**مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران**
**سال بیست و یکم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۵، صفحات ۲۳-۱۳**

# تأثیر مکمل‌یاری پروبیوتیک و تمرینات HIIT بر سیستم عصبی اوتونوم، ترکیب بدن و ارتباط آنها در زنان کم‌تحرّک

نوشین ذاکری[۱]، رامین امیرساسان[۲]، وحید ساری صراف[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- نویسنده مسئول: استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. پست الکترونیکی: amirsasan@tabrizu.ac.ir

۳- استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۱۲

## چکیده

**سابقه و هدف:** هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر مکمل‌یاری پروبیوتیک و تمرینات تناوبی با شدّت بالا (HIIT) بر سیستم عصبی اوتونوم با روش تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) و شاخص توده بدنی، شاخص توده عضلانی، شاخص توده چربی و ارتباط بین HRV و شاخص‌های مذکور پس از هشت هفته تمرینات HIIT و مکمل‌یاری پروبیوتیک در زنان کم‌تحرّک بود.

**مواد و روش‌ها:** ۳۰ زن با میانگین سنی ۸ ±۳۲ سال به طور تصادفی به سه گروه HIIT، پروبیوتیک و HIIT + پروبیوتیک تقسیم شدند. در هر جلسه، HIIT بر مبنای دویدن و بر مبنای بازی هندبال انجام گرفت و مکمّل پروبیوتیکی به شکل یک کپسول حاوی $10^9$ CFU از مخلوط باکتریایی مصرف شد.

**یافته‌ها:** گروه HIIT + پروبیوتیک کاهش معنی‌داری در FMI نسبت به دو گروه دیگر نشان داد، این گروه در طول زمان افزایش معنی‌دار $\dot{V}O_{2max}$را نیز نشان داد. تفاوت معنی‌داری در طول زمان و بین گروه‌ها در شاخص‌های BMI و LMI مشاهده نگردید. گروه HIIT افزایش معنی‌داری در سطح کورتیزول سرمی در طول زمان نشان داد. در هیچکدام از شاخص‌های HRV بین سه گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید، با این حال تمامی شاخص‌های HRV به غیر از LnLF/LnHF در طول زمان افزایش معنی‌داری داشتند، که این افزایش در گروه HIIT + پروبیوتیک بیشتر بود. گروه HIIT + پروبیوتیک در طول زمان، کاهش بیشتر ضربان قلب استراحتی را نیز نشان داد. همبستگی معنی‌داری بین شاخص Ln RMSSD و FMI مشاهده گردید($p\leq ۰/۰۵$).

**نتیجه‌گیری:** HIIT همراه با مکمل پروبیوتیک تأثیر بهتری بر ترکیب بدن و شاخص‌های HRV داشت.

**واژگان کلیدی:** پروبیوتیک، HIIT ، شاخص توده بدن (BMI)، شاخص توده چربی (FMI)، شاخص توده عضلانی (LMI)، HRV، سیستم عصبی اوتونوم

### پیام‌های اصلی

- امروزه سبک زندگی پراسترس و بی‌تحرّک خصوصاً در زنان عامل بسیاری از بیماری‌های متابولیکی با منشأ سیستم عصبی اوتونوم می‌باشد
- HIIT و مکمل‌یاری پروبیوتیک موجب بهبود عملکرد سیستم عصبی اوتونوم (افزایش HRV) در طول زمان و بهبود برخی شاخص‌های متابولیکی مثل شاخص توده چربی در مطالعه حاضر شد.
- HIIT با افزایش و کاهش چرخه‌ای و مکرر فعالیت اعصاب سمپاتیک / پاراسمپاتیک و گردش خون احشایی و مکمل‌یاری پروبیوتیک از طریق تولید SCFA و متابولیت‌های آنها با بهبود فعالیت عصب واگ نقش مهمی در تعدیل سیستم عصبی اوتونوم و شاخص‌های متابولیکی دارند

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

## • مقدمه

تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) که تفاوت‌های زمانی بین فواصل R-R متوالی را توصیف می‌کند، معمولاً به عنوان یک روش غیرتهاجمی برای توصیف تأثیر سیستم عصبی خودکار بر عملکرد قلب استفاده می‌شود(۱). کاهش پارامترهای HRV مثل RMSSD (ریشه دوم میانگین مربعات اختلاف بین فواصل RR متوالی) که بیانگر عملکرد عصب واگ در شرایط استراحت می‌باشند، با افزایش بروز چندین بیماری مزمن قلبی و متابولیکی مرتبط است، در حالی که افزایش پارامترهای HRV با بهبود وضعیت متابولیکی مرتبط است(۱). تمرینات ورزشی در حال حاضر یک استراتژی امیدوارکننده برای بهبود HRV و کاهش مشکلات متابولیکی همچون چاقی و ... در نظر گرفته می‌شود(۲, ۳). با این وجود، اکثر مردم در جوامع توسعه‌یافته توصیه‌های فعالیت بدنی سازمان بهداشت جهانی را رعایت نکرده و کمبود وقت را دلیل اصلی می‌دانند (۴, ۵). در این زمینه، اخیراً روش‌های تمرینی کم‌هزینه‌تری مانند تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) معرفی شده‌اند که نتایج امیدوارکننده‌ای بر ترکیب بدن، عوامل خطر قلبی در بزرگسالان میانسال کم‌تحرک اما سالم دارند(۶). علاوه بر این، به نظر می‌رسد HIIT در مقایسه با تمرین تداومی با شدت متوسط در بزرگسالان غیرفعال ۲۰ تا ۴۰ ساله، سازگاری‌های بهتری را در HRV ایجاد می‌کند(۳).

