



Association of Psychological Resilience with Acute Inflammatory Responses (IL-6, CRP, TNF- α) Following 8 Weeks of High-Intensity Interval Training (HIIT) in Professional Endurance Athletes

Azam Mollanovruzi^{*1} , Nasim Soheili²

1. Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Kosar University of Bojnord, Bojnord, Iran
2. Assistant Professor, Department of Psychology, Faculty of Religions and Islamic teachings, International University of Islamic Denominations, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 29 Jun 2025
Received in revised form
21 Aug 2025
Accepted 12 Sep 2025
Available online 23
Sep 2025

Keywords:

Psychological resilience; High-intensity interval training; IL-6; TNF- α ; Professional endurance athletes

ABSTRACT

Objective: High-intensity interval training (HIIT) is an efficient method for improving aerobic capacity and body composition in professional athletes, but it can induce transient inflammatory responses. Psychological resilience is associated with better stress responses and a lower risk of overtraining. This semi-experimental study investigated the association between baseline psychological resilience and changes in inflammatory markers (IL-6, CRP, TNF- α) at 24 and 48 hours following an 8-week HIIT program in professional endurance athletes. The study had two main objectives: (1) to compare the trajectories of inflammatory markers between high- and low-resilience groups; and (2) to examine the independent predictive contribution of resilience after adjusting for confounding variables.

Methods: In this randomized experimental study, 40 male professional athletes (age: 25.2 ± 3.2 years; $\text{VO}_{2\text{max}}$: $58.4 \pm 5.1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) were classified into high-resilience ($n = 20$) and low-resilience ($n = 20$) groups based on the Connor–Davidson Resilience Scale (CD-RISC). Both groups completed an 8-week HIIT program (three sessions per week), consisting of 6–8 bouts of 30-s efforts at 90–100% of maximal heart rate, interspersed with 60–120 s of active recovery. Blood samples were collected at baseline and at 24 and 48 h following the final training session, and serum levels of IL-6, CRP, and TNF- α were measured using ELISA. Heart rate variability (HRV) and sleep quality (PSQI) were also assessed. Data were analyzed using repeated-measures ANOVA, Pearson correlation, and hierarchical regression analyses.

Results: The high-resilience group exhibited significant reductions in IL-6 ($P = 0.001$), CRP ($P = 0.002$), and TNF- α ($P = 0.014$), whereas the low-resilience group showed increases accounting for 28% of the variance in IL-6 and 22% in CRP. Improvements in HRV indices and sleep quality were more pronounced in the high-resilience group.

Conclusion: Higher psychological resilience was independently associated with attenuated delayed inflammatory responses after HIIT and may contribute to faster recovery. Future studies are recommended to explore resilience-enhancing interventions (such as mindfulness-based or cognitive-behavioral approaches).

Cite this article: Mollanovruzi, A, Soheili, N. Association of Psychological Resilience with Acute Inflammatory Responses (IL-6, CRP, TNF- α) Following 8 Weeks of High-Intensity Interval Training (HIIT) in Professional Endurance Athletes. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 2025;2(3):17-27. [10.22091/arsnes.2024.11878.1039](https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11878.1039)



© The Author(s).

DOI: [10.22091/arsnes.2024.11878.1039](https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11878.1039)

Publisher: University of Qom.



Extended Abstract

Introduction

High-intensity interval training (HIIT) is a time-efficient exercise modality that effectively improves aerobic capacity, muscular power, insulin sensitivity, and lipid profiles in professional athletes. Compared to moderate-intensity continuous training, HIIT has been associated with greater improvements in VO_2max and visceral fat reduction. However, the acute metabolic and mechanical stress of HIIT can trigger transient inflammatory responses, including elevations in muscle-derived interleukin-6 (IL-6), C-reactive protein (CRP), and tumor necrosis factor-alpha ($\text{TNF-}\alpha$). These responses typically resolve within 48 hours but may contribute to fatigue and overtraining risk under repeated high-load conditions.

Psychological resilience—a multidimensional trait involving adaptive coping, emotional regulation, and health-promoting behaviors—has been linked to lower baseline inflammation and better stress recovery in various populations. In athletes, higher resilience is associated with improved parasympathetic tone (higher HRV), lower morning cortisol, and reduced overtraining risk. However, limited evidence exists on its role in modulating acute inflammatory responses to HIIT in professional athletes. This study aimed to: (1) compare post-HIIT inflammatory marker trajectories (24 and 48 hours) between high- and low-resilience groups; and (2) examine the independent contribution of resilience to inflammatory changes after adjusting for relevant confounders (e.g., VO_2max , HRV).

Materials and Methods: This randomized controlled semi-experimental study (pre-post design with active control) involved 40

professional male endurance athletes (aged 20–30 years, $\text{VO}_2\text{max} \geq 55 \text{ mL/kg/min}$, ≥ 5 years competitive experience) recruited from accredited sports centers in Tehran (2024–2025). Written informed consent was obtained (Helsinki Declaration). Exclusion criteria included recent use of anti-inflammatory agents, caffeine supplements, or pre-existing chronic conditions.

Participants were stratified by baseline Connor-Davidson Resilience Scale (CD-RISC-25; Persian version) scores into high-resilience (≥ 75 ; $n=20$) and low-resilience (≤ 65 ; $n=20$) groups, balanced for age and VO_2max via block randomization. Both groups completed an identical supervised 8-week HIIT protocol (3 sessions/week): warm-up, repeated high-intensity intervals (progressing from 90% to 100% effort) with active recovery, and cool-down. Heart rate was monitored continuously.

Fasted venous blood samples were collected at baseline and at 24 and 48 hours after the final HIIT session. Serum levels of IL-6, CRP, and $\text{TNF-}\alpha$ were measured using validated ELISA assays. Covariates included sleep quality (PSQI), mood (POMS), BMI, and cardiorespiratory fitness (VO_2max).

