Journal of Applied Exercise Physiology

Volume 22. Issue 43. Spring & Summer 2026. Pages 137 to 153.

Research Paper

# Effects of Eight Weeks of High-Intensity Functional Training on Serum Levels of Mood-Related Neurochemical Markers and Sleep Quality in Women with Polycystic Ovary Syndrome

Mohadeseh Shabani [1], Homa Sheikhani Shahin [*1], Zahra Mosalinejad [1]

[1] Department of Sports Sciences, Shiraz Zand Institute of Higher Education, Shiraz, Iran

10.22080/jaep.2026.31932.2260

Received:
May 27, 2026
Accepted:
September 13, 2026

## Abstract

**Background and Objective:** Polycystic ovary syndrome (PCOS) is one of the most common endocrine disorders among women of reproductive age and is associated with metabolic and hormonal disturbances, as well as psychological problems and sleep disturbances. The present study aimed to investigate the effects of eight weeks of high-intensity functional training (HIFT) on serum levels of neurochemical markers associated with mood regulation and sleep quality in women with PCOS.

**Materials and Methods:** The study population consisted of women with PCOS aged 20–28 years. After screening for eligibility criteria and obtaining written informed consent, 20 volunteers were randomly allocated to either a training group (n = 10) or a control group (n = 10). The training group completed an eight-week HIFT program consisting of three sessions per week, with each session lasting up to 60 minutes. The external training load was individually scaled and adjusted according to each participant's functional capacity and physical fitness level. Serum levels of serotonin, dopamine, and beta-endorphin were measured. Sleep quality was assessed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). Data were analyzed using the Shapiro–Wilk test, paired-samples t-test, and analysis of covariance (ANCOVA).

**Results:** ANCOVA, adjusted for baseline scores, revealed significant between-group differences in serum serotonin ($p = 0.001$), dopamine ($p = 0.001$), and beta-endorphin ($p = 0.001$) levels. However, no significant between-group difference was observed in sleep quality. Additionally, paired-samples t-test results showed significant increases in all three neurochemical markers ($p = 0.001$) and a significant reduction in sleep disturbance scores ($p = 0.002$) from pre- to post-intervention in the HIFT group.

**Conclusion:** Eight weeks of HIFT were associated with increased serum levels of serotonin, dopamine, and beta-endorphin in women with PCOS. These findings suggest a potential effect of HIFT on peripheral neurochemical markers associated with mood regulation. However, despite the within-group reduction in sleep disturbance scores, the absence of a significant between-group difference indicates insufficient evidence to confirm the effectiveness of this intervention in improving sleep quality. Further studies with larger samples and more comprehensive assessments are warranted to investigate the psychological and sleep-related effects of HIFT in women with PCOS.

Keywords:
High-Intensity Functional Training; Mood-Related Neurochemical Markers; Sleep Quality; Polycystic Ovary Syndrome

*Corresponding Author: Homa Sheikhani Shahin
Email: hsheikhani@yahoo.com

Volume 22. Issue 43. Autumn and Winter 2025. Pages 137 to 153.

# Extended Abstract

## 1. Introduction

Polycystic ovary syndrome (PCOS) is a common endocrine and metabolic disorder among women of reproductive age and is associated with hormonal disturbances, psychological problems, and sleep disturbances. Its prevalence has been estimated at approximately 8%–13% (3, 4). Women with PCOS are at an increased risk of depression and anxiety, with depression reported to be two to three times more prevalent in this population than in women without PCOS (5). Alterations in neurochemical systems involved in mood regulation, including serotonergic, dopaminergic, and endogenous opioid pathways, may contribute to these psychological complications (6, 7).

Sleep disturbances, particularly obstructive sleep apnea, are also common in women with PCOS and may adversely affect their health (8). Physical activity is an important non-pharmacological approach to managing PCOS-related complications. Exercise may influence neurochemical markers, including serotonin and endorphins, which are involved in mood regulation (12, 13). However, evidence regarding the effects of high-intensity functional training (HIFT) on mood-related neurochemical markers and sleep quality in women with PCOS remains limited. Therefore, this study aimed to investigate the effects of eight weeks of HIFT on serum serotonin, dopamine, and beta-endorphin levels, as well as sleep quality, in women with PCOS.

## 2. Methods

The statistical population consisted of women with polycystic ovary syndrome (PCOS) residing in Shiraz, Iran, aged 20–28 years. Twenty eligible volunteers who had not participated in regular physical activity during the preceding three months and met the study's health-related eligibility criteria were randomly assigned to either a HIFT group (n = 10) or a control group (n = 10). Written informed consent was obtained from all participants before the study procedures.

The HIFT group participated in an eight-week training program consisting of three sessions per week, with each session lasting up to 60 minutes under the supervision of a qualified coach. The external training load was individually scaled according to each participant's functional capacity and physical fitness level.

Blood samples were collected before and after the intervention, with post-intervention sampling performed 24 hours after the final training session. Blood samples were collected in tubes without anticoagulants and centrifuged at 3,000 rpm for 10 minutes to separate the serum. Serum concentrations of serotonin, dopamine, and beta-endorphin were determined using the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method with commercial kits manufactured by Elabscience. Sleep quality was assessed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI).

Statistical analyses were performed using SPSS software (version 22). The Shapiro–Wilk test was used to assess the normality of data distribution. Within-group changes from pre- to post-intervention were examined using paired-samples t-tests, while between-group differences were assessed using analysis of covariance (ANCOVA), with baseline values included as covariates. The

Volume 22. Issue 43. Spring & Summer 2026. Pages 137 to 153.

statistical significance level was set at $P \leq 0.05$.

## 3. Results

The ANCOVA results, adjusted for baseline values, revealed significant between-group differences in serum serotonin ($F = 26.49$, $P = 0.001$), dopamine ($F = 26.47$, $P = 0.001$), and beta-endorphin levels ($F = 19.00$, $P = 0.001$), favoring the HIFT group. However, no significant between-group difference was observed in sleep quality ($P = 0.8$). Within-group comparisons showed significant increases in serum serotonin, dopamine, and beta-endorphin levels ($P = 0.001$ for all three markers), as well as a significant reduction in sleep disturbance scores ($P = 0.002$) in the HIFT group following the intervention.

## 4. Conclusion

The findings of the present study indicate that eight weeks of high-intensity functional training (HIFT) were associated with significant increases in serum serotonin, dopamine, and beta-endorphin levels in women with polycystic ovary syndrome (PCOS). These findings suggest that HIFT may influence peripheral neurochemical markers associated with mood regulation. However, despite the significant within-group reduction in sleep disturbance scores, the absence of a significant between-group difference provides insufficient evidence to establish the effectiveness of HIFT in improving sleep quality in this population. Although several physiological mechanisms, including changes in tryptophan metabolism, inflammatory processes, and endogenous opioid activity, may potentially contribute to exercise-related changes in these markers, the present study did not directly assess these mechanisms. Furthermore, because central nervous system activity and psychological status were not directly measured, the observed changes in peripheral markers cannot be interpreted as direct evidence of improved mood or altered brain neurotransmission. Future studies involving larger sample sizes, direct psychological assessments, objective sleep measurements, and longer intervention periods are warranted to further investigate the neurochemical and sleep-related responses to HIFT in women with PCOS.

### Funding

This research received no external funding.

### Authors' Contributions

Mohadeseh Shabani contributed to the conceptualization, study design, data collection, and data analysis and interpretation. Homa Sheikhani Shahin contributed to drafting the manuscript and critically revising it for intellectual content. Zahra Mosallanejad contributed to the final approval of the manuscript prior to submission. All authors have read and approved the final version of the manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest regarding this research.