با توجه به تنوع بسیار زیاد پروتکل‌ها، HIIT می‌تواند مکانیسم‌های متابولیکی و هورمونی متعددی را فعال‌کند. افزایش مصرف اکسیژن پس از تمرین (EPOC) و تحریک مسیرهای سیگنال‌دهی AMPK و PGC-1α باعث افزایش لیپولیز و کاهش توده چربی می‌شود، در حالی که تحریک هورمون رشد و IGF-1 می‌تواند توده عضلانی را حفظ یا افزایش دهد. از سوی دیگر، HIIT با تغییرات چرخه‌ای فعالیت سمپاتیک و پاراسمپاتیک در وهله‌های کار و استراحت موجب بهبود تعادل سیستم عصبی خودکار (ANS) و افزایش HRV می‌شود.HRV به عنوان شاخصی حساس از تعادل بین فعالیت اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک قلب، نشان‌دهنده توانایی بدن در مقابله با استرس و انعطاف‌پذیری فیزیولوژیک است(۷). از مکانیسم‌های دیگر تأثیرگذاری HIIT بر HRV می‌توان به ایجاد تغییرات چرخه‌ای در گردش خون احشایی و پریستالسیس روده اشاره کرد که همچون مکمل‌های پروبیوتیکی موجب بهبود تعادل میکروبیوم روده می‌شود که از طریق محور روده-مغز (Gut-Brain Axis) می‌تواند سطح کورتیزول را تعدیل کرده و پاسخ‌های استرس‌محور را کاهش دهد(۷, ۸). پروبیوتیک‌ها با بهبود عملکرد و انسجام سد روده‌ای، تولید مخاط و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه (SCFA)، تنظیم سیستم ایمنی و تعدیل عملکردهای ضد التهابی و تعادل متابولیک، برای سلامت میزبان مفید هستند(۹). پروبیوتیک‌ها می‌توانند از طریق جذب بیشتر اسیدهای آمینه و تنظیم منفی کاتابولیسم عضلات اسکلتی از طریق رقابت با باکتری‌های روده‌ای بیماری‌زا که در تحریک مسیرهای پیش‌التهابی از طریق افزایش سیستمیک سطح اینترلوکین-۶ (IL-6) و فاکتور نکروز تومور آلفا (TNF-α) نقش دارند، آنابولیسم را تقویت کنند، بنابراین تأثیر مثبتی بر توده عضلانی گزارش شده است(۱۰)(۴۲). هر چند برخی مطالعات نیز با مصرف مکمل پروبیوتیک تغییر معنی‌داری در درصد توده عضلانی مشاهده نکردند(۱۱, ۱۲). از سوی دیگر پروبیوتیک‌ها از طریق کاهش التهاب مزمن و در نتیجه افزایش حساسیت به انسولین در هیپوتالاموس حس سیری را افزایش داده و منجر به کاهش توده چربی نیز می‌شود (۱۳).

مطالعات نشان می‌دهند که میان تغییرپذیری ضربان قلب به عنوان شاخص غیرتهاجمی از تنظیم دستگاه عصبی خودکار و ترکیب بدنی ارتباط دوسویه وجود دارد. سطوح بالاتر چربی بالاتنه، به ویژه چربی‌های احشایی (VAT) با کاهش فعالیت پاراسمپاتیک و افت کلی شاخص‌های HRV گزارش شده‌اند(۱۴). در مقابل، افزایش شاخص‌های توده بدون چربی بدن با افزایش HRV و تعدیل واگ همراه است. ساز و کار پیشنهادی برای این ارتباط، کاهش میزان التهاب ناشی از بافت چربی، مقاومت انسولینی و تحریک اعصاب سمپاتیک در کنار آمادگی بیشتر قلبی-تنفسی ناشی از فعالیت بدنی است(۱۵, ۱۶). با توجه به تعامل پیچیده بین توده چربی، توده عضلانی، کورتیزول و تغییرپذیری ضربان قلب، بررسی اثرات ترکیبی

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

HIITو پروبیوتیک بر شاخص‌های مذکور و تحلیل روابط متقابل این پارامترها می‌تواند پایه علمی طراحی مداخلات جامع برای ارتقای سلامت متابولیک و کاهش پاسخ‌های استرس‌محور را فراهم آورد. بنابراین هدف از مطالعه حاضر ۱- بررسی تأثیر یک دوره‌ی هشت هفته‌ای تمرینات ورزشی HIIT و مکمل‌سازی پروبیوتیکی بر شاخص‌های ترکیب بدنی و HRV ۲- بررسی ارتباط تغییرات ترکیب بدن با تغییرات HRV ناشی از مداخلات در زنان جوان غیرفعال می‌باشد. لذا تدوین فرضیه‌ها بر مبنای اثر هم‌افزایی HIIT و پروبیوتیک در بهبود شاخص‌های مذکور و ارتباط تغییرات HRV ناشی از مداخلات، با تغییرات ترکیب بدنی در زنان جوان غیرفعال می‌باشد.

## • مواد و روش‌ها

### شرکت کنندگان

از جامعه آماری زنان جوان غیرورزشکار تبریز با سبک زندگی کم تحرّک که فراخوان شده بودند، تعداد ۳۰ نفر (منطبق بر نرم‌افزار آماری Gpower) از بین ۵۰ نفر داوطلب واجد شرایط، پس از تکمیل فرم پرسشنامه جمعیّت شناسی حاوی اطلاعات فردی، سوابق پزشکی و ورزشی، با روش نمونه‌گیری تصادفی به عنوان نمونه‌ی آماری برای این پژوهش انتخاب شدند. معیارهای ورود به تحقیق حاضر، جنسیّت مؤنث، محدوده سنّی۴۰-۲۰ سال، بی‌تمرینی حداقل به مدت شش ماه، نداشتن سابقه بیماری‌های عصبی و اختلال سیستم عصبی خودکار، بیماری‌های قلبی-عروقی، تنفّسی، متابولیکی همچون دیابت و مشکلات ارتوپدی بود. معیار خروج آزمودنی‌ها از طرح مربوطه شامل انواع آسیب‌دیدگی حین بازی، سایر بیماری‌های تشدید شونده در اثر شرکت در تمرینات ورزشی و هر گونه عدم همکاری بود. میانگین سنی آزمودنی‌ها ۷/۶± ۳۲/۳ سال و میانگین وزنی آنها ۱۳/۳۳±۷۴/۶ کیلوگرم بود. آزمودنی‌ها رضایت‌نامه شرکت داوطلبانه در پژوهش را مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق زیست پزشکی بود تکمیل نمودند. سپس، آزمودنی‌ها به سه گروه اعم از گروه مکمل(n=۱۰)، گروه تمرین (n=۱۰)، گروه مکمل + تمرین (n=۱۰) تقسیم شدند.

**بیانیه اخلاقی:** مراحل اجرای مطالعه‌ی حاضر توسط کمیته اخلاق زیست پزشکی دانشگاه تبریز، با شناسه اخلاق IR.TABRIZU.REC.1403.149 تأیید شد و از اصول آخرین بیانیه تجدید نظر شده هلسینکی (آخرین ویرایش اکتبر ۲۰۲۴) پیروی کرد.

### طرح مطالعاتی

تحقیق حاضر به صورت یک مطالعه تصادفی شده هشت هفته‌ای با طراحی گروهی موازی با پیروی از دستورالعمل‌های CONSORT، در دو مرحله‌ی پیش‌آزمون/ پس‌آزمون انجام شد. پس از تکمیل اندازه‌گیری‌های پایه در مرحله پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان با روش تصادفی‌سازی لایه‌ای به کمک نرم افزار آماری SPSS به سه گروه همگن ده نفره تقسیم شدند: (الف) HIIT (ب) مکمل‌سازی پروبیوتیک (ج) HIIT + پروبیوتیک. همگن‌سازی گروه‌ها بر مبنای سن، BMI و برخی شاخص‌های HRV انجام شد.