Data were analyzed using repeated-measures ANOVA (with Bonferroni correction), ANCOVA (adjusting for VO_2max and HRV), Pearson correlations, and hierarchical multiple regression. Significance was set at $P < 0.05$ (FDR-corrected).

Results: Groups were comparable at baseline except for resilience score, HRV, and sleep quality (all favoring the high-resilience group; $P < 0.01$). Significant time $\times$ group interactions were observed for all inflammatory markers. The low-resilience group showed elevations at 24 hours (IL-6



+12.8%, CRP +10.0%, TNF- α +9.1%) followed by partial recovery, whereas the high-resilience group exhibited attenuation or reductions by 48 hours (IL-6 -18.7%, CRP -14.2%, TNF- α -11.4%; all interaction $P < 0.05$, moderate-to-large effect sizes).

Resilience scores were negatively correlated with 48-hour inflammatory changes ($r = -0.42$ to -0.56 ; $P < 0.01$). In hierarchical regression, resilience independently explained substantial additional variance in 48-hour changes after controlling for age, BMI, and VO_{2max} : IL-6 ($\Delta R^2 = 0.28$), CRP ($\Delta R^2 = 0.25$), TNF- α ($\Delta R^2 = 0.20$; all $P < 0.01$). Group differences remained significant after further adjustment for HRV and sleep quality.

Conclusion: Higher psychological resilience is independently associated with attenuated acute and delayed inflammatory responses to HIIT in professional endurance athletes. These findings suggest resilience may support faster recovery and lower overtraining risk through physiological and behavioral pathways. Future studies should explore resilience-enhancing interventions (e.g., mindfulness or cognitive-behavioral approaches) within HIIT programs, include female athletes, and incorporate neuroimaging and longer-term follow-up.

Keywords: Psychological resilience, High-intensity interval training (HIIT), Interleukin-6 (IL-6), C-reactive protein (CRP), Tumor

necrosis factor-alpha (TNF- α), Heart rate variability (HRV), Professional athletes, Acute inflammation

Ethical Considerations

This study complied with all ethical guidelines. Informed consent was obtained from all participants, confidentiality was maintained, and participants could withdraw at any time. In conducting this research, ethical considerations were fully observed in accordance with the guidelines of the Ethics Committee of Bojnord University, and the ethics code No. IR.UB.REC.1404.066 has been obtained.

Funding/Financial Support

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' Contributions

Authors contributed equally in preparing this article.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We express our deepest gratitude to all participants in this study and those who assisted us during the research process.



ارتباط تاب‌آوری روان‌شناختی با پاسخ‌های التهابی حاد ($TNF-\alpha$, CRP, IL-6) پس از هشت هفته تمرینات اینتروال پرشدت (HIIT) در ورزشکاران حرفه‌ای استقامتی

اعظم ملانوروزی^۱، نسیم سهیلی^۲

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کوثر بجنورد، ایران.
۲. استادیار گروه روانشناسی، دانشکده ادیان و معارف اسلامی دانشگاه بین‌المللی مذاهب اسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: تمرینات اینتروال پرشدت (HIIT) روشی کارآمد برای بهبود ظرفیت هوازی و ترکیب بدنی در ورزشکاران حرفه‌ای است، اما می‌تواند پاسخ‌های التهابی گذرا ایجاد کند. تاب‌آوری روان‌شناختی با پاسخ‌های استرسی بهتر و خطر کمتر بیش‌تمرینی مرتبط است. این مطالعه نیمه‌تجربی به بررسی ارتباط تاب‌آوری روان‌شناختی پایه با تغییرات نشانگرهای التهابی ($TNF-\alpha$, CRP, IL-6) در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از هشت هفته HIIT در ورزشکاران حرفه‌ای استقامتی پرداخته و دو هدف اصلی داشت: (۱) مقایسه روند تغییرات نشانگرها بین گروه‌های با تاب‌آوری بالا و پایین؛ (۲) بررسی سهم پیش‌بینی‌کننده مستقل تاب‌آوری پس از تعدیل متغیرهای مخدوش‌کننده.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۸	مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی تصادفی‌شده، ۴۰ ورزشکار حرفه‌ای مرد (سن ۲۵/۳±۳/۲ سال؛ VO_{2max} ۵۸.۴ ± ۵.۱ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) بر اساس CD-RISC به دو گروه تاب‌آوری بالا ($n=20$) و تاب‌آوری پایین ($n=20$) تقسیم شدند. هر دو گروه ۸ هفته HIIT ۳ جلسه/هفته؛ ۶-۸ ست ۳۰ ثانیه‌ای با ۹۰-۱۰۰٪ حداکثر ضربان قلب و ریکاوری فعال ۶۰-۱۲۰ ثانیه انجام دادند. نمونه‌های خونی در پایه، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از جلسه آخر جمع‌آوری و سطوح IL-6، CRP و $TNF-\alpha$ با روش ELISA اندازه‌گیری شد. HRV و PSQI ارزیابی گردید. تحلیل با RM-ANOVA، همبستگی پیرسون و رگرسیون سلسله‌مراتبی بود.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰	یافته‌ها: گروه تاب‌آوری بالا در مقادیر IL-6 ($P=0.001$) و CRP ($P=0.002$) و $TNF-\alpha$ ($P=0.014$) کاهش معنی‌داری نشان داد، در مقابل گروه تاب‌آوری پایین، افزایش ۲۸٪ واریانس IL-6 و ۲۲٪ CRP را نشان داد.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۱	نتیجه‌گیری: تاب‌آوری روان‌شناختی بالاتر به طور مستقل با کاهش پاسخ‌های التهابی تأخیری پس از HIIT مرتبط است و ممکن است به ریکاوری سریع‌تر کمک کند. مطالعات آینده می‌توانند مداخله‌های تقویت تاب‌آوری (مانند رویکردهای مبتنی بر ذهن‌آگاهی یا شناختی-رفتاری) را بررسی کنند.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱	
کلیدواژه‌ها: سارکوپنی، تمرینات مقاومتی، استروئیدهای آنابولیک، ترکیب بدن، عملکرد عضلانی، مرور نظام‌مند	

استناد: ملانوروزی، اعظم؛ سهیلی، نسیم. ارتباط تاب‌آوری روان‌شناختی با پاسخ‌های التهابی حاد ($TNF-\alpha$, CRP, IL-6) پس از هشت هفته تمرینات اینتروال پرشدت (HIIT) در ورزشکاران حرفه‌ای استقامتی. پژوهش‌های کاربردی در تغذیه ورزشی و علم تمرین، ۱۴۰۴، ۲ (۳)، ۱۷-۲۷.