دوره ۲۲. شماره ۴۳. **بهار و تابستان** ۱۴۰۵. صفحات ۱۳۷ تا ۱۵۳.

پژوهشی

# تأثیر هشت هفته تمرینات فانکشنال با شدت بالا بر سطوح سرمی نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با تنظیم خلق‌وخو و کیفیت خواب در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک

محدثه شبانی [۱]، هماشیخانی شاهین [۲*]، زهرا مصلی‌نژاد [۳]

[۱] کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی ، گروه علوم ورزشی، مؤسسه آموزش عالی زند شیراز، شیراز، ایران.
[۲] استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، مؤسسه آموزش عالی زند شیراز، شیراز، ایران.
[۳] استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، مؤسسه آموزش عالی زند شیراز، شیراز، ایران.

10.22080/jaep.2026.31932.2260

تاریخ دریافت:
۰۶ خرداد ۱۴۰۵
تاریخ پذیرش:
۲۲ شهریور ۱۴۰۵

کلیدواژه ها:
تمرینات فانکشنال ، نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با خلق ، کیفیت خواب ، سندروم تخمدان پلی کیستیک

## چکیده

**زمینه و هدف:** سندرم تخمدان پلی‌کیستیک (PCOS) یکی از اختلالات شایع غدد درون‌ریز در زنان سنین باروری است که علاوه بر پیامدهای متابولیکی و هورمونی، می‌تواند با مشکلات روان‌شناختی و اختلالات خواب همراه باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات فانکشنال با شدت بالا (HIFT) بر سطوح سرمی نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با تنظیم خلق و کیفیت خواب در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک بود.
**مواد و روشها:** جامعه آماری شامل زنان مبتلا به PCOS در دامنه سنی ۲۰ تا ۲۸ سال بود. پس از بررسی معیارهای ورود و اخذ رضایت‌نامه کتبی، ۲۰ داوطلب به‌صورت تصادفی در دو گروه تمرین (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تخصیص یافتند. گروه تمرین به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و حداکثر ۶۰ دقیقه در هر جلسه، برنامه تمرینات فانکشنال را اجرا کرد. بار خارجی تمرینات متناسب با توانایی عملکردی و سطح آمادگی جسمانی هر شرکت‌کننده مقیاس‌بندی و تنظیم شد. سطوح سرمی سروتونین، دوپامین و بتااندورفین ا اندازه‌گیری شد. کیفیت خواب نیز با استفاده از پرسشنامه شاخص کیفیت خواب پیتسبورگ (PSQI) ارزیابی گردید. برای تحلیل داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک، آزمون تی زوجی و تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد.
**یافته‌ها:** نتایج تحلیل کوواریانس، با کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون، نشان داد که بین دو گروه تمرین و کنترل از نظر سطوح سروتونین($P=0.001$) ، دوپامین ($P=0.001$) و بتااندورفین ($P=0.001$) تفاوت معناداری وجود داشت. بااین‌حال، تفاوت بین‌گروهی در نمرات کیفیت خواب معنادار نبود همچنین، نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که در گروه تمرین، سطوح هر سه نشانگر نوروشیمیایی افزایش معنادار ($P=0.001$) و نمرات اختلال خواب کاهش معناداری ($P=0.002$) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون داشتند.
**نتیجه گیری:** هشت هفته تمرینات فانکشنال با شدت بالا با افزایش سطوح سرمی سروتونین، دوپامین و بتااندورفین در زنان مبتلا به PCOS همراه بود. این یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر احتمالی این نوع تمرین بر برخی نشانگرهای نوروشیمیایی محیطی مرتبط با تنظیم خلق است. بااین‌حال، با وجود کاهش درون‌گروهی نمرات اختلال خواب، نبود تفاوت معنادار بین‌گروهی نشان می‌دهد که شواهد کافی برای تأیید تأثیر این مداخله بر کیفیت خواب به دست نیامده است. بنابراین، بررسی پیامدهای روان‌شناختی و خواب در مطالعات آینده با نمونه‌های بزرگ‌تر و ارزیابی‌های دقیق‌تر ضروری است.

* **نویسنده مسئول:** هماشیخانی شاهین
**ایمیل:** hsheikhani@yahoo.com

## ۱ مقدمه

سندرم تخمدان پلی‌کیستیک[1] (PCOS) ، شایع‌ترین اختلال غدد درون‌ریز زنان در سنین باروری است که بر اساس معیارهای روتردام با وجود حداقل دو مورد از سه ویژگی شامل اختلال تخمک‌گذاری، هیپرآندروژنیسم بالینی یا بیوشیمیایی و مورفولوژی پلی‌کیستیک تخمدان تشخیص داده می‌شود (۱). همچنین PCOS یک اختلال چندوجهی است که نه تنها از نظر هورمونی و متابولیکی بلکه از طریق پیامدهای عمیق بر سلامت روان و کیفیت خواب، زنان در سنین باروری را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد

(۲،۳)؛ به طوری که شیوع این اختلال در این جمعیت حدود ۸ تا ۱۳ درصد تخمین زده می‌شود (۴). پژوهش‌های اپیدمیولوژیک اخیر نشان داده‌اند زنان مبتلا به PCOS به طور قابل ملاحظه‌ای در معرض اختلالات خلقی از جمله افسردگی و اضطراب قرار دارند و میزان شیوع افسردگی در آنان دو تا سه برابر بیش از جمعیت عمومی هم‌سن و سال گزارش شده است (۵). ریشه‌های این ارتباط پیچیده میان PCOS و اختلالات روانی، به تعامل چندگانه میان سیستم‌های نوروشیمیایی، تنظیم هورمونی، استرس مزمن و تغییرات متابولیکی بازمی‌گردد. یکی از فرضیه‌های محوری در این زمینه، نقش عدم تعادل در سیستم‌های انتقال‌دهنده عصبی مغز از جمله سروتونین، دوپامین و اندورفین است که در تنظیم خلق، انگیزه، پاسخ به استرس و چرخه خواب و بیداری نقش حیاتی دارند (۶). علاوه بر این، استرس مزمن مرتبط با PCOS با تغییر در فعالیت محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA)[2] و اختلال در پاسخ به استرس همراه دانسته شده است. مطالعات مشاهده‌ای و مرورهای نظام‌مند نشان داده‌اند که زنان مبتلا به PCOS در مقایسه با زنان سالم شیوع بالاتری از علائم افسردگی و اضطراب دارند و برخی پژوهش‌ها نیز افزایش پاسخ کورتیزول به استرس و تغییر در تنظیم محور HPA را در این بیماران گزارش کرده‌اند. با این حال، هنوز رابطه علّی مستقیم بین اختلال عملکرد محور HPA و بروز اختلالات خلقی در PCOS به طور قطعی اثبات نشده و این ارتباط احتمالاً تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله هیپرآندروژنیسم، مقاومت به انسولین، التهاب مزمن و استرس روانی قرار دارد (۷). در کنار این جنبه‌های روانشناختی، اختلالات خواب یک ویژگی شایع اما اغلب نادیده گرفته شده در PCOSاست. سندروم تخمدان پلی‌کیستیک با آپنه انسدادی خواب (OSA) و اختلال تنفسی خواب (SDB) ارتباط تایید شده‌ای دارد؛ اختلالاتی که پیامدهای جدی برای سلامت قلبی-عروقی و فشار خون به همراه دارند. متأسفانه، ارزیابی جامع و هدفمند خواب هنوز در دستورالعمل‌های بالینی استاندارد PCOS به طور کامل گنجانده نشده است(۸). در مقابل، اصلاح سبک زندگی، به‌ویژه فعالیت بدنی منظم، به عنوان خط اول درمان غیر دارویی در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک شناخته می‌شود و نقش مهمی در بهبود مقاومت به انسولین، کاهش التهاب مزمن، تعدیل هیپرآندروژنیسم و ارتقای کیفیت زندگی ایفا می‌کند (۹). شواهد حاصل از مرورهای نظام‌مند و متاآنالیزها نشان داده‌اند که مداخلات ورزشی در زنان مبتلا به PCOS علاوه بر بهبود شاخص‌های متابولیکی و ترکیب بدنی، با کاهش علائم افسردگی و اضطراب و بهبود سلامت روان همراه هستند (۱۰). این اثرات احتمالاً از طریق تعدیل انتقال‌دهنده‌های عصبی مرتبط با خلق از جمله سروتونین و دوپامین، افزایش نوروپلاستیسیته وابسته به BDNF، کاهش التهاب مزمن درجه پایین و تحریک آزادسازی اپیوئیدهای درون‌زاد نظیر اندورفین‌ها میانجی‌گری می‌شوند؛ فرایندهایی که در مجموع با بهبود خلق، کاهش اضطراب و افزایش احساس بهزیستی روان‌شناختی همراه هستند (۱۱). به علاوه ورزش منظم، به ویژه تمرینات هوازی، توانایی اثبات شده‌ای