### نحوه مکمل‌سازی

مکمل پروبیوتیک، به شکل کپسول حاوی $10^9$ CFU از مخلوط باکتریایی سویه‌های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس فرمنتوم، لاکتوباسیلوس رامنوسوس، لاکتوباسیلوس کازئی، لاکتوباسیلوس پلانتاروم، بیفیدوباکتریوم لاکتیس، بیفیدوباکتریوم بِروه، بیفیدوباکتریوم لانگوم، بیفیدوباکتریوم بیفیدوم، ساخت شرکت زیست تخمیر کشور ایران بود. روزانه یک کپسول پروبیوتیک در طول مداخلات مصرف شد(۱۷).

### پروتکل تمرینی

این پروتکل بر اساس کتاب علم و کاربرد HIIT طراحی شد(۱۸). گروه‌های ورزشی سه جلسه تمرینی در هفته را به مدت هشت هفته انجام دادند. هر جلسه ۳۰ تا ۴۰ دقیقه طول کشید و شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۱۵ تا ۲۰ دقیقه HIIT و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. تمرینات اصلی شامل دو ست ۵ تایی (۱۰ تا ۳۰ ثانیه‌ای) HIIT بر مبنای دویدن رفت و برگشت ۴۰ متری و دو ست ۵ تایی (۱۰ تا ۳۰ ثانیه) HIIT مبتنی بر بازی هندبال شامل پاس و دریافت توپ بین دو بازیکن حین دویدن در همان مسافت بود، ستها با دو دقیقه استراحت از هم جدا می‌شدند. شدت فواصل تمرین از ۹۰ تا ۱۲۰ درصد $v\dot{V}O_2$ max در طول دوره تمرین متغیر بود، در حالی که فواصل استراحت فعال در ۵۰ تا ۶۰ درصد $v\dot{V}O_2$ max حفظ شد. شدت تمرین

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

هر دو هفته یکبار ۱۰ درصد افزایش می‌یافت. در سطوح شدت ثابت، نسبت تمرین به استراحت هفتگی از ۱:۲ به ۱:۱ افزایش می‌یافت.

**روش ارزیابی $v\dot{V}O_{2max}$**

از آزمودنی‌ها خواسته شد تا دور سالن مستطیلی شکل به ابعاد ۴۰×۲۰ متر را به مدّت پنج دقیقه با حداکثر سرعتی که می‌توانند بدوند. کل مسافت پیموده شده محاسبه و حداکثر سرعت رسیدن به اکسیژن مصرفی بیشینه آزمودنی‌ها بر حسب متر/ثانیه برآورد شد. حداکثر اکسیژن مصرفی هر فرد نیز، با جایگزاری حداکثر سرعت دویدن وی در فرمول زیر بدست آمد(۱۹).

$$= vV_{O2max}(m/min)] \times ۰/۲ + [۳/۵ VO_{2max}(ml/min)$$

**استانداردسازی مواد غذایی**

دریافت روزانه انرژی (Kcal) و مقدار کربوهیدرات، پروتئین و چربیِ (gr) آزمودنی‌ها پس از پر کردن یادآمد ۲۴ ساعته غذایی توسط فایل مواد مغذی کانادا (CNF) مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱).

**ثبت فواصل RR و تغییرپذیری ضربان قلب**

اندازه‌گیری HRV، در بازه‌ی زمانی ۱۰-۸ صبح، در محیطی سرپوشیده، ساکت و کم نور، در محدوده‌ی دمایی ۲۶-۲۵ درجه سانتیگراد، توسّط سیستم هولتر مانیتور سه کاناله شرکت Contec مدل TLC9803 ساخت کشور چین انجام گرفت. بدین منظور از آزمودنی‌ها خواسته شد تا به حالت خوابیده به پشت روی تخت قرار گرفته و در طول مدّت پنج دقیقه به حالت پایدار برسند. سپس لیدهای دستگاه توسط چِست استیک، روی پوست چسبانده شد و ثبت نوار قلبی به مدّت پنج دقیقه توسّط هولتر مانیتور انجام گرفت. در نهایت، اطلاعات حافظه رم دستگاه به نرم افزارِ مربوطه منتقل گردید. شرایط خاص ثبت فواصل R-R شامل؛ ناشتا بودن، عدم تغییر در الگوی خواب، اجتناب از مصرف محرک‌هایی همچون قهوه، الکل و داروها، نداشتن فعالیت بدنی در ۲۴ ساعت قبل از آزمایش بود (۲۰).

متغیرهای HRV در حوزه زمان [یعنی SDNN (انحراف معیار فواصل RR)، RMSSD (ریشه میانگین مربعات تفاوت‌های متوالی) و PNN50 ( درصد تعداد فواصل RR که بیش از ۵۰ میلی ثانیه است)] و پارامترهای حوزه فرکانس [یعنی فرکانس بالا (۰/۴-۰/۱۵ هرتز؛ معیاری از فعالیت عصب واگ)، فرکانس پایین (۰/۰۴-۰/۱۵ هرتز؛ معیاری از فعالیت سمپاتیک، پاراسمپاتیک و بارورفلکس) و نسبت فرکانس پایین/بالا (برای تخمین تعادل سمپاتیک-واگال استفاده می‌شود)] توسط نرم‌افزار CONTEC Holter استخراج شدند. SDNN شاخصی از مدولاسیون خودکار سراسری است، در حالی که RMSSD نشانگر مدولاسیون واگ است(۲۱).