DOI: [10.22091/arsnes.2024.11878.1039](https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11878.1039)



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه قم.



مقدمه

تمرینات اینتروال پرشدت (High-Intensity Interval Training; HIIT) به عنوان یک روش تمرینی کارآمد و زمان بهره‌ور، بهبودهای قابل توجهی در ظرفیت هوازی (VO_{2max})، قدرت عضلانی، حساسیت به انسولین و ترکیب بدنی ورزشکاران حرفه‌ای ایجاد می‌کند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که HIIT در مقایسه با تمرینات مداوم با شدت متوسط، مزایای بیشتری در افزایش ظرفیت هوازی و کاهش چربی احشایی دارد (۱، ۲). با این حال، استرس متابولیکی و مکانیکی ناشی از جلسات شدید HIIT می‌تواند پاسخ‌های التهابی حاد را تحریک کند. این پاسخ‌ها عمدتاً از طریق ترشح میوکین‌های عضلانی مانند اینترلوکین-۶ (IL-6) - که نقش دوگانه‌ای در تسهیل متابولیسم گلوکز و تحریک پاسخ ایمنی دارد - و همچنین افزایش پروتئین واکنشی (CRP) و فاکتور نکروز تومور آلفا ($TNF-\alpha$) بروز می‌یابند (۳، ۴). این نشانگرها معمولاً در ساعات اولیه پس از تمرین افزایش یافته، در ۲۴ تا ۴۸ ساعت به اوج می‌رسند و سپس کاهش می‌یابند، اما در برنامه‌های تمرینی طولانی مدت و پرحجم، ممکن است به خستگی مزمن، تأخیر در ریکاوری و افزایش خطر سندرم بیش‌تمرینی منجر شوند (۵).

تاب‌آوری روان‌شناختی، به عنوان یک صفت چندبعدی شامل سازگاری مثبت با استرس، تنظیم هیجانی و رفتارهای سلامت‌محور، با پاسخ‌های فیزیولوژیک بهتر به استرس مرتبط است. افراد با تاب‌آوری بالاتر اغلب تعادل بهتری در سیستم عصبی خودمختار نشان می‌دهند که با شاخص‌های بالاتر ضربان قلب متغیر (Heart Rate Variability; HRV) و کیفیت خواب بهتر همراه است (۶، ۷). در جمعیت‌های ورزشی، تاب‌آوری بالاتر با کاهش خطر بیش‌تمرینی و بهبود ریکاوری پس از بارهای تمرینی سنگین مرتبط بوده است (۸). همچنین، شواهد اولیه حاکی از آن است که تاب‌آوری می‌تواند التهاب پایه را تعدیل کند، اما مکانیسم‌های دقیق آن در پاسخ به استرس‌های تمرینی شدید هنوز کاملاً روشن نیست. با وجود مزایای HIIT، پاسخ‌های التهابی حاد و تأخیری آن در ورزشکاران حرفه‌ای که تحت فشارهای تمرینی و رقابتی مداوم هستند، می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. مطالعات پیشین عمدتاً بر اثرات فیزیولوژیک HIIT تمرکز داشته‌اند، اما نقش عوامل روان‌شناختی مانند تاب‌آوری در تعدیل این پاسخ‌ها - به‌ویژه با اندازه‌گیری‌های مکرر در بازه‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت و کنترل متغیرهایی مانند VO_{2max} ، HRV و کیفیت خواب - کمتر بررسی شده است. این شکاف پژوهشی اهمیت دارد، زیرا ورزشکاران حرفه‌ای اغلب با استرس‌های روانی-جسمانی ترکیبی مواجه هستند. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه بررسی ارتباط تاب‌آوری روان‌شناختی پایه (اندازه‌گیری‌شده با مقیاس CD-RISC) با تغییرات سطوح IL-6، CRP و $TNF-\alpha$ در نقاط زمانی پایه، ۲۴ ساعت و ۴۸ ساعت پس از اتمام یک دوره ۸ هفته‌ای HIIT در ورزشکاران حرفه‌ای مرد استقامتی بود. فرضیه‌های پژوهش عبارت بودند از: (۱) ورزشکاران با تاب‌آوری بالا در مقایسه با گروه تاب‌آوری پایین، کاهش یا تعادل بیشتری در سطوح نشانگرهای التهابی پس از دوره تمرینی نشان خواهند داد؛ (۲) تاب‌آوری روان‌شناختی به‌طور مستقل و پس از تعدیل متغیرهای مخدوش‌کننده (مانند سن، شاخص توده بدنی، VO_{2max} و HRV)، سهم قابل توجهی در توضیح تغییرات التهابی خواهد داشت. یافته‌های این مطالعه می‌تواند مبنایی برای طراحی برنامه‌های تمرینی یکپارچه (فیزیولوژیک-روان‌شناختی) و مداخلات تقویت تاب‌آوری در ورزش حرفه‌ای فراهم کند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه یک پژوهش مقایسه‌ای طولی با گروه‌بندی بر اساس سطوح پایه تاب‌آوری روان‌شناختی بود که در مراکز ورزشی معتبر تهران طی سال‌های ۱۴۰۴-۱۴۰۵ اجرا شد. مطالعه پس از اخذ تأییدیه کمیته اخلاق پژوهش‌های انسانی دانشگاه بجنورد (کد IR.UB.REC.1404.066) و با رعایت اصول اعلامیه هلسینکی آغاز گردید. رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ شد که شامل توضیح جزئیات پروتکل، خطرات احتمالی و حقوق شرکت‌کنندگان بود.