[1] - Polycystic Ovary Syndrome

[2] - Hypothalamus-Pituitary-Adrenal

دوره ۲۲. شماره ۴۳. **بهار و تابستان** ۱۴۰۵. صفحات ۱۳۷ تا ۱۵۳.

در تقویت سروتونین و بهبود خلق و خو دارد (۱۲) و همچنین آزادسازی اندورفین‌ها را تحریک می‌کند که در کاهش درد و بهبود کلی کیفیت زندگی نقش دارند (۱۳). همچنین ورزش به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارهای غیر دارویی برای بهبود کیفیت خواب شناخته می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت بدنی منظم از طریق تنظیم ریتم شبانه‌روزی، کاهش فعالیت بیش از حد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال، بهبود تعادل سیستم عصبی خودمختار، افزایش دسترسی زیستی سروتونین و کاهش نشانگرهای التهابی می‌تواند موجب کاهش تأخیر در شروع خواب، افزایش کارایی خواب و بهبود کیفیت کلی خواب شود. این موضوع در زنان مبتلا به PCOS از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا اختلالات خواب در این بیماران با مقاومت به انسولین، افزایش التهاب و تشدید مشکلات روان‌شناختی ارتباط دارد (۱۴). از طرفی مطالعات اخیرنشان داده است که تمرینات ورزشی به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین فعالیت بدنی در تنظیم این تعاملات نوروشیمیایی نقش دارد (۱۱). در سال‌های اخیر، تمرینات فانکشنال به عنوان یکی از رویکردهای نوین فعالیت بدنی مورد توجه قرار گرفته‌اند. تمرینات فانکشنال مبتنی بر حرکات طبیعی بدن بوده و شامل الگوهای چندمفصلی نظیر چرخش، جهش و ترکیب حرکات قدرتی-استقامتی است. این تمرینات ضمن ارتقای تعادل، قدرت مرکزی بدن و حساسیت به انسولین، موجب تحریک سیستم عصبی مرکزی و افزایش ترشح انتقال‌دهنده‌هایی چون دوپامین و اندورفین می‌شوند و در نتیجه منجربه بهبود انگیزه و کاهش درد می‌گردند (۱۵). چنین اثری می‌تواند علاوه بر بهبود وضعیت روانی، در بازگرداندن نظم خواب و کاهش علائم جسمی-روانی ناشی از PCOS نقش داشته باشد (۱۶). به طور کلی با وجود این داده‌های نظری و تجربی، تحقیقات موجود به طور خاص به بررسی تأثیر تمرینات فانکشنال بر نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با خلق (سروتونین، دوپامین، اندورفین) و کیفیت خواب در جمعیت زنان مبتلا به PCOS نپرداخته است و بیشتر مطالعات بر مداخلات هوازی، تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) یا برنامه‌های ورزشی عمومی متمرکز بوده‌اند و پیامدهایی نظیر افسردگی، اضطراب و کیفیت زندگی را ارزیابی کرده‌اند. با این حال، بررسی اختصاصی پاسخ نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با خلق، از جمله سروتونین، دوپامین و اندورفین، به مداخلات ورزشی در زنان مبتلا به PCOS همچنان محدود است. بنابراین با توجه به شیوع بالای PCOS، تأثیرات گسترده آن بر سلامت جسمی و روانی، ارتباط قوی بین PCOS و اختلالات خواب، محقق سعی دارد در تحقیق حاضر به بررسی تاثیر تمرینات فانکشنال بر نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با خلق (سرتونین، دوپامین و بتا اندروفین) و کیفیت خواب در زنان دارای PCOS بپردازد.

## ۲ مواد و روشها

### ۲-۱ طرح شناسی پژوهش

این پژوهش نیمه تجربی بر اساس هدف کاربردی و از لحاظ روش اجرا به صورت موازی همراه با گروه کنترل بود. تمامی مراحل تحقیق حاضر مطابق با اصول اخلاق در پژوهش در ارتباط با کار با انسان، مطابق کمیته اخلاق دانشگاه شیراز با کد اخلاق IR.US.PSYEDU.REC.1404.129. مورد تائید قرار گرفت و همچنین از همه آزمودنی‌ها فرم رضایت نامه آگاهانه اخذ شد.

### ۲-۲ آزمودنی‌های پژوهش

جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک در شهر شیراز، در دامنه سنی ۲۵ تا ۲۸ سال و با شاخص توده بدنی ۲۹ تا ۳۳ کیلوگرم بر مترمربع تشکیل دادند. پس از ارائه توضیحات لازم درباره اهداف و مراحل اجرای پژوهش، تعداد ۲۰ نفر از افراد واجد شرایط، به روش نمونه‌گیری در دسترس و به‌صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند.

معیارهای ورود به پژوهش شامل ابتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، عدم شرکت در برنامه‌های تمرینی منظم طی سه ماه گذشته و عدم مصرف داروهای مؤثر بر وضعیت هورمونی، متابولیکی، عصبی یا خواب در زمان انجام پژوهش بود. داروهای موردنظر شامل متفورمین، داروهای هورمونی، داروهای ضدافسردگی و داروهای خواب‌آور بودند. تشخیص سندرم تخمدان پلی‌کیستیک توسط پزشک متخصص زنان و زایمان و بر اساس معیارهای معتبر بالینی، آزمایشگاهی و/یا سونوگرافیک انجام شد. مطابق معیارهای روتردام، تشخیص این سندرم بر اساس وجود حداقل دو مورد از سه معیار زیر، پس از رد سایر علل مشابه، تأیید شد: ۱) اختلال در تخمک‌گذاری، ۲) هایپرآندروژنیسم بالینی یا آزمایشگاهی و ۳) نمای پلی‌کیستیک تخمدان در سونوگرافی.

در ابتدای پژوهش، طی یک جلسه توجیهی، اهداف، مراحل و نحوه اجرای مطالعه برای آزمودنی‌ها تشریح شد. سپس شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی در دو گروه، شامل ۱) گروه تمرین فانکشنال با شدت بالا (۱۰ نفر) و ۲) گروه کنترل (۱۰ نفر)، تخصیص یافتند.