**جدول ۱.** اطلاعات جمعیت شناسی و تغذیه ای شرکت کنندگان

| متغیرها | HIIT ( تعداد=۱۰) | پروبیوتیک (تعداد=۸) | HIIT+ پروبیوتیک(تعداد=۹) |
|---|---|---|---|
| سن(سال) | ۷,۵۲±۳۳,۸ | ۳۳,۵ ۹,۵۱± | ۲۹/۷۷ ۶,۰۱± |
| وزن(کیلوگرم) | ۷۱/۷۶ ±۱۴,۳۵ | ۱۴±۸۱,۶۲ | ۱۰,۲۳±۷۱,۵۷ |
| قد(متر) | ۴,۳۲±۱۶۱ | ۴,۵۱±۱۵۹,۸۷ | ۳,۱۱±۱۶۴,۲۲ |
| کالری مصرفی(کیلوکالری) | ۲۰۳,۵۴±۱۶۸۰ | ۱۰۴,۷۰±۱۸۰۰ | ۱۵۴,۳۶±۱۷۵۵ |
| کربوهیدرات (گرم در روز) | ۱۵,۷±۲۲۵ | ۱۸,۰۴±۲۵۶,۵۴ | ۱۱,۶±۲۴۵,۳ |
| چربی(گرم در روز) | ۷,۱۱±۵۶,۴۳ | ۳,۷۷±۶۲,۳۴ | ۵,۴۸±۵۸,۵۵ |
| پروتئین(گرم/روز) | ۷,۳۲±۶۳,۶۱ | ۱۰,۵۳±۵۴,۱۲ | ۶,۲۷±۶۱,۴۲ |

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

**روش ارزیابی غلظت خونی هورمون کورتیزول**

خونگیری به میزان ۵ میلی‌لیتر از ورید براکیال بازوی راست آزمودنی‌ها توسط تکنسین آزمایشگاهی در بازه‌ی زمانی ۸-۱۰ صبح، به شکل ناشتا انجام شد. روش (Enzyme- ELIZA linked immunosorbent assay) برای اندازه‌گیری غلظت کورتیزول سرمی با استفاده از کیت مونوبایند ساخت ایالات متحده آمریکا (Lot NO: 36K2A3) (Cat No: 3625-300A) استفاده شد. پس از طی مراحل مختلف افزودن، انکوباسیون و سانتریفوژ استانداردها، کنترل‌ها، سرم خون، آنتی بادی کورتیزول و آنتی بادی متصل به آنزیم، در نهایت شدت رنگ ایجاد شده با استفاده از دستگاه میکروپلیت ریدر برند Hiperion مدل +MPR4 در طول موج ۴۵۰ نانومتر خوانده شد (۲۲, ۲۳).

**روش ارزیابی ترکیب بدنی**

به منظور ارزیابی قد آزمودنی‌ها، از قدسنج دیواری سکا، ساخت کشور آلمان و به منظور ارزیابی وزن و آنالیز ترکیب بدنی آزمودنی‌ها از روش بیوامپدانس الکتریکی به کمک دستگاه آنالیزور برند Anea، شرکت راهکارهای صنعتی سارنگ ساخت ایران استفاده گردید. سه شاخص ترکیب بدن نرمال‌شده بر اساس قد محاسبه گردید؛ شاخص توده بدنی (BMI)، به صورت وزن بدن/قد$^{۲}$؛ شاخص توده بدون چربی (LMI)، به صورت توده بدون چربی/قد$^{۲}$؛ و شاخص توده چربی (FMI)، به صورت توده چربی/قد$^{۲}$.

**روش‌های آماری**

برای تأیید توزیع تمامی متغیرها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای تأیید همگنی واریانس‌ها از آزمون لِوِن استفاده گردید. پارامترهای توصیفی به صورت میانگین (انحراف معیار) گزارش شدند. با توجه به اینکه پارامترهای HRV توزیع نرمال ندارند، به شکل میانه و دامنه بین چارکی ارائه شدند، ولی این پارامترها به منظور آنالیز آماری، با استفاده از تبدیل لگاریتم نپیری نرمال‌سازی شدند. تحلیل واریانس یک طرفه تکرار شونده (Repeated Measures Anova) برای بررسی اثر زمان، گروه و زمان × گروه استفاده گردید. آزمون‌های تعقیبی بونفرونی به منظور مقایسه دو به دوی گروه‌ها استفاده گردید. برای بررسی رابطه تغییرات پارامترهای HRV با نمایه توده چربی (FMI)، نمایه توده عضلانی (LMI) و نمایه توده بدن (BMI) از تحلیل رگرسیون خطی ساده بر اساس تفاوت‌های قبل و بعد مداخلات استفاده شد $P\leq ۰/۰۵$ . به عنوان نشانه‌ای از معنی‌داری آماری در نظر گرفته شد. تمامی بررسی‌های آماری و رسم نمودارها و جداول با استفاده از نرم افزارهای SPSS 23 و EXCELL 2019 انجام گردید.

## • یافته‌ها

طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر، تغییر معنی‌داری در شاخص توده بدنی (BMI) بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون ایجاد نگردید و تفاوت بین سه گروه نیز معنی‌دار نبود (اثر زمان: ۰/۲۱۹ =p، اثر گروه: p=۰/۰۷۹ ، اثر زمان× گروه: p=۰/۵۵۲، $\eta2$ = ۰/۱۹۱ ). در شاخص توده چربی (FMI) بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون تغییر معنی‌داری مشاهده نگردید، ولی تفاوت بین سه گروه معنی‌دار بود (اثر زمان: ۰/۵۷۱ =p، اثر گروه: p=۰/۰۴۰ ، اثر زمان× گروه: p=۰/۷۱۷، $\eta2$ = ۰/۲۳۵ ). در شاخص توده عضلانی (LMI) بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون تغییر معنی‌داری مشاهده نگردید و تفاوت بین سه گروه معنی‌دار نبود (اثر زمان: ۰/۶۳۷ =p، اثر گروه: p=۰/۴۵۳ ، اثر زمان* گروه: p=۰/۲۵۱، $\eta2$ = ۰/۰۶۵ ) (جدول ۲).

از شاخص‌های HRV، تغییر معنی‌داری در Ln SDNN بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده شد ولی تفاوت بین سه گروه معنی‌دار نبود (اثر زمان: ۰/۰۰۱ ≥p، اثر گروه: p=۰/۱۴۸ ، اثر زمان× گروه: p=۰/۱۷۹، $\eta2$ = ۰/۱۴۷ ). تغییر معنی‌داری در Ln RMSSD بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده شد ولی تفاوت بین سه گروه معنی‌دار نبود (اثر زمان: ۰/۰۰۱ ≥p، اثر گروه: p=۰/۴۰۸ ، اثر زمان× گروه: p=۰/۲۶۴، $\eta2$ = ۰/۰۷۲ ). تغییر معنی‌داری در PNN50 بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده شد ولی تفاوت بین سه گروه معنی‌دار نبود (اثر زمان: ۰/۰۰۳ =p، اثر گروه: p=۰/۳۱۶ ، اثر زمان* گروه: p=۰/۶۵۹، $\eta2$ = ۰/۰۹۲ ). تغییر معنی‌داری در Ln LF/Ln HF بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نشد و تفاوت بین سه گروه نیز معنی‌دار نبود (اثر زمان: ۰/۱۸۷ =p، اثر گروه: p=۰/۲۳۵ ، اثر زمان* گروه: p=۰/۰۹۹، $\eta2$ = ۰/۱۱۴ ) (جدول ۲).