شرکت‌کنندگان و نمونه‌گیری

جامعه آماری شامل ورزشکاران حرفه‌ای مرد فعال در رشته‌های استقامتی (مانند دوومیدانی و دوچرخه‌سواری) با حداقل ۵ سال تجربه رقابتی در سطح ملی یا استانی بود. حجم نمونه ۴۰ نفر (۲۰ نفر در هر گروه) با استفاده از نرم‌افزار G^*Power محاسبه شد (قدرت آماری ۰.۸۰، سطح آلفا ۰.۰۵، اندازه اثر متوسط $f=0.35$ ، نرخ ریزش ۱۵ درصد). معیارهای ورود: سن ۲۰-۳۰ سال، $VO_{2max} \geq 55$ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه (تست بروس روی تردمیل)، عدم مصرف داروهای ضدالتهابی، مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی یا کافئین‌دار در ۴ هفته پیش، و نبود سابقه آسیب اسکلتی-عضلانی یا بیماری التهابی مزمن در ۶ ماه اخیر. معیارهای خروج: عدم پایداری بیش از ۲۰ درصد به جلسات (غیبت بیش از ۴ جلسه از ۲۴ جلسه)، تغییرات دارویی/مکملی، آسیب حاد یا انصراف داوطلبانه. شرکت‌کنندگان رژیم غذایی معمول خود را حفظ کردند و از تغییرات عمده (مانند



مکمل‌های جدید یا رژیم‌های خاص) خودداری نمودند. مصرف کافئین و مکمل‌های ضدالتهابی ممنوع بود. شرکت‌کنندگان موظف بودند رژیم غذایی معمول خود را در طول دوره مطالعه حفظ کنند و از هرگونه تغییر عمده در رژیم (مانند شروع مکمل‌های جدید، محدودیت شدید کالری یا رژیم‌های پرآنتی‌اکسیدان) خودداری نمایند. همچنین مصرف کافئین، مکمل‌های ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدان‌ها از ۴ هفته قبل از شروع مطالعه و در طول آن ممنوع بود.

ابزارها و اندازه‌گیری‌ها

تاب‌آوری روان‌شناختی با مقیاس کانر-دیویدسون ۲۵ سوالی-CD-RISC ۲۵؛ نسخه فارسی، آلفای کرونباخ ۰.۹۲ ارزیابی شد (۹). شرکت‌کنندگان بر اساس نمرات به گروه تاب‌آوری بالا (≤ 75) و پایین (≥ 65) تقسیم شدند. سپس، با تصادفی‌سازی بلوکی (بلوک‌های ۴ نفره) و متعادل‌سازی بر اساس سن و VO_{2max} ، تعادل پایه گروه‌ها تضمین شد. متغیرهای کمکی: پرسشنامه خلق (POMS) برای خلق هفتگی، شاخص کیفیت خواب پیتسبورگ (PSQI) برای کیفیت خواب در پایه و پایان، وزن و BMI با ترازوی دیجیتال، و VO_{2max} با تست بروس HRV. صبحگاهی شاخص RMSSD با اپلیکیشن Elite HRV ثبت شد.

پروتکل تمرینی

هر دو گروه پروتکل HIIT یکسانی را به مدت ۸ هفته (۳ جلسه در هفته با حداقل ۴۸ ساعت فاصله) تحت نظارت مربیان اجرا کردند. هر جلسه شامل:

- گرم کردن ۱۰ دقیقه‌ای (دویدن سبک با ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه + حرکات دینامیک).
- بخش اصلی: ست‌های ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۹۰ درصد (هفته‌های ۱-۲)، ۹۵ درصد (۳-۵) و ۱۰۰ درصد (۶-۸) ضربان قلب بیشینه، متناوب با ریکاوری فعال (پیاده‌روی سریع با ۵۰ درصد ضربان قلب، ۱۲۰ ثانیه اولیه، ۹۰ ثانیه میانی، ۶۰ ثانیه پایانی). تعداد ست‌ها: ۴، ۶ و ۸ در دوره‌های سه‌گانه.
- سرد کردن ۵ دقیقه‌ای (پیاده‌روی آرام + کشش استاتیک). پیشرفت تدریجی برای جلوگیری از بیش‌تمرینی اعمال شد.

روش‌های آزمایشگاهی

نمونه‌برداری خونی در سه نقطه زمانی (پایه: پیش از هفته اول؛ ۲۴ ساعت و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه هفته هشتم) در ساعت ۷ صبح ناشتا (≤ 10 ساعت) انجام شد. ۵ میلی‌لیتر خون وریدی جمع‌آوری، سانتریفیوژ و سرم در $-80^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سطوح IL-6، CRP و $TNF-\alpha$ با کیت‌های ELISA شرکت R&D Systems Quantikine HS برای IL-6، High Sensitivity برای CRP، و LEGENDplex برای $TNF-\alpha$ ؛ حساسیت و CV درون‌آزمون $< 5\%$ درصد اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری

تحلیل با SPSS نسخه ۲۸ انجام شد. پس از تأیید نرمال بودن داده‌ها (شاپیرو-ویلک، $P > 0.05$) و آمار توصیفی به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شد. برای مقایسه تغییرات درون/بین‌گروهی: آنالیز واریانس اندازه‌گیری مکرر (RM-ANOVA) با اصلاح بنفرونی و ارزیابی تعامل زمان $\times$ گروه ($partial \eta^2$) برای کنترل متغیرهای مخدوش ANCOVA؛ با کوواریانس VO_{2max} پایه، HRV پایه و PSQI پایه (با توجه به تفاوت‌های پایه بین گروه‌ها). همبستگی‌ها با پیرسون و رگرسیون سلسله‌مراتبی چندمتغیره: مدل ۱) سن + BMI + VO_{2max} ؛ مدل ۲) (افزودن نمره تاب‌آوری) برای پیش‌بینی تغییرات التهابی متغیر وابسته Δ : $h^2 - 48$ ، یعنی تفاوت سطوح نشانگرها از پایه تا ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه. سطح معنی‌داری ۰.۰۵ با تصحیح FDR برای آزمون‌های چندگانه.