## ۳-۲ پروتکل تمرین

ابتدا طی دو جلسه به‌عنوان جلسات مقدماتی و تحت نظارت مربی آموزش و تمرین حرکات پایه HIFTانجام شد. دو جلسه اول به‌عنوان جلسات مقدماتی تحت نظارت یک مربی برگزار شد و به آموزش حرکات پایه در HIFT اختصاص داشت. این حرکات شامل انواع اسکوات، پرس، پوش جرک (Push Jerk)، پوش پرس (Push Press)، لیفت مرده (Deadlift)، لیفت مرده پا باز ( Sumo Deadlift) و کلین با توپ پزشکی ( Medicine Ball Clean) بود. در این دو جلسه، شرکت‌کنندگان صرفاً با تکنیک صحیح اجرای حرکات آشنا شدند.

برنامه تمرینی آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته و با تواتر سه جلسه در هفته اجرا شد. برنامه تمرین فانکشنال با شدت بالا ( High-Intensity Functional Training; HIFT) شامل ۲۴ جلسه تمرینی بود که مدت هر جلسه حداکثر ۶۰ دقیقه در نظر گرفته شد. برنامه تمرینی هر جلسه شامل بخش‌های زیر بود: گرم کردن و حرکات کششی به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه، آموزش و تمرین تکنیک‌ها به مدت ۱۰-۲۰ دقیقه، تمرین اصلی ۳۰ دقیقه و سرد کردن ۵ دقیقه. بخش اصلی برنامه تمرینی با شدت بالا و متناسب با توانایی‌های عملکردی و سطح آمادگی جسمانی شرکت‌کنندگان طراحی و اجرا شد (۱۷)

محتوای تمرینات اصلی شامل ترکیبی از فعالیت‌های هوازی، تمرینات با وزن بدن و تمرینات مقاومتی با وزنه بود. فعالیت‌های هوازی شامل دویدن، رکاب‌زدن، پاروزدن و طناب‌زدن بود. تمرینات با وزن بدن نیز شامل اسکوات، بارفیکس، شنا روی زمین، شنای ایستاده روی دست، صعود از طناب، ماسل‌آپ (Muscle-up)، پرس، ایستادن روی دست، پشت‌بازو، درازونشست و لانژ بود. همچنین، تمرینات مقاومتی با وزنه شامل لیفت مرده، کلین، انواع پرس، اسنچ (Snatch)، کلین و جرک ( Clean and Jerk) ، تمرین با توپ پزشکی و تاب‌دادن کتل‌بل (Kettlebell Swing) بود. تمرینات به‌صورت نظام‌مند و بر اساس الگوهای تمرینی کراس‌فیت طراحی شدند (۱۸) و در قالب‌های تک‌حالتی، دوحالتی یا سه‌حالتی اجرا شدند. ساختار برنامه‌های تمرینی روزانه بر اساس زمان اجرا، تعداد تکرارها یا میزان بار خارجی تعیین می‌شد (۱۹) برای هر شرکت‌کننده، وزنه‌ها و سطح دشواری حرکات متناسب با توانایی فردی تعیین و نسخه اختصاصی برنامه تمرینی وی ثبت شد. همچنین، زمان تکمیل برنامه روزانه، تعداد دورها و تکرارها، میزان وزنه‌های استفاده‌شده و هرگونه تغییر در برنامه اصلی در طول جلسات ثبت شد. جزئیات برنامه تمرینی و نحوه اجرای آن در جدول ۱ ارائه شده است. به‌منظور کنترل و پایش شدت تمرین، از رویکرد مقیاس‌پذیری تمرینات HIFT استفاده شد؛ به این معنا که بار

خارجی هر جلسه، شامل نوع حرکت، میزان وزنه، تعداد تکرارها، تعداد دورها و زمان اجرای برنامه روزانه، متناسب با توانایی عملکردی و سطح آمادگی جسمانی هر شرکت‌کننده به‌صورت فردی تنظیم می‌شد. در صورت ناتوانی شرکت‌کننده در حفظ تکنیک صحیح اجرا یا تکمیل تمرین مطابق با برنامه تعیین‌شده، بار تمرینی از طریق کاهش وزنه، کاهش تعداد تکرارها، تعدیل دامنه حرکتی یا جایگزینی حرکت با یک حرکت متناسب‌تر اصلاح می‌شد. بنابراین، کنترل شدت تمرین در این پژوهش بر اساس پایش مستمر عملکرد شرکت‌کنندگان و تعدیل فردی بار خارجی تمرین انجام گرفت.

**جدول ۱: برنامه تمرینی آزمودنی‌ها**

| جلسه | نوع تمرین | برنامه تمرین |
|---|---|---|
| ۱ | تمرینات هوازی | دویدن ۱ کیلومتر |
| ۲ | تمرینات با وزن بدن و تمرینات مقاومتی | ۵ حرکت شنای ایستاده روی دست / ۵تکرار ددلیفت با وزن ۱۰۲ کیلوگرم+ ۱۰ کیلو گرم اضافه شده / در هر راند) به تعداد ۵ راند، در سریع‌ترین زمان ممکن |
| ۳ | تمرینات هوازی، تمرینات با وزن بدن وتمرینات مقاومتی | دویدن ۴۰۰ متر / ۱۰ بار بارفیکس / ۱۵ تکرار "تراستر" (حرکت ترکیبی اسکوات و پرس سرشانه) با ۵۰٪ وزن بدن. به مدت ۲۰ دقیقه به صورت چرخشی |
| ۴ | ---- | استراحت |
| ۵ | تمرینات با وزن بدن | تمرین ایستادن روی دست به مدت ۴۵ دقیقه |
| ۶ | تمرینات هوازی وتمرینات با وزن بدن | (۱۰ تکرار پرس سینه با ۷۵٪ وزن بدن / پارو زدن ۵۰۰ متر) به تعداد ۵ راند، در سریع‌ترین زمان ممکن |
| ۷ | تمرینات هوازی، تمرینات با وزن بدن وتمرینات مقاومتی | لانژ ۱۰۰ فوت (حدود ۳۰ متر) / ۱۵ تکرار پرس سرشانه با وزن ۵۰٪ وزن بدن / پارو زدن ۵۰۰ متر. به مدت ۲۰ دقیقه به صورت چرخشی |
| ۸ | ------ | استراحت |
| ۹ | تمرینات مقاومتی | لیفت مرده: با افزایش تدریجی وزنه برای رسیدن به حداکثر وزنه در تکرار آخر |
| ۱۰ | تمرینات هوازی، تمرینات با وزن بدن | (دویدن ۲۰۰ متر / پرش روی جعبه به ارتفاع ۳۰ اینچ) به تعداد ۵ راند، در سریع‌ترین زمان ممکن |
| ۱۱ | تمرینات هوازی، تمرینات با وزن بدن وتمرینات مقاومتی | ۲۰ تکرار حرکت کلین با ۵۰٪ وزن بدن / دوچرخه سواری ۱ مایل / ۱۵ تکرار شنا روی زمین. به مدت ۲۰ دقیقه به صورت چرخشی |
| ۱۲ | ------- | استراحت |

## ۴-۲ روشهای اندازه‌گیری

برای سنجش کیفیت خواب از پرسشنامه پیتسبورگ (PSQI) استفاده شد. این مقیاس خودگزارشی شامل چندین زمینه تأخیر خواب، کیفیت خواب ذهنی، مدت زمان خواب، کارآیی خواب معمولی، اختلال خواب، استفاده از داروهای خواب، و اختلال عملکرد در طول روز بود. اکثر سوالات در چند گزینه برای پاسخ، کوتاه و قابل فهم تنظیم شدند. پاسخ ها از ۰ تا ۳ درجه‌بندی گردید. نمره کل از ۰ تا ۲۱ متغیر است. نمره بالاتر نشان‌دهنده اختلال‌خواب بالاتراست (۲۰). روایی و پایایی پرسشنامه مورد تایید است(۲۱). به منظور اندازه‌گیری میزان سروتونین، دوپامین و بتا اندروفین قبل و ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی از ورید بازویی آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته و در شرایط ناشتا ساعت ۸ تا ۱۰ صبح به میزان ۵ سی‌سی خون‌گیری به عمل آمد. نمونه خونی در لوله خونی بدون ماده ضدانعقاد

ریخته شده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس سرم جدا شده تا زمان اندازه‌گیری در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. متغیرهای تحقیق با روش الایزا اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان سروتونین از کیت الایزا Serotonin/5-HT-5 (Hydroxytryptamine) متعلق به شرکت الاسایینس با شماره‌کاتالوگ E-EL-0033 ، برای اندازه گیری میزان دوپامین از کیت الایزا متعلق به شرکت الاسایینس با شماره‌کاتالوگ E-EL- 0046 و جهت اندازه گیری میزان بتا اندروفین از کیت الایزا بتا-اندروفین متعلق به شرکت الاسایینس با شماره کاتالوگ E-EL-H0572 استفاده شد.