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

**جدول ۲.** متغیرهای توصیفی و تفاوت‌های بین گروهی متغیرها

| متغیرها | HIIT (تعداد: ۱۰) | | پروبیوتیک (تعداد:۸) | | HIIT +پروبیوتیک (تعداد: ۹) | | تحلیل واریانس (تکرار شونده) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Time | Groap | Groap *Time |
| BMI ($kg/m^2$) | ۲۷/۵,۴۴±۵۷ | ۲۸/۵,۷۸±۲ | ۳۱/۵,۳۶±۹۵ | ۳۲/۵,۶۲±۳۵ | ۲۶/۳,۸۷±۵۹ | ۲۶/۳,۷۲±۵۵ | ۰,۲۱۹ | ۰,۰۷۹ | ۰,۵۵۲ |
| FMI ($kg/m^2$) | ۹/۴,۰۷±۲۷ | ۳,۵۹±۸,۸۵ | ۴,۰۶±۱۲,۴۷ | ۴,۱۱±۱۲,۷۴ | ۳,۳۶±۸,۰۶ | ۲,۲۳±۷,۹۸ | ۰,۵۷۱ | *۰,۰۴۰ | ۰,۷۱۷ |
| LMI ($kg/m^2$) | ۱۷/۲,۴۶±۲۶ | ۳,۰۶±۱۸,۲۳ | ۲,۵۸±۱۸,۶۹ | ۲,۱۱±۱۸,۰۶ | ۱,۹۱±۱۶,۹۲ | ۲,۹۴±۱۷,۱۳ | ۰,۶۳۷ | ۰,۴۵۳ | ۰,۲۵۱ |
| کورتیزول (ng/ml) | ۴,۷۷±۸,۶۹ | ۵,۹۷±۱۴,۸۸ | ۲,۲۴±۱۰,۵۵ | ۳,۱۲±۹,۱۲ | ۱,۹۶±۸,۸۵ | ۳,۶۰±۱۰,۹۲ | *<۰,۰۰۱ | ۰,۴۴۳ | *<۰,۰۰۱ |
| MAP (mmHg) | ۶,۳۳±۸۷,۲ | ۸,۵۵±۸۲,۶۱ | ۱۰,۱±۸۹,۰۶ | ۱۰,۲۱±۹۱,۱ | ۶,۱۳±۸۶,۹۱ | ۵,۴۹±۸۳,۹۳ | ۰,۱۸۳ | ۰,۲۷۵ | ۰,۱۴۱ |
| VO2max (ml/kg/min) | ۶,۱۳±۲۹,۱۶ | ۵,۱۸±۳۴,۱۲ | ۳,۷۰±۳۰,۱۸ | ۴,۲۵±۳۰,۶۵ | ۳,۵۸±۳۲,۵۱ | ۴,۲۶±۳۶,۰۷ | *۰,۰۰۱ | ۰,۱۷۹ | *۰,۰۵۷ |
| HR (bpm) | ۱۰,۴۸±۷۱,۷۰ | ۶,۴۱±۶۷,۳۰ | ۸,۶۹±۷۱,۸۷ | ۸,۸۵±۶۷,۸۷ | ۶,۲۵±۷۰,۱۱ | ۵,۵۱±۶۸,۱۱ | *۰,۰۰۵ | ۰,۹۷۷ | ۰,۶۴۱ |
| SDNN (ms) | ۱۷,۸۸±۳۸ | ۲۸,۸۲±۳۷,۸۵ | ۴۳,۱۲±۴۰,۲۰ | ۶۲,۸۸±۶۲,۴۵ | ۲۰,۸۵±۴۲,۱۰ | ۲۷±۵۷,۶۰ | *<۰,۰۰۱ | ۰,۱۴۸ | ۰,۱۷۹ |
| RMSSD (ms) | ۳۲,۲۸±۳۰,۱ | ۳۰,۷۸±۴۳,۳ | ۲۳,۴۵±۲۷,۸۵ | ۵۸,۶۰±۷۲,۳۲ | ۳۲,۴۰±۴۲,۵۰ | ۳۵,۸۵±۶۲,۴۰ | *<۰,۰۰۱ | ۰,۴۰۸ | ۰,۲۶۴ |
| PNN50 (ms) | ۱۴,۴۲±۱۶,۵ | ۱۴,۵۸±۲۱,۹۷ | ۱۸,۰۳±۲۴,۳۸ | ۲۱,۲۱±۳۵,۰۷ | ۱۶,۶۳±۲۳,۵۶ | ۲۱,۴۳±۳۴,۲۴ | *۰,۰۰۳ | ۰,۳۱۶ | ۰,۶۵۹ |
| LF/HF (ratio) | ۱,۷۰±۱,۱۲ | ۰,۹۹±۱,۲۹ | ۲,۷۲±۲,۰۲ | ۱,۷۹±۱,۲۵ | ۰,۶۳±۰,۹۹ | ۱,۱۰±۰,۶۹ | ۰,۱۸۷ | ۰,۲۳۵ | ۰,۰۹۹ |

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده‌اند. میانه ± دامنه بین چارکی برای پارامترهای HRV ارائه شده است زیرا این متغیرها توزیع غیر نرمالی داشتند. * نشان‌دهنده مقادیر P کمتر از ۰/۰۵. اختصارات: (BMI) نمایه توده بدن، (bpm) ضربان در دقیقه ، (FMI) نمایه توده چربی، (HF) امواج با فرکانس بالا ، (HR) ضربان قلب، (HRV) تغییرپذیری ضربان قلب، (HIIT) تمرین تناوبی با شدت بالا، (LF ) امواج با فرکانس پایین ،(LMI ) نمایه توده عضلانی، (MAP) فشار متوسط شریانی، (ms) (milliseconds میلی‌ثانیه، (mmHg) میلی‌متر جیوه، (ml/kg/min) میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه، (ng/ml) نانوگرم در میلی‌لیتر، (PNN50 ) نسبت تعداد فواصل RR بیش از ۵۰ میلی ثانیه به کل فواصل RR، (RMSSD) جذرمیانگین مربعات اختلاف بین فواصل RR متوالی، (SDNN ) انحراف معیار فواصلRR

آنالیز رگرسیونی خطی بین تغییرات شاخص‌های ترکیب بدنی و تغییرات HRV در طول مداخله در جدول ۳ نشان داده شده است. تنها رابطه خطی معنی‌دار بین تغییرات کاهشی شاخص توده چربی بدن (FMI) و تغییرات افزایشی Ln RMSSD مشاهده گردید (R2=۰/۱۸۹, p=۰/۰۲۳ , β= ۰/۴۳۵). بین سایر شاخص‌ها رابطه معنی داری وجود نداشت.