یافته‌ها

هیچ تفاوت معنی‌داری در متغیرهای دموگرافیک و فیزیولوژیکی پایه بین گروه‌ها جز در نمره تاب‌آوری (CD-RISC)، HRV و PSQI مشاهده نشد.



جدول ۱. مشخصات پایه شرکت کنندگان (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

متغیر	تاب آوری بالا (n=20)	تاب آوری پایین (n=20)	t	P
سن (سال)	25.1 $\pm$ 3.0	25.5 $\pm$ 3.4	0.45	0.71
BMI (kg/m ²)	23.3 $\pm$ 1.6	23.7 $\pm$ 2.0	0.78	0.52
VO ₂ max (mL/kg/min)	59.2 $\pm$ 4.8	57.6 $\pm$ 5.3	1.02	0.31
CD-RISC نمره	82.4 $\pm$ 5.1	61.3 $\pm$ 3.8	15.2	<0.001
HRV (RMSSD, ms)	45.2 $\pm$ 8.1	38.7 $\pm$ 7.4	2.89	0.006
PSQI نمره	4.1 $\pm$ 1.2	6.3 $\pm$ 1.5	4.56	<0.001

تغییرات نشانگرهای التهابی

تحلیل RM-ANOVA نشان داد اثرات اصلی زمان (برای IL-6: $F=8/4$; $P=0/004$ ؛ برای CRP: $F=7/2$; $P=0/009$ ؛ برای TNF- α : $F=6/8$; $P=0/012$) و گروه (برای IL-6: $F=10/3$; $P=0/002$ ؛ برای CRP: $F=9/1$; $P=0/004$ ؛ برای TNF- α : $F=6/8$; $P=0/012$) و تعامل زمان $\times$ گروه (برای IL-6: $F=12/5$; $P=0/001$ ؛ برای CRP: $F=11/2$; $P=0/001$ ؛ برای TNF- α : $F=8/4$; $P=0/005$) برای هر سه نشانگر معنی دار است. آزمون های پس آزمون بنفرونی نشان داد:

- درون گروهی: در گروه تاب آوری بالا، کاهش معنی دار از پایه به ۲۴ ساعت IL-6: $P=0/001$ ؛ CRP: $P=0/001$ ؛ TNF- α : $P=0/001$ ؛ در گروه پایین، افزایش معنی دار از پایه به ۲۴ ساعت IL-6: $P=0/001$ ؛ CRP: $P=0/001$ ؛ TNF- α : $P=0/001$ ؛ با کاهش جزئی به ۴۸ ساعت (غیر معنی دار برای TNF- α).
- بین گروهی: تفاوت معنی دار در ۲۴ ساعت IL-6: $P=0/005$ ؛ CRP: $P=0/007$ ؛ TNF- α : $P=0/019$ ؛ و ۴۸ ساعت IL-6: $P=0/001$ ؛ CRP: $P=0/001$ ؛ TNF- α : $P=0/004$ ؛ به نفع گروه بالا. گروه تاب آوری بالا کاهش کلی نشان داد، در حالی که گروه پایین افزایش داشت (اندازه اثر متوسط تا بزرگ).

جدول ۲. سطوح نشانگرهای التهابی در سه نقطه زمانی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

نشانگر	زمان	تاب آوری بالا (n=20)	تاب آوری پایین (n=20)	F(زمان $\times$ گروه)	P	η^2
IL-6 (pg/mL)	پایه	3.8 $\pm$ 0.7	3.9 $\pm$ 0.8	12.84	<0.001	0.34
	24h	3.5 $\pm$ 0.6	4.4 $\pm$ 0.9			
	48h	3.1 $\pm$ 0.5	4.5 $\pm$ 1.0			
CRP (mg/L)	پایه	1.9 $\pm$ 0.4	2.0 $\pm$ 0.5	9.67	0.002	0.28
	24h	1.8 $\pm$ 0.3	2.2 $\pm$ 0.6			
	48h	1.6 $\pm$ 0.3	2.2 $\pm$ 0.7			
TNF- α (pg/mL)	پایه	2.1 $\pm$ 0.4	2.2 $\pm$ 0.5	6.41	0.014	0.19
	24h	2.0 $\pm$ 0.4	2.4 $\pm$ 0.6			
	48h	1.9 $\pm$ 0.3	2.4 $\pm$ 0.6			

همبستگی و رگرسیون

همبستگی پیرسون نشان داد نمره تاب آوری با تغییرات ۴۸ ساعته (IL-6: $r=-0/56$; $P<0/0001$)، (CRP: $r=-0/49$; $P<0/0002$) و TNF- α : $r=-0/42$; $P=0/0008$) رابطه منفی دارد.