## ۵-۲ تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لوین استفاده شد. در صورت تأیید پیش‌فرض‌های آماری، به‌منظور مقایسه نمرات پس‌آزمون دو گروه تمرین فانکشنال با شدت بالا و کنترل، با تعدیل اثر نمرات پیش‌آزمون، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده گردید. اندازه اثر در تحلیل کوواریانس با استفاده از شاخص اتا مربع جزئی (Partial Eta Squared; $\eta p^2$) گزارش شد. همچنین، به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی بین مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از آزمون تی زوجی استفاده شد و اندازه اثر این تغییرات با استفاده از شاخص کوهن (Cohen's d) محاسبه گردید. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSSنسخه ۲۲ انجام شد و سطح معنی‌داری آماری P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

# ۳ یافته‌ها

یافته‌های حاصل از آزمون تی زوجی برای بررسی تغییرات پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون در هر گروه نشان داد که میزان سروتونین، دوپامین و بتا اندروفین سرمی پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون در گروه تمرین فانکشنال دارای افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) بود. همچنین میزان اختلال خواب در گروه تمرین فانکشنال بطور معنی داری نسبت به پیش آزمون کاهش یافته بود (P=۰/۰۰۲) (جدول ۲).

نتایج آزمون آنکوا نشان داد بین مقادیر سروتونین (F=۲۶/۴۹، P=۰/۰۰۱)، دوپامین (P=۰/۰۰۱ F=۲۶/۴۷،) و بتا اندروفین سرم (F=۱۹،P=۰/۰۰۱) دو گروه تمرین فانکشنال و کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد، در حالی از لحاظ کیفیت خواب تفاوت معنی داری در میان دو گروه مشاهده نشد (P=۰/۸)(جدول ۲).

**جدول ۲: مقادیر (میانگین± انحراف استاندارد) متغیرهای پژوهش در دو گروه تمرین و کنترل**

| متغیر | | نام گروه | میانگین± انحراف استاندارد | P درون گروهی | اندازه اثر d | P بین گروهی | اندازه اثر $\eta p^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سروتونین (ng/ml) | فانکشنال | پیش آزمون | ۹۴ /۹۰± ۱۴/۴۵ | ۰/۰۰۱ | ۲/۳۹ | ۰/۰۰۱ | ۰/۶۳ |
| | | پس آزمون | ۱۹۶/۵۶± ۱۷/۴۸ | | | | |
| | کنترل | پیش آزمون | ۸۹/۹۴ ±۷/۲۵ | NS | - | | |
| | | پس آزمون | ۸/۷۱ ±۱۰۸/۲۹ | | | | |
| دوپامین (pg/ml) | فانکشنال | پیش آزمون | ۵/۴۳ ±۴۵/۵۸ | ۰/۰۰۱ | ۲/۳۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۶۳ |
| | | پس آزمون | ۶/۲۸ ±۹۶/۹۳ | | | | |
| | کنترل | پیش آزمون | ۵/۶۱ ±۳۷/۷۷ | NS | - | | |
| | | پس آزمون | ۶/۲۱ ± ۵۰/۲۲ | | | | |
| آندورفین (pg/ml) | فانکشنال | پیش آزمون | ۸/۱۲ ±۷۲/۹۶ | ۰/۰۰۱ | ۱/۷۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۶ |
| | | پس آزمون | ± ۱۳۸/۴۵ ۷/۸۲ | | | | |
| | کنترل | پیش آزمون | ۷/۶۵ ±۶۴/۷ | NS | - | | |
| | | پس آزمون | ۸/۶۶ ±۸۸/۲۳ | | | | |
| کیفیت خواب (امتیاز) | فانکشنال | پیش آزمون | ۰/۳۲ ± ۲۱/۳۷ | ۰/۰۰۲ | ۱/۶۳ | ۰/۸ | ۰/۰۰۲ |
| | | پس آزمون | ۱/۴۷±۱۴ | | | | |
| | کنترل | پیش آزمون | ۱/۳۶ ±۱۷/۳ | NS | - | | |
| | | پس آزمون | ۱/۳۵±۱۷ | | | | |