**جدول ۳.** تحلیل رگرسیون خطی ساده بین تغییرات در شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب با تغییرات در شاخص‌های ترکیب بدن

| | Δ PNN50 (ms) | | | Δ Ln LF/HF (ratio) | | | Δ Ln SDNN (ms) | | | Δ Ln RMSSD (ms) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | β | $R^2$ | P | β | $R^2$ | P | β | $R^2$ | P | β | $R^2$ | P |
| Δ BMI | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۰۱ | ۰/۸۷۵ | ۰/۳۶۰ | ۰/۱۲۹ | ۰/۱ | ۰/۲۱۲- | ۰/۰۴۵ | ۰/۳۳۰ | ۰/۲۴۷- | ۰/۰۶۱ | ۰/۲۵۶ |
| Δ FMI | ۰/۸۱- | ۰/۰۰۷ | ۰/۶۸۷ | ۰/۰۲۹- | ۰/۰۰۱ | ۰/۸۹۲ | ۰/۲۲۸ | ۰/۵۲ | ۰/۲۵۳ | ۰/۴۳۵ | ۰/۱۸۹ | *۰/۰۲۳ |
| Δ LMI | ۰/۰۶۸- | ۰/۰۰۵ | ۰/۷۴۶ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۰۵ | ۰/۷۴۷ | ۰/۲۲۰- | ۰/۰۴۸ | ۰/۲۹۱ | ۰/۲۶۱- | ۰/۰۶۸ | ۰/۲۰۸ |

* نشان‌دهنده مقادیر P کمتر از ۰/۰۵، Δ اختلاف بین پس‌آزمون و پیش‌آزمون، BMI شاخص توده بدن، β ضریب رگرسیون استاندارد، FMI شاخص توده چربی، LMI شاخص توده عضلانی، LF/HF نسبت امواج فرکانس پایین به فرکانس بالا، Ln لگاریتم ناپیری، PNN50 نسبت تعداد فواصل RR بیش از ۵۰ میلی ثانیه به کل فواصلRR ، R2 ضریب تعیین تعدیل‌شده ، RMSSD جذر میانگین مربعات اختلاف بین فواصل RR متوالی، SDNN انحراف معیار فواصل

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

## • بحث

هر چند FMI در گروه HIIT + پروبیوتیک کاهش معنی‌داری نسبت به دو گروه دیگر نشان داد که با افزایش معنی‌دار اکسیژن مصرفی بیشینه در این گروه کاملاً همخوانی داشت، BMI هم در طول زمان و هم بین سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت ولی در هر سه گروه روند کاهشی در این شاخص ملاحظه می‌گردد. با توجه به میانگین‌های بدست آمده و اندازه اثر بالا، این کاهش در گروه HIIT نسبت به دو گروه دیگر بیشتر است. در واقع مکمل‌سازی پروبیوتیک تأثیر تعاملی با تمرینات بر BMI نداشت. افزایش مصرف اکسیژن حین تمرینات و پس از آن (EPOC) با توجه به بالا بودن شدت تمرینات نسبت به توانایی آزمودنی‌ها از یکسو و سیگنال‌دهی AMPKو PGC-1α با توجه به درگیری بیشتر مسیر هوازی در پروتکل حاضر، باعث افزایش لیپولیز و کاهش توده چربی در گروه‌های تمرینی گردید(۷). از دلایل مهم دیگر در ایجاد این نتایج می‌توان به سطح کورتیزول خون اشاره کرد که در دو گروه HIIT و HIIT + پروبیوتیک افزایشی و در گروه پروبیوتیک روند کاهشی داشت. با این حال، مکمل پروبیوتیک با تعدیل تغییرات کورتیزول ناشی از تمرینات و کاهش التهاب، نقش مهمی در کاهش بیشتر توده چربی در گروه HIIT + پروبیوتیک داشت(۸). تفاوت معنی‌داری در شاخص توده بدون چربی (LMI) بین سه گروه و در طول زمان مشاهده نگردید، با این حال یک روند افزایش جزئی در هر سه گروه وجود داشت. هر چند پروتکل تمرینات HIIT در برخی از روزها شامل وهله‌های استراحتی دو برابر وهله های کاری بود که با تحریک مسیر متابولیکی سنتز اسید لاکتیک محرکی برای افزایش اثرگذاری هورمون رشد و IGF-1 و افزایش توده عضلانی می‌باشد ولی نقش محدود کننده کورتیزول ناشی از تمرینات بر میزان افزایش توده عضلانی طبق نتایج مشهود می‌باشد(۷). در نتایج همسو، برخی مطالعات نیز با مصرف مکمل پروبیوتیک تغییر معنی‌داری در درصد توده عضلانی مشاهده نکردند(۱۱, ۱۲). از این تعداد، تنها مطالعه انجام شده توسط چایاسوت و همکاران (۲۰۲۲) تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد(۲۴).

مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های HRV بین سه گروه نشان نداد، اما اندازه اثر بزرگ مشاهده شده در تمام شاخص‌های HRV بیانگر اثرگذاری بیشتر مکمل پروبیوتیک به تنهایی بر شاخص‌های SDNN، RMSSD و Ln LF بود، در حالی که همراه با HIIT منجر به بهبود بیشتر در شاخص‌های Ln LF/HF و Ln HF شد. HIIT به تنهایی تأثیر کمتری بر HRV داشت که در واقع افزایش بیشتر فعالیت چرخه‌ای عصب سمپاتیک نسبت به پاراسمپاتیک حین تمرینات، با توجه به سبک زندگی غیرفعال آزمودنی‌ها و به دنبال آن افزایش میزان فعالیت محور HPA و تولید کورتیزول، علاوه بر شاخص‌های ترکیب بدن در شاخص‌های HRV نیز مشاهده گردید، چنانچه گروه HIIT با وجود اینکه در طول زمان تعدیل عملکرد سمپاتیک و پاراسمپاتیک داشت ولی نسبت به دو گروه دیگر بهبود نسبتاً کمتری نشان داد که مجموع نتایج بدست آمده همسو با مطالعه سوزا نتو و همکاران (۲۰۲۳)، بود که در آن مطالعه HIIT تغییر قابل توجهی در HRV در موش‌های سالم و دیابتی ایجاد نکرد(۲۵). به طور متناقض، در مطالعه کتلهات و همکاران (۲۰۲۲)، HIIT شاخص‌های RMSSD، LF، HF و LF/HF را در نوجوانان بهبود بخشید(۲۶). در مطالعه رامیرز و همکاران (۲۰۲۰)، HIIT در مقایسه با تمرینات تداومی با شدت متوسط باعث افزایش بیشتر SDNN و HF/LF شد(۲۷). از دلایل تناقض در مطالعات به سابقه تمرینی آزمودنی‌ها، زمان ارزیابی HRV، کرونوتیپ‌های فردی و تغییرات در پروتکل‌های HIIT اشاره شده است(۲۸). تی سوبوکاوا و همکاران (۲۰۲۲)، در بررسی میکروبیوتا در مدفوع، همبستگی بین تنوع میکروبی روده و SDNN را نشان دادند(۲۹). در واقع، متابولیت‌های باکتریایی خاصی می‌توانند با تحریک انتهای اعصاب حسی و خودکار روده، بر تنظیم سیستم عصبی تأثیر بگذارند(۳۰). با این حال در مطالعه ادبول و همکاران (۲۰۲۲) مخلوط پروبیوتیکی از لاکتوباسیلوس هلوتیکوس، بیفیدوباکتریوم لانگوم و لاکتوباسیلوس پلانتاروم فعالیت ANS را تغییر نداد(۳۱). چنین تناقضاتی ممکن است ریشه در تغییرات در گونه‌های پروبیوتیک و زنده یا کشته بودن آنها داشته باشد.

