of interleukin-6 (IL-6) and mesenchymal stem cell-derived IL-6 on neurological conditions. Front Immunol 2024; 15. PMID: 39015561.
35. Nash D, Hughes M, Butcher L, Aicheler R, Smith P, Cullen T, et al. <scp>IL</scp>-6 signaling in acute exercise and chronic training: Potential consequences for health

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

and athletic performance. Scandinavian J Med Amp Sci Sports 2023; 33(1): 4-19. PMID: 36168944.

36. Shobeiri P, Seyedmirzaei H, Karimi N, Rashidi F, Teixeira A, Brand S, et al. IL-6 and TNF-α responses to acute and regular exercise in adult individuals with multiple sclerosis (MS): a systematic review and meta-analysis. European J Med Res 2022; 27(1). PMID: 36156182.
37. Landers M, Navalta J, Murtishaw A, Kinney J, Pirio Richardson S. A High-Intensity Exercise Boot Camp for Persons With Parkinson Disease: A Phase II, Pragmatic, Randomized Clinical Trial of Feasibility, Safety, Signal of Efficacy, and Disease Mechanisms. J Neurologic Physical Ther 2019; 43(1): 12-25. PMID: 30531382.
38. Ozkul C, Guclu-Gunduz A, Irkec C, Fidan I, Aydin Y, Ozkan T, et al. Effect of combined exercise training on serum brain-derived neurotrophic factor, suppressors of cytokine signaling 1 and 3 in patients with multiple sclerosis. J Neuroimmunolog 2018; 316: 121-129. PMID: 29329698.
39. Freitas D, Rocha-Vieira E, Soares B, Nonato L, Fonseca S, Martins J, et al. High intensity interval training modulates hippocampal oxidative stress, BDNF and inflammatory mediators in rats. Physiol Amp Behav 2018; 184: 6-11. PMID: 29111230.
40. Afzalpour M, Chadorneshin H, Foadoddini M, Eivari H. Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. Physiol Amp Behav 2015; 147: 78-83. PMID: 25868740.
41. Suzuki K, Tominaga T, Ruhee R, Ma S. Characterization and Modulation of Systemic Inflammatory Response to Exhaustive Exercise in Relation to Oxidative Stress. Antioxidants 2020; 9(5): 401. PMID: 32397304.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]