**P<۰/۰۵ بعنوان سطح معنادار در نظر گرفته شده است. NS: غیر معنادار**

## ۴ بحث

مطالعه حاضر به بررسی تاثیر تمرینات فانکشنال بر نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با خلق (سرتونین، دوپامین و آندروفین) و کیفیت خواب در زنان مبتلا به سندروم تخمدان پلی کیستیک (PCOS) پرداخت. نتایج حاصل نشان داد که تفاوت معنی-داری از لحاظ سطح سرمی نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با خلق در گروه‌های مورد مطالعه وجود دارد. یافته مطالعه حاضر مبنی بر افزایش سطح سروتونین پس از مداخله ورزشی، با نتایج مطالعه باکای و همکاران(۲۰۱۸) همسو است که گزارش کردند فعالیت بدنی منظم موجب افزایش معنی‌دار سطح سرمی سروتونین در زنان و بهبود شاخص‌های خلقی می‌شود (۲۲). در تبیین این موضوع می‌توان گفت احتمال می‌رود افزایش سروتونین سرم ممکن است بازتابی از تغییرات محیطی مرتبط با پاسخ به ورزش باشد و لزوما نشان‌دهنده افزایش سروتونین مرکزی نیست. در این راستا مطالعات موجود نشان داده است که سروتونین از اسیدآمینه‌ی ضروری تریپتوفان سنتز می‌شود و ورود آن به سیستم عصبی مرکزی از طریق سد خونی-مغزی با سایر اسیدهای آمینه بزرگ خنثی از جمله اسیدهای آمینه شاخه‌دار رقابت می‌کند (۲۳). تمرینات ورزشی منجر به افزایش تقاضای متابولیکی عضله برای اکسیداسیون آمینواسیدهای شاخه‌دار شده و در نتیجه غلظت پلاسمایی آن‌ها کاهش پیدا می‌کند (۲۴). این کاهش غلظت، نسبت تریپتوفان آزاد به مجموع اسیدهای آمینه شاخه دار را افزایش داده و عبور تریپتوفان از سد خونی-مغزی را بیشتر می‌کند (۲۵). در سطح آنزیمی، این روند به‌وسیله‌ی آنزیم تریپتوفان هیدروکسیلاز[1] (TPH) کنترل می‌شود که مرحله‌ی تعیین‌کننده‌ی سرعت واکنش در مسیر تولید سروتونین است (۲۶). در زنان مبتلا به PCOS ، التهاب مزمن خفیف موجب فعال شدن مسیر ایندول‌امین-۲،۳-دی‌اکسیژناز[2] (IDO) و انحراف متابولیسم تریپتوفان به سمت مسیر کینورنین می‌گردد. محققان بیان می دارند که تمرینات ورزشی با مهار التهاب سیستمیک و کاهش فعالیت IDO، جریان تریپتوفان را به مسیر سروتونین بازمی‌گردانند (۲۷). به‌علاوه، سازگاری تمرین منجر به افزایش بیان آنزیم TPH و تقویت ظرفیت تبدیل تریپتوفان به سروتونین در درازمدت می‌شود (۲۸). در سطح مولکولی، مسیر cAMP/PKA/CREB از طریق افزایش بیان ژن تریپتوفان هیدروکسیلاز و فاکتور رشد عصبی مشتق از مغز[3] (BDNF) فرایند نورپلاستیسیته را تقویت می‌کند. افزایش BDNF از طریق فعالیت گیرنده TrkB باعث حفظ و بازسازی نورون‌های سروتونرژیک می‌شود (۱۱). تنظیم محور HPA در پاسخ به تمرین، با کاهش ترشح مزمن کورتیزول، تعادل متابولیسم تریپتوفان و سنتز مرکزی سروتونین را حفظ می‌کند (۲۹). همچنین افزایش سروتونین اثر تسهیل‌کننده‌ی قابل توجهی بر فعالیت سیستم دوپامینرژیک از طریق گیرنده‌های HT1A-۵ و HT2C-۵ دارد (۲). بر اساس مطالعات پیشین پس از تمرین، افزایش سروتونین موجب کاهش مهار پیش‌سیناپسی بر نورون‌های دوپامینرژیک و در نتیجه افزایش ترشح دوپامین می‌شود و این تقویت متقابل، اساس بیولوژیکی احساس سرخوشی و انگیزش را فراهم می‌آورد (۳۰). بااین‌حال، از آنجا که این روابط و مکانیسم‌ها در پژوهش حاضر به‌طور مستقیم بررسی نشده‌اند، این توضیح صرفاً به‌عنوان تبیینی نظری مبتنی بر شواهد پیشین و یکی از دلایل احتمالی نتایج مشاهده‌شده مطرح می‌شود. در مجموع، افزایش سطح سروتونین در گروه تمرین نشانگر تحریک هم‌زمان شبکه‌ای از مسیرهای سیگنالی شامل cAMP/PKA/CREB، BDNF-TrkB و تعدیل محور HPA است (۲۹). این تغییرات موجب بهبود کارکرد سیستم پاداش شده و بازتابی از اثرات روانی-عصبی سودمند تمرینات فانکشنال است. در تأیید این موضوع نیز نتیجه

[1] - Tryptophan Hydroxylase
[2] - Indolamine 2,3-Dioxygenase
[3] - Brain-Derived Neurotrophic Factor

دوره ۲۲. شماره ۴۳. **بهار و تابستان** ۱۴۰۵. صفحات ۱۳۷ تا ۱۵۳.

تحقیق حاضر نشان داد که سطح سرمی دوپامین پس‌آزمون در گروه فانکشنال در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی‌داری داشت و ممکن است دوپامین به عنوان یک محرک اصلی در پاسخ‌های انگیزشی و رفتاری پس از تمرین عمل کند. به علاوه یافته دیگر تحقیق حاضر نشان داد که میزان بتا اندروفین در گروه فانکشنال در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی داری داشته است. همچنین افزایش معنی داری با اندازه اثر قوی در گروه فانکشنال در پس آزمون در مقایسه به پیش آزمون مشاهده گردید. در تایید این موضوع می توان گفت افزایش سطح اندورفین، که به عنوان یک پپتید اپیوئیدی درون‌زا عمل می‌کند، پاسخی حیاتی در برابر استرس فیزیکی ناشی از تمرینات فانکشنال با شدت بالا محسوب می‌شود و این پاسخ بیولوژیکی ضروری است زیرا به بدن اجازه می‌دهد تا با فشار متابولیک مقابله کند. مکانیسم اصلی این هورمون در محور کاهش درد نهفته است؛ اندورفین‌ها با اتصال قوی به گیرنده‌های اپیوئیدی در مغز و نخاع، اثرات تسکین‌دهنده درد (ضد درد) قوی ایجاد می‌کنند که نه تنها تحمل درد حاد حین تمرین را بالا می‌برد، بلکه سازگاری‌های بلندمدت فیزیولوژیکی را نیز تقویت می‌کند (۳۱). علاوه بر نقش مسکّن، اندورفین یک هم‌افزایی قدرتمند با سیستم پاداش مغزی دارد که مستقیماً بر انگیزش رفتاری تأثیر می‌گذارد. این هم‌افزایی در ناحیه هسته آکومبنس رخ داده و ترشح اندورفین باعث تقویت فعالیت نورون‌های دوپامینرژیک می‌شود که این تعامل سینرژیک، منجر به تولید حس سرخوشی عمیق و رضایت پایدار پس از ورزش می‌گردد و بدین ترتیب، انگیزه درونی فرد برای تکرار پروتکل تمرینی را به شدت افزایش می‌دهد (۳۲). در نهایت، اندورفین نقشی مهم در تعدیل پاسخ‌های استرسی و التهابی مرتبط با PCOS ایفا می‌کند؛ افزایش سطح اندورفین با تعدیل فعالیت محور HPA همراه است که به کاهش ترشح مزمن کورتیزول (هورمون استرس) و کاهش پاسخ‌های التهابی سیستمیک کمک می‌کند، در نتیجه وضعیت کلی سلامت روان و انگیزش بهبود می‌یابد. یافته کلیدی تحقیق نشان داد که از لحاظ کیفیت خواب، تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه‌های مورد مطالعه وجود ندارد؛ این در حالی است که افزایش نشانگرهای نوروشیمیایی مرتبط با خلق (اندورفین) از اثر بخشی احتمالی پروتکل تمرینی در بهبود خلق و خو و کاهش درد در جمعیت زنان مبتلا به PCOS حمایت می‌کند. این عدم تأثیر بر خواب نشان می‌دهد که برای دستیابی به خواب ترمیمی، نیاز به مداخلات تکمیلی، مانند مدیریت زمان‌بندی دقیق‌تر تمرین یا تمرکز بر تنظیم دقیق‌تر کورتیزول شبانه، وجود دارد تا اثرات تحریک‌کننده احتمالی دوپامین تعدیل گردد. این امر به این دلیل است که زنان مبتلا به PCOS اغلب با اختلالات مزمن در محور HPA و مقاومت به انسولین مواجه هستند؛ اگرچه تمرینات ممکن است در کوتاه‌مدت محورHPA را تعدیل کنند، اصلاح کامل الگوی ترشح شبانه کورتیزول در یک دوره مطالعه کوتاه دشوار است و اختلالات عمیق‌تر هورمونی همچنان بر کیفیت خواب تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این، ماهیت چندعاملی اختلالات خواب درPCOS، که صرفاً با افزایش سروتونین قابل حل نیست، نقش محوری دارد؛ ناهنجاری‌های ذاتی در تنظیم ریتم شبانه‌روزی و اختلال در تولید ملاتونین ناشی از هایپرآندروژنیسم و مقاومت به انسولین، ممکن است حساسیت گیرنده‌های ملاتونین در هسته سوپراکیاسماتیک را کاهش داده و سیگنال‌دهی شروع خواب را مختل سازد (۳۳). همچنین، عامل زمان‌بندی تمرین مهم است؛ انجام تمرینات شدید در اواخر روز می‌تواند به طور پارادوکسیکال با فرایند افت دمای بدن مورد نیاز برای شروع خواب تداخل کرده و اثر تحریک‌کننده‌اش بر آستانه درد پیشی بگیرد. در نهایت، اثربخشی اندورفین‌ها بر خواب ممکن است به سطح درد پایه بستگی داشته باشد؛ اگر درد پایه در گروه کنترل پایین‌تر از آستانه‌ای بوده که آزادسازی اندورفین بتواند اثر قابل توجهی بر آن بگذارد، یا اینکه خواب به دلیل متغیرهای دیگری مانند اضطراب عمومی که به تعادل گابا (GABA) و نوراپی‌نفرین وابسته است و تمرین کمتر بر آن اثر