تمرینات ورزشی ابزاری شناخته‌شده برای بهبود ترکیب بدن و مشکلات متابولیکی هستند و درک تأثیر تمرینات ورزشی بر این مؤلفه‌ها و تعامل آن با تغییرات مرتبط با تمرینات ورزشی

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

در HRV از نظر بالینی مورد توجه است(۳۲). با این حال ما ارتباط معنی‌داری بین تغییرات در پارامترهای HRV (یعنی افزایش RMSSD SDNN، PNN50 و کاهش نسبت LF/HF) و تغییرات در ترکیب بدن (یعنی FMI، LMI و BMI) پس از مداخله مشاهده نکرده و حتی ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین تغییرات RMSSD و FMI مشاهده کردیم. یافته‌های متناقضی توسط تیان و همکاران (۲۰۱۵)گزارش شده است که ارتباط معکوسی بین پارامترهای HRV و توده چربی پس از یک برنامه تمرینی در بزرگسالان مبتلا به اضافه وزن/چاقی یافتند، که می‌تواند با تأثیر کاهش توده چربی و بهبود توده بدون چربی بر عملکرد سیستم عصبی خودکار و تون واگی توضیح داده شود(۳۳). تأثیرات اتوکرین، پاراکرین و غدد درون ریز میوکین‌ها بر عوامل متابولیکی همچون لیپولیز، حساسیت به انسولین یا متابولیسم عمومی می‌تواند این ارتباط را توجیه کند(۳۴). از دلایل تناقضات در نتایج و پیدایش ارتباط مستقیم بین تغییرات مذکور در مطالعه حاضر که خلاف پیش بینی‌های انجام شده بود، می‌توان به مصرف مکمل پروبیوتیک بدون انجام تمرینات HIIT در یکی از گروه‌های آزمایشی اشاره کرد که این گروه نسبت به دو گروه دیگر کورتیزول کمتر، HRV بالاتر و شاخص‌های ترکیب بدنی بالاتری نشان دادند. از سوی دیگر دو گروه تمرینی در طرح حاضر افرادی با سبک زندگی غیرفعال بودند که پس از دو ماه تمرینات شدتی، نسبت به گروه پروبیوتیک افزایش فعالیت سمپاتیکی بالاتر و HRV پایین‌تر و بهبود بیشتر شاخص‌های ترکیب بدنی داشتند، که یکی از مهمترین فاکتورهای منفی در ایجاد این ارتباط مستقیم می‌باشد. به شکل متناقض، در مطالعه کواینگ و همکاران (۲۰۱۴)، پارامترهای HRV مرتبط با عصب واگ با BMI رابطه منفی داشته‌اند(۳۵). با توجه به اینکه مقادیر مشابه BMI می‌توانند به همراه داده‌های مختلفی از توده چربی و توده بدون چربی گزارش شوند، از این رو، برای تجزیه و تحلیل تغییرات در ترکیب بدن پس از برنامه‌های تمرینی مختلف، به نظر می‌رسد FMI، VAT و LMI پارامترهای مناسب‌تری نسبت به BMI باشند(۳۶).

**جمع بندی**

یافته‌های ما بیانگر تأثیر HIIT و مکمل‌سازی پروبیوتیکی و اثر تعاملی آنها بر شاخص توده بدن (BMI) و شاخص توده چربی (FMI) و HRV بود. مکمل‌سازی پروبیوتیکی از طریق کاهش برخی از اثرات منفی تمرینات HIIT همچون افزایش کورتیزول خون موجب تعدیل بهتر ANS و افزایش شاخص توده عضلانی(LMI) شد. در تحقیق حاضر ارتباط بارزی بین تغییر شاخص‌های ترکیب بدنی و شاخص‌های HRV مشاهده نگردید.

**تضاد در منافع**

نویسندگان اعلام می‌کنند که آنها هیچ تضادی در منافع نداشته و این تحقیق توسط هیچ مؤسسه‌ای حمایت مالی نمی‌شود.

## References


1. Navarro-Lomas G, Jurado-Fasoli L, Castillo MJ, Femia P, Amaro-Gahete FJ. Assessment of autonomous nerve system through non-linear heart rate variability outcomes in sedentary healthy adults. PeerJ. 2020;8:e10178. https://doi.org/10.7717/peerj.10178
2. Wong A, Figueroa A. Effects of acute stretching exercise and training on heart rate variability: a review. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2021;35(5):1459-66. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003084
3. Alansare A, Alford K, Lee S, Church T, Jung HC. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults. International journal of environmental research and public health. 2018;15(7):1508. https://doi.org/10.3390/ijerph15071508
4. Gómez-López M, Gallegos AG, Extremera AB. Perceived barriers by university students in the practice of physical activities. Journal of sports science & medicine. 2010;9(3):374. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3761719/
5. Choi J, Lee M, Lee J-k, Kang D, Choi J-Y. Correlates associated with participation in physical activity among adults: a systematic review of reviews and update. BMC public health. 2017;17(1):356. https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4255-2
6. Amaro-Gahete FJ, De-la-O A, Jurado-Fasoli L, Martinez-Tellez B, R. Ruiz J, Castillo MJ. Exercise training as a treatment for cardiometabolic risk in sedentary adults: are physical activity guidelines the best way to improve cardiometabolic health? The FIT-AGEING randomized controlled trial. Journal of Clinical Medicine. 2019;8(12):2097. https://doi.org/10.3390/jcm8122097
7. Peng C, Hu M, Yang L, Yuan Z. Effects of high-intensity interval training (HIIT) versus moderate-intensity continuous training (MICT) on cardiopulmonary function, body composition, and physical function in cancer survivors: a meta-analysis of randomized controlled trials.