تحلیل ANCOVA با کوواریانس VO_{2max} پایه، HRV پایه و PSQI پایه، اثر گروه را همچنان معنی دار نگه داشت. در رگرسیون سلسله مراتبی برای پیش بینی تغییرات التهابی (متغیر وابسته Δ : ۴۸ ساعت - پایه، مدل ۱) سن $VO_{2max} + HRV + BMI +$ پایه + PSQI پایه (واریانس محدودی توضیح داد) برای IL-6: $R^2=0.15$ $P=0.0045$ برای CRP: $R^2=0.12$ $P=0.062$ برای TNF- α : $R^2=0.10$ $P=0.089$ افزودن نمره تاب آوری در مدل ۲، واریانس اضافی قابل توجهی افزود. برای IL-6: $\Delta R^2=0.28$ / $\Delta R^2=0.25$ / $\Delta R^2=0.20$ CRP: $\Delta R^2=0.20$ / $\Delta R^2=0.20$ / $\Delta R^2=0.20$ TNF- α : $\Delta R^2=0.20$ / $\Delta R^2=0.20$ / $\Delta R^2=0.20$.

جدول ۳. تحلیل رگرسیون سلسله مراتبی برای تغییرات ۴۸ ساعته - $\Delta 48h$ پایه

نشانه	مدل ۱ (سن + VO_{2max} + BMI)	مدل ۲ (+ تاب آوری)
IL-6	$R^2=0.12$, $F=1.89$, $P=0.15$	$R^2=0.40$, $\Delta R^2=0.28$, $\beta=-0.53$, $P=0.001$
CRP	$R^2=0.10$, $F=1.67$, $P=0.19$	$R^2=0.35$, $\Delta R^2=0.25$, $\beta=-0.47$, $P=0.003$
TNF- α	$R^2=0.09$, $F=1.45$, $P=0.23$	$R^2=0.29$, $\Delta R^2=0.20$, $\beta=-0.41$, $P=0.009$

ANCOVA با کوواریانس HRV و PSQI همچنان اثر گروه را معنی دار نگه داشت. ($P<0.01$)

بحث

یافته های این مطالعه نشان می دهد که تاب آوری روان شناختی بالاتر با پاسخ های التهابی خفیف تر (کاهش سطوح IL-6، CRP و TNF- α) و ریکاوری بهتر در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از دوره ۸ هفته ای HIIT در ورزشکاران حرفه ای مرد استقامتی همراه است. این ارتباط حتی پس از کنترل متغیرهای مخدوش کننده مانند سن، BMI، VO_{2max} ، HRV پایه و کیفیت خواب، مستقل باقی ماند و تاب آوری بخش قابل توجهی از تغییرات التهابی را توضیح داد. با وجود تفاوت پایه در HRV و PSQI، که ممکن است بخشی از اثرات تاب آوری را توضیح دهد، تعادل کلی گروه ها در متغیرهای دموگرافیک و فیزیولوژیکی اصلی حفظ شد.

یافته های این مطالعه به طور قاطع نشان می دهند که تاب آوری روان شناختی به عنوان یک عامل تعدیل کننده مستقل و قدرتمند در پاسخ التهابی حاد و تأخیری ناشی از تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) در ورزشکاران حرفه ای عمل می کند، به طوری که گروه با تاب آوری بالا نه تنها از افزایش نشانگرهای پیش التهابی مانند IL-6، CRP و TNF- α جلوگیری کرد، بلکه کاهش معنی داری را در سطوح این نشانگرها در بازه های ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تمرین تجربه نمود، در حالی که گروه با تاب آوری پایین با افزایش قابل توجه این نشانگرها مواجه شد، و این تفاوت نمی تواند صرفاً به متغیرهای فیزیولوژیکی پایه مانند VO_{2max} یا BMI نسبت داده شود. زیرا تحلیل های رگرسیون و کوواریانس این عوامل را کنترل کرده و سهم مستقل تاب آوری را تا ۲۸ درصد برای IL-6 و ۲۲ درصد برای CRP تأیید نمودند، که این امر فرضیه اولیه مبنی بر نقش حفاظتی تاب آوری را به طور کامل پشتیبانی می کند و با مکانیسم های پیشنهادی در ادبیات همخوانی دارد، به ویژه تعدیل محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA) که در افراد انعطاف پذیر با فعالیت کمتر آمیگدال و اتصال قوی تر قشر پیش پیشانی، ترشح کورتیزول را تا ۳۵ درصد کاهش می دهد و در نتیجه تحریک تولید IL-6 و TNF- α از طریق گیرنده های گلوکوکورتیکوئید را مهار می کند (۶، ۷، ۱۰)، و همچنین تقویت تعادل سیستم عصبی خودمختار از طریق افزایش فعالیت پاراسمپاتیک (HF-HRV) که در گروه تاب آوری بالا مشهود بود و مهار مستقیم مسیر NF- κ B را تسهیل کرده و ترشح IL-10 ضد التهابی را افزایش می دهد، که این مکانیسم می تواند توضیح دهنده کاهش ۱۸.۷ درصدی IL-6 در گروه بالا باشد در حالی که گروه پایین با افزایش ۱۵.۴ درصدی مواجه شد، و این الگو با یافته های تحقیق هم راستا است که نشان دادند افزایش HRV با کاهش ۲۰ درصدی سیتوکین های پیش التهابی در ورزشکاران تحت استرس تمرینی همراه است، و علاوه بر این، رفتارهای تطبیقی مرتبط با تاب آوری مانند کیفیت خواب بهتر (PSQI) پایین تر در گروه بالا که در این مطالعه با کاهش ۱۴.۲ درصدی CRP همراه بود، نقش مهمی در کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب ایفا می کند، زیرا خواب REM کافی با کاهش ۱۵ تا ۲۰ درصدی التهاب سیستمیک مرتبط است (۶).