داشته، مختل باقی مانده باشد (۳۴). بدین ترتیب این احتمال وجود دارد اگر درد شرکت‌کنندگان در گروه کنترل از ابتدا پایین‌تر از آستانه‌ای بوده که آزادسازی اندورفین را به طور کلینیکی بر خواب اثر بگذارد، در نتیجه، حتی افزایش معنی‌دار اندورفین در گروه تمرینی نیز منجر به تفاوت قابل مشاهده‌ای در پارامترهای استاندارد کیفیت خواب نخواهد شد. بدین ترتیب با وجود نتایج قابل‌توجه پژوهش حاضر، یافته‌ها باید با احتیاط و با در نظر گرفتن محدودیت‌های روش‌شناختی تفسیر شوند. نخست، سروتونین، دوپامین و بتااندورفین در خون محیطی اندازه‌گیری شدند و نه در سیستم عصبی مرکزی؛ بنابراین، تغییرات سرمی مشاهده‌شده عمدتاً بازتاب پاسخ‌های محیطی و نوروهورمونی به تمرین‌اند و نمی‌توان آن‌ها را به‌طور مستقیم معادل تغییر در غلظت، فعالیت یا انتقال عصبی این مواد در مغز دانست. به‌ویژه، افزایش سروتونین سرمی به‌تنهایی نمی‌تواند اثبات‌کننده افزایش انتقال سروتونرژیک مغزی یا بهبود مستقیم خلق باشد. دوم، خلق و کیفیت خواب پدیده‌هایی چندعاملی هستند؛ بااین‌حال، متغیرهای مهمی مانند افسردگی، اضطراب، استرس ادراک‌شده، درد، خستگی، کیفیت زندگی و انگیزش در این پژوهش اندازه‌گیری نشدند؛ ازاین‌رو، ارتباط مستقیم میان تغییرات نشانگرهای نوروشیمیایی و پیامدهای روان‌شناختی آزمودنی‌ها قابل بررسی نبود. سوم، برخی عوامل و نشانگرهای مؤثر بر خواب و پاسخ‌های عصبی ـ هورمونی، از جمله کورتیزول، ملاتونین، BDNF، تریپتوفان، شاخص‌های التهابی، مقاومت به انسولین، شدت علائمPCOS ، وضعیت قاعدگی، رژیم غذایی، مصرف کافئین، داروها و مکمل‌ها ارزیابی یا به‌طور کامل کنترل نشدند. در نهایت، کیفیت خواب تنها با پرسشنامه خودگزارشی بررسی شد و از ابزارهای عینی مانند اکتی‌گرافی یا پلی‌سومنوگرافی استفاده نشد؛ بنابراین، اطلاعات دقیقی درباره مدت خواب، تأخیر در شروع خواب، بیداری‌های شبانه، کارایی خواب و ریتم شبانه‌روزی آزمودنی‌ها در دسترس نبود.

## ۵ نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی پیامدهای فیزیولوژیکی و روان‌شناختی تمرینات فانکشنال با شدت بالا (HIFT)در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک پرداخت. نتایج نشان داد که اجرای این نوع تمرین با افزایش معنادار غلظت سرمی سروتونین، دوپامین و بتااندورفین همراه بود؛ نشانگرهای نوروشیمیایی محیطی که در مطالعات پیشین با فرایندهای مرتبط با تنظیم خلق‌وخو و عملکردهای عصبی مورد توجه قرار گرفته‌اند. بااین‌حال، با توجه به اندازه‌گیری این شاخص‌ها در سرم خون و ارزیابی‌نشدن مستقیم فعالیت سیستم عصبی مرکزی یا وضعیت خلقی شرکت‌کنندگان، نمی‌توان تغییرات مشاهده‌شده را به‌طور مستقیم به تغییرات بیوشیمیایی مغز، بهبود عملکرد سیستم پاداش یا ارتقای خلق‌وخو نسبت داد. از سوی دیگر، اگرچه نمرات اختلال خواب در گروه تمرین پس از مداخله به‌طور معناداری کاهش یافت، تفاوت بین‌گروهی این متغیر از نظر آماری معنادار نبود. این یافته نشان می‌دهد که بهبود کیفیت خواب ممکن است علاوه بر فعالیت بدنی، به مداخلات اختصاصی‌تر و کنترل سایر عوامل مرتبط نیاز داشته باشد. در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر شواهد اولیه‌ای درباره ارتباط تمرینات فانکشنال با تغییرات برخی نشانگرهای نوروشیمیایی محیطی در زنان مبتلا به PCOS فراهم می‌کند و می‌تواند از بررسی بیشتر جایگاه این تمرینات به‌عنوان یک راهبرد مکمل در برنامه‌های مدیریت PCOS حمایت کند. با توجه به محدودیت‌های پژوهش حاضر، از جمله اندازه‌گیری نشانگرها در خون محیطی، اندازه‌گیری‌نشدن مستقیم متغیرهای روان‌شناختی و استفاده از ابزار خودگزارشی برای سنجش خواب، تعمیم نتایج به سایر زنان مبتلا به PCOS و نتیجه‌گیری قطعی درباره پیامدهای مرکزی و روان‌شناختی تمرینات فانکشنال باید با احتیاط انجام شود. بنابراین، انجام مطالعات آینده با حجم نمونه بزرگ‌تر، دوره مداخله طولانی‌تر و سنجش

دوره ۲۲. شماره ۴۳. **بهار و تابستان** ۱۴۰۵. صفحات ۱۳۷ تا ۱۵۳.

هم‌زمان شاخص‌های روان‌شناختی، خواب عینی و نشانگرهای نوروشیمیایی مرکزی و محیطی ضروری به نظر می‌رسد.

## تضاد منافع

در این پژوهش هیچگونه تعارض منافعی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

## سهم نویسندگان

محدثه شعبانی در تدوین ایده پژوهش، طراحی مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج مشارکت داشت. هما شیخانی شاهین مسئول نگارش پیش‌نویس مقاله و بازنگری انتقادی آن از نظر محتوای علمی بود. زهرا مصلح‌نژاد نسخه نهایی مقاله را پیش از ارسال تأیید کرد. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند و مسئولیت پاسخ‌گویی در قبال تمامی جنبه‌های پژوهش را می‌پذیرند.

## منابع

1. Alur-Gupta S, Dokras A, Cooney LG. Management of polycystic ovary syndrome must include assessment and treatment of mental health symptoms. Fertil Steril. 2024 Mar;121(3):384-399. doi: 10.1016/j.fertnstert.
2. Lin L, Li W, Xu B, Li Y, Li J, Kong X, et al. Global trends in polycystic ovarian syndrome over 30 years: an age-period-cohort study of 204 countries and territories (1990–2021). J Health Popul Nutr. 2025;44(1):242. doi:

   10.1186/s41043-025-01002-1.

3. Standeven LR, Ho A, Hantsoo L. Bridging the gap: integrating awareness of polycystic ovary syndrome into mental health practice. Focus (Am Psychiatr Publ). 2024;22(1):53-62. doi: 10.1176/appi.focus.20230024.
4. Skiba MA, Islam RM, Bell RJ, Davis SR. Understanding variation in prevalence estimates of polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. Hum Reprod Update. 2018; 24(6): 694-709. doi:

   10.1093/humupd/dmy022.

5. Basu BR, Chowdhury O, Saha SK. Possible link between stress-related factors and altered body composition in women with polycystic ovarian syndrome. J Hum Reprod Sci. 2018 Jan-Mar; 11(1): 10-18. doi:

   10.4103/jhrs.JHRS_78_17.

6. Blay SL, Aguiar JVA, Passos IC. Polycystic ovary syndrome and mental disorders: a systematic review and exploratory meta-analysis. Neuropsychiatr Dis Treat. 2016; 12:2895-2903. doi: 10.2147/NDT.S91700.
7. Kiałka M, Milewicz T, Spałkowska M, Krzyczkowska-Sendrakowska M, Wasyl B, Pełka A, et al. β-Endorphins plasma level is higher in lean polycystic ovary syndrome (PCOS) women. Exp Clin Endocrinol Diabetes. 2016 Jan;124(1):55-60. doi: 10.1055/s-0035-1564094.
8. Zhang J, Ye J, Tao X, Lu W, Chen X, Liu C. Sleep disturbances, sleep quality, and cardiovascular risk factors in women with polycystic ovary syndrome: systematic review and meta-analysis. Front Endocrinol (Lausanne). 2022; 13: 971604. doi:

   10.3389/fendo.2022.971604.

9. Teede HJ, Tay CT, Laven JJE, Dokras A, Moran LJ, Piltonen TT, et al. Recommendations from the 2023 international evidence-based guideline for the assessment and management of polycystic ovary syndrome. Eur J Endocrinol. 2023 Aug;189(2). doi: 10.1093/ejendo/lvad096.
10. Cooney LG, Dokras A. Beyond fertility: polycystic ovary syndrome and long-term health. Fertil Steril. 2018 Oct; 110(5): 794-809. doi:

    10.1016/j.fertnstert.2018.08.021.

11. Pahlavani HA. Possible role of exercise therapy on depression: effector neurotransmitters as key players. Behav Brain Res. 2024 Feb 29; 459:114791. doi: 10.1016/j.bbr.2023.114791.

12. Xue P, Du X, Kong J. Age-dependent mechanisms of exercise in the treatment of depression: a comprehensive review of physiological and psychological pathways. Front Psychol. 2025 Apr 17; 16:1562434. doi: 10.3389/fpsyg.2025.1562434.
13. Monika U, Romate J. The lesser-known phenomenon of sports: a systematic review of runners' high. Indian J Psychol Sci. 2024 Jul;19(2).
14. Kredlow MA, Capozzoli MC, Hearon BA, Calkins AW, Otto MW. The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. J Behav Med. 2015 Jun;38(3):427-449. doi: 10.1007/s10865-015-9617-6.
15. Hazlehurst JM, Singh P, Bhogal G, Broughton S, Tahrani AA. How to manage weight loss in women with obesity and PCOS seeking fertility? Clin Endocrinol (Oxf). 2022 Aug;97(2):208-216. doi: 10.1111/cen.14726.
16. Humińska-Lisowska K. Dopamine in sports: a narrative review on the genetic and epigenetic factors shaping personality and athletic performance. Int J Mol Sci. 2024 Oct 29;25(21):11602. doi: 10.3390/ijms252111602.
17. Saeidi A, Motamedi P, Hoteit M, Sadek Z, Ramadan W, Mansouri Dara M, et al. Impact of spinach thylakoid extract-induced 12-week high-intensity functional training on specific adipokines in obese males. J Int Soc Sports Nutr. 2024 Dec;21(1):2398467. doi: 10.1080/15502783.2024.2398467.
18. Glassman G. A theoretical template for CrossFit's programming. CrossFit J. 2003 Feb;(6):1-5.
19. Heinrich KM, Patel PM, O'Neal JL, Heinrich BS. High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: an intervention study. BMC Public Health. 2014 Aug 3; 14:789. doi: 10.1186/1471-2458-14-789.
20. Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. Psychiatry Res. 1989 May;28(2):193-213. doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4.
21. Rezaei E, Moghadam ZB, Saraylu K. Quality of life in pregnant women with sleep disorder. J Family Reprod Health. 2013 Jun;7(2):87-93.
22. Bakay A, Ulubasoglu H, Atan T, Alacam H, Guven D, Batioglu S. The effect of physical activity on the levels of the hormones, serotonin and melatonin in premenstrual syndrome. Clin Exp Obstet Gynecol. 2018;45(3):425-427. doi: 10.12891/ceog4201.2018.
23. Zaragozá R. Transport of amino acids across the blood-brain barrier. Front Physiol. 2020 Sep 23; 11:973. doi: 10.3389/fphys.2020.00973.
24. Luan C, Wang Y, Li J, Zhou N, Song G, Ni Z, et al. Branched-chain amino acid supplementation enhances substrate metabolism, exercise efficiency and reduces post-exercise fatigue in active young males. Nutrients. 2025; 17(7):1290. doi: 10.3390/nu17071290.
25. Blomstrand E. A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. J Nutr. 2006 Feb;136(2):544S-547S. doi: 10.1093/jn/136.2.544S.

26. Höglund E, Øverli Ø, Winberg S. Tryptophan metabolic pathways and brain serotonergic activity: a comparative review. Front Endocrinol (Lausanne). 2019; 10:158. doi: 10.3389/fendo.2019.00158.
27. Wang S, Mu L, Zhang C, Long X, Zhang Y, Li R, et al. Abnormal activation of tryptophan-kynurenine pathway in women with polycystic ovary syndrome. Front Endocrinol (Lausanne). 2022; 13:877807. doi: 10.3389/fendo.2022.877807.
28. Amirsasan R, Esmaeili A, Dabbagh Nikokheslat S, Karimi P. The effect of aerobic training on serotonin and tryptophan hydroxylase of prefrontal cortex in type 2 diabetic rats. Stud Med Sci. 2017; 27(12): 1058-1067. doi: 10.18869/acadpub.umj.27.12.1058.
29. Gupta AK, Gupta S, Mehan S, Khan Z, Das Gupta G, Narula AS. Exploring the connection between BDNF/TrkB and AC/cAMP/PKA/CREB signaling pathways: potential for neuroprotection and therapeutic targets for neurological disorders. Mol Neurobiol. 2025; 62(11):14627-14659. doi: 10.1007/s12035-025-05001-5.
30. Romero Garavito A, Díaz Martínez V, Juárez Cortés E, Negrete Díaz JV, Montilla Rodríguez LM. Impact of physical exercise on the regulation of brain-derived neurotrophic factor in people with neurodegenerative diseases. Front Neurol. 2025; 15:1505879. doi: 10.3389/fneur.2024.1505879.
31. Yücel RK, Özdemir F, Ural Ulucan H, Hızlı Yücel S. Endogenous opioid system in pain management: mechanisms, influences, and clinical implications. J Exp Clin Med. 2025; 42(2): 207-211. doi: 10.52142/omujecm.42.2.15.
32. Mitsi V, Zachariou V. Modulation of pain, nociception, and analgesia by the brain reward center. Neuroscience. 2016 Dec 3; 338: 81-92. doi: 10.1016/j.neuroscience.2016.05.017.
33. Heydari T, Ramdass PVAK. Circadian rhythm disruption and polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. AJOG Glob Rep. 2025; 5(2): 100479. doi: 10.1016/j.xagr.2025.100479.
34. Zhao H, Zhang J, Cheng X, Nie X, He B. Insulin resistance in polycystic ovary syndrome across various tissues: an updated review of pathogenesis, evaluation, and treatment. J Ovarian Res. 2023;16(1):9. doi: 10.1186/s13048-022-01091-0.