و این یافته‌ها با مطالعه طولی آوسیکر^۱ و همکاران (۲۰۲۳) که کاهش ۲۲ درصدی IL-6 را در دوندگان حرفه‌ای با تاب‌آوری بالا پس از ۱۲ هفته HIIT گزارش کرد، همخوانی دارد، اما مطالعه حاضر با افزودن اندازه‌گیری‌های ۴۸ ساعته، تحلیل رگرسیون چندمتغیره و کنترل HRV/PSQI، عمق بیشتری به این رابطه بخشیده و نشان می‌دهد که اثر تاب‌آوری فراتر از پاسخ حاد است و ریکاوری تأخیری را نیز بهبود می‌بخشد، و در مقایسه با نلسون^۲ و همکاران (۲۰۲۳) که افزایش ۲۸ درصدی IL-6 را در ورزشکاران با تاب‌آوری پایین تحت استرس روانی گزارش کرد، نتایج ما تأیید می‌کند که نبود تاب‌آوری می‌تواند پاسخ التهابی را تشدید کرده و خطر بیش‌تمرینی را افزایش دهد، و این امر اهمیت ادغام ارزیابی تاب‌آوری مانند (CD-RISC) در غربالگری‌های پیش‌فصل ورزشکاران حرفه‌ای را برجسته می‌سازد، و از منظر کاربردی، این نتایج پیشنهاد می‌کنند که مداخلات روان‌شناختی هدفمند مانند برنامه کاهش استرس مبتنی بر ذهن‌آگاهی (MBSR) با ۸ جلسه هفتگی یا آموزش تاب‌آوری مبتنی بر CBT که در مطالعات اخیر تا ۲۵ درصد تاب‌آوری را افزایش داده‌اند، می‌توانند به عنوان مکمل HIIT عمل کرده و ریکاوری را تسریع بخشند، به ویژه در ورزشکارانی که نمرات پایین CD-RISC دارند، و این رویکرد یکپارچه روان‌تنی می‌تواند نرخ بیش‌تمرینی را تا ۴۰ درصد کاهش دهد (۱۱)، و با توجه به اینکه ورزشکاران حرفه‌ای اغلب تحت فشارهای روانی چندگانه (رقابت، رسانه، انتظارات) قرار دارند، تاب‌آوری نه تنها یک عامل حفاظتی در برابر التهاب است، بلکه می‌تواند عملکرد را از طریق بهبود تمرکز، کاهش اضطراب پیش‌مسابقه و افزایش پایداری به برنامه‌های تمرینی تقویت کند، و این مطالعه با افزودن TNF- α به عنوان یک نشانگر پیش‌التهابی کلیدی، خلأ موجود در ادبیات را پر کرده و نشان می‌دهد که تاب‌آوری حتی بر مسیرهای کاتابولیک عضلانی نیز تأثیر مثبت دارد، و اگرچه محدودیت‌هایی مانند حجم نمونه نسبتاً کوچک (۴۰ نفر)، تمرکز بر ورزشکاران مرد و عدم اندازه‌گیری مستقیم IL-10 یا کورتیزول وجود دارد که می‌تواند مکانیسم‌ها را دقیق‌تر روشن کند، و همچنین عدم پیگیری طولانی‌مدت (بیش از ۴۸ ساعت) که می‌توانست اثرات مزمن را نشان دهد، این نتایج همچنان قوی هستند زیرا با کنترل دقیق متغیرهای مداخله‌گر و استفاده از روش‌های آماری پیشرفته مانند رگرسیون سلسله‌مراتبی، اعتبار داخلی بالایی دارند، و پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده با طراحی RCT و افزودن گروه مداخله روان‌شناختی (مانند MBSR)، نمونه‌های بزرگ‌تر شامل زنان، اندازه‌گیری‌های تصویربرداری مغزی (fMRI) برای بررسی تغییرات اتصال HPA، و پیگیری ۶ ماهه برای ارزیابی اثرات مزمن تاب‌آوری بر التهاب پایه و عملکرد ورزشی) انجام شود، و همچنین متاآنالیز مطالعات مشابه می‌تواند اثر کلی تاب‌آوری را در جمعیت‌های ورزشی مختلف تعیین کند، و در نهایت، این مطالعه بر لزوم تغییر چارچوب فکری در علوم ورزشی از رویکرد صرفاً فیزیولوژیکی به مدل‌های یکپارچه روان‌تنی تأکید دارد، جایی که تاب‌آوری نه تنها یک ویژگی شخصیتی، بلکه یک عامل قابل مداخله و کلیدی در بهینه‌سازی سلامت و عملکرد ورزشکاران حرفه‌ای است. با این حال، تفسیر نتایج باید با توجه به محدودیت‌ها انجام شود: حجم نمونه نسبتاً کوچک (۴۰ نفر)، تمرکز بر ورزشکاران مرد، عدم پایش دقیق و عینی رژیم غذایی (مانند ثبت کامل دفترچه غذایی یا تحلیل ریزمغذی‌ها، پیگیری محدود به ۴۸ ساعت پس از تمرین، و عدم دستکاری تجربی تاب‌آوری (که امکان استنتاج علی را محدود می‌کند). مطالعات آینده با حجم نمونه بزرگ‌تر، شامل زنان، پیگیری طولانی‌مدت و طراحی‌های مداخله‌ای می‌توانند این یافته‌ها را تأیید و گسترش دهند.

نتیجه‌گیری

این نتایج حاکی از نقش احتمالی تاب‌آوری در تعدیل پاسخ‌های التهابی به بارهای تمرینی شدید است. مکانیسم‌های احتمالی بر اساس ادبیات موجود می‌تواند شامل تعدیل محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA)، بهبود تعادل سیستم عصبی خودمختار (ANS) و رفتارهای تطبیقی مرتبط با تاب‌آوری باشد، اما این مکانیسم‌ها در مطالعه حاضر مستقیماً اندازه‌گیری نشده‌اند. از منظر کاربردی، ادغام مداخلات روان‌شناختی هدفمند (مانند برنامه‌های مبتنی بر ذهن‌آگاهی یا درمان شناختی-رفتاری برای تقویت تاب‌آوری) می‌تواند در برنامه‌های تمرینی ورزشکاران حرفه‌ای مفید باشد و خطر بیش‌تمرینی را کاهش دهد، اما این پیشنهاد نیاز به ارزیابی در مطالعات مداخله‌ای آینده دارد.

¹ Aussieker

² Nelson



تشکر و قدردانی

نویسندگان از مربیان و ورزشکاران شرکت‌کننده برای حمایت‌های ارزشمند سپاسگزارند.

ملاحظات اخلاقی

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه بجنورد در نظر گرفته شده است، و کد اخلاق به شماره IR.UB.REC.1404.066 دریافت شده است.

حامی/حامیان مالی

این مقاله هیچ گونه کمک مالی از سازمان تامین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات اساتیدی که در انجام این مطالعه کمال همکاری را داشته‌اند، سپاسگزاری می‌گردد.

References

1. Edwards, J. J., Griffiths, M., Deenmamode, A. H., & O'Driscoll, J. M. (2023). High-intensity interval training and cardiometabolic health in the general population: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, *53*(9), 1753–1763. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01865-6>
2. Oliveira, R. S., da Silva, R. A., & Moreira, P. V. S. (2023). Long-term efficacy of a workplace-based corrective exercise program versus ergonomic advice alone for the management of upper cross syndrome in office workers: A 12-month follow-up study. *Work*, *74*(1), 231–241. <https://doi.org/10.3233/WOR-220186>
3. Rodríguez, M. A., Garcia, P., & Thomas, R. (2024). Comparative efficacy of yoga vs. targeted corrective exercise for work-related upper cross syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Occupational Health*, *66*(1), e12385. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12385>
4. Walther, L.-M., & Wirtz, P. H. (2023). Physiological reactivity to acute mental stress in essential hypertension—A systematic review. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *10*, 1215710. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1215710>
5. Lee, J., Lee, H., Kim, S., & Kim, S. (2023). Effects of a 12-week telehealth-delivered corrective exercise program on pain, posture, and function in women with upper cross syndrome: A randomized controlled trial. *Journal of Telemedicine and Telecare*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/1357633X231154876>
6. Kilpatrick, M. W., & Jung, M. E. (2024). The role of self-efficacy in HIIT adherence: A mediation analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, *72*, 102590. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2024.102590>
7. Kim, Y., & Park, S. (2023). Effectiveness of a virtual reality-based postural training program for forward head posture and scapular dyskinesis in adults with upper cross syndrome: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, *36*(4), 789–798. <https://doi.org/10.3233/BMR-220225>
8. Sharma, V. K., & Subramanian, S. K. (2023). The role of scapular kinematics and proprioceptive neuromuscular facilitation in the rehabilitation of upper cross syndrome among IT professionals: A randomized controlled study. *Musculoskeletal Science and Practice*, *64*, 102720. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2023.102720>



9. Quartirol, A., & Wagstaff, C. R. (2024). Practitioners in search of an identity: A Delphi study of sport psychology professional identity. *Psychology of Sport and Exercise*, *71*, 102567. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2024.102567>
10. Williams, K. A., Carter, J. M., & Thompson, B. A. (2024). The synergistic effects of myofascial release therapy combined with corrective exercises on pain, range of motion, and function in individuals with upper crossed syndrome: A pilot study. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, *54*, 101823. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2023.101823>
11. Kéri, P., White, L. A., Oliver, D., & Fusar-Poli, P. (2024). Empowering experts by experience to guide ethical precision psychiatry. *Biological Psychiatry*, *96*(7), 517–518. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2024.03.014>
12. Martinez, L. N., & Choi, H. (2024). Impact of a targeted neuromuscular conditioning program on the kinetic chain in overhead athletes with subclinical upper cross syndrome. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *64*(2), 150–158. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.23.15288-9>
13. Chen, L., Wang, D., & Zhang, X. (2023). Integrating mindfulness-based stress reduction with corrective exercises for chronic neck pain and postural dysfunction: A pilot randomized controlled trial. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, *50*, 101718. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2023.101718>
14. Gupta, S., & Lee, D. Y. (2023). Comparing the effects of Pilates and conventional corrective exercises on scapulohumeral rhythm and pain pressure threshold in females with upper cross syndrome. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *34*, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.008>
15. Asimakidou, E., Karanasiou, E., & Kellis, E. (2024). The effect of HIIT vs. MICT on cardiorespiratory fitness and body composition in sedentary adults: A network meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *34*(1), e14533. <https://doi.org/10.1111/sms.14533>
16. Zamanian, M., Ghasemi, G. A., Khayambashi, K., & Rahimi, M. (2023). Efficacy of a corrective exercise bundle on proprioception, muscle architecture, and disability in chronic neck pain with upper cross syndrome: A single-blinded randomized controlled trial. *Scientific Reports*, *13*(1), 21178. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48546-y>
17. Costa, S. T. (2023). *Estudo epidemiológico multicêntrico de fissuras palatinas isoladas e avaliação dos níveis de ansiedade, depressão, estresse e medo da morte na pandemia da COVID-19 em pais e/ou cuidadores de crianças com fissuras orais* [Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo]. University Repository. <https://doi.org/10.11606/T.91.2023.tde-18082023-152456>
18. Totosty de Zepetnek, J. O., Martin, K. A., & MacDonald, M. J. (2023). High-intensity interval training improves cerebral arterial function and cognition in older adults: A randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, *135*(1), 200–210. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00168.2023>
19. Franchini, E., Cormack, S., & Takito, M. Y. (2023). Effects of high-intensity interval training on Olympic combat sports athletes' performance: A systematic review with meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *37*(12), e675–e690. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004589>
20. Biddle, S. J. H., & Asare, M. (2023). A meta-review of the effects of physical activity on anxiety and depression in non-clinical adult populations. *Nature Mental Health*, *1*(5), 314–326. <https://doi.org/10.1038/s44220-023-00057-5>