[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

Frontiers in Physiology. 2025;16:1594574. https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1594574

8. Mörkl S, Butler MI, Holl A, Cryan JF, Dinan TG. Probiotics and the microbiota-gut-brain axis: focus on psychiatry. Current nutrition reports. 2020;9(3):171-82. https://doi.org/10.1007/s13668-020-00319-z
9. Plaza-Diaz J, Ruiz-Ojeda FJ, Gil-Campos M, Gil A. Mechanisms of action of probiotics. Advances in nutrition. 2019;10:S49-S66. https://doi.org/10.1093/advances/nmy063
10. Prokopidis K, Giannos P, Kirwan R, Ispoglou T, Galli F, Witard OC, et al. Impact of probiotics on muscle mass, muscle strength and lean mass: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of cachexia, sarcopenia and muscle. 2023;14(1):30-44. https://doi.org/10.1002/jcsm.13132
11. Szulińska M, Łoniewski I, Van Hemert S, Sobieska M, Bogdański P. Dose-dependent effects of multispecies probiotic supplementation on the lipopolysaccharide (LPS) level and cardiometabolic profile in obese postmenopausal women: A 12-week randomized clinical trial. Nutrients. 2018;10(6):773. https://doi.org/10.3390/nu10060773
12. Hric I, Ugrayová S, Penesová A, Rádiková Ž, Kubáňová L, Šardzíková S, et al. The efficacy of short-term weight loss programs and consumption of natural probiotic bryndza cheese on gut microbiota composition in women. Nutrients. 2021;13(6):1753. https://doi.org/10.3390/nu13061753
13. Yarahmadi A, Afkhami H, Javadi A, Kashfi M. Understanding the complex function of gut microbiota: its impact on the pathogenesis of obesity and beyond: a comprehensive review. Diabetology & Metabolic Syndrome. 2024;16(1):308. https://doi.org/10.1186/s13098-024-01561-z
14. Triggiani AI, Valenzano A, Ciliberti MA, Moscatelli F, Villani S, Monda M, et al. Heart rate variability is reduced in underweight and overweight healthy adult women. Clin Physiol Funct Imaging. 2017;37(2):162-7. https://doi.org/10.1111/cpf.12281
15. Habib SS, Alkahtani S, Aljawini N, Habib SM, Flatt AA. Resting Heart Rate Variability is Independently Associated with Visceral Fat Rating Scores in Saudi Adult Males. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. 2024;121(5). https://doi.org/10.36660/abc.20220780
16. Teisala T, Mutikainen S, Tolvanen A, Rottensteiner M, Leskinen T, Kaprio J, et al. Associations of physical activity, fitness, and body composition with heart rate variability-based indicators of stress and recovery on workdays: a cross-sectional study. J Occup Med Toxicol. 2014;9:16. https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-16
17. Li X, Cheng X, Shi Y, Jian C, Zhu W, Bao H, et al. Mixed probiotics reduce the severity of stress-induced depressive-like behaviors. Journal of Affective Disorders. 2024;355:450-8. https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.03.117
18. Laursen P, Buchheit M. Science and application of high-intensity interval training: Human kinetics; 2019. https://us.humankinetics.com
19. Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4139760/
20. Iranpour A, Bolboli L. Evaluation of Heart Rate Fluctuations with Two Frequency and Time Domain Methods Following Aerobic Training in Academic Active Men. Scientific Journal of Nursing, Midwifery and Paramedical Faculty. 2019;4(4):30-45. https://sjnmp.muk.ac.ir/browse.php?a_id=184&slc_lang=en&sid=1&printcase=1&hbnr=1&hmb=1
21. Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. Frontiers in public health. 2017:258. https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258
22. Shahin Z, Leheta TM, RM AH, HM AA, Rashed LA. Detection of plasma and urinary monoamines and their metabolites in nonsegmental vitiligo. Acta Dermatovenerologica Croatica: ADC. 2012;20(1):14-20. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22507469/
23. Foster LB, Dunn RT. Single-antibody technique for radioimmunoassay of cortisol in unextracted serum or plasma. Clinical Chemistry. 1974;20(3):365-8. https://doi.org/10.1093/clinchem/20.3.365
24. Chaiyasut C, Sivamaruthi BS, Lailerd N, Sirilun S, Khongtan S, Fukngoen P, et al. Probiotics supplementation improves intestinal permeability, obesity index and metabolic biomarkers in elderly Thai subjects: a randomized controlled trial. Foods. 2022;11(3):268. https://doi.org/10.3390/foods11030268
25. Souza Neto EGd, Peixoto JVC, Rank Filho C, Petterle RR, Fogaça RTH, Wolska BM, et al. Effects of High-Intensity Interval Training and Continuous Training on Exercise Capacity, Heart Rate Variability and Isolated Hearts in Diabetic Rats. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. 2023;120. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36629606/
26. Ketelhut S, Ketelhut K, Ketelhut SR, Ketelhut RG. Effects of School-Based High-Intensity Interval Training on Hemodynamic Parameters and Heart Rate Variability: A Randomized Controlled Trial. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2022:10.1519. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004744
27. Ramírez-Vélez R, Tordecilla-Sanders A, Téllez-T LA, Camelo-Prieto D, Hernández-Quiñonez PA, Correa-Bautista JE, et al. Effect of Moderate-Versus High-Intensity interval exercise training on heart rate variability parameters in inactive Latin-American adults: A randomized clinical trial. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020;34(12):3403-15. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001833
28. Coretti M, Donatello NN, Bianco G, Cidral-Filho FJ. AN INTEGRATIVE REVIEW OF THE EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM. Sports Medicine and Health Science. 2024. https://doi.org/10.1016/j.smhs.2024.08.002
29. Tsubokawa M, Nishimura M, Mikami T, Ishida M, Hisada T, Tamada Y. Association of Gut Microbial Genera with Heart Rate Variability in the General Japanese Population: The Iwaki Cross-Sectional Research Study. Metabolites. 2022;12(8):730. https://doi.org/10.3390/metabo12080730
30. Salami M. Interplay of good bacteria and central nervous system: cognitive aspects and mechanistic considerations. Frontiers in neuroscience. 2021;15:613120. https://doi.org/10.3389/fnins.2021.613120
31. Edebol Carlman HM, Rode J, König J, Repsilber D, Hutchinson AN, Thunberg P, et al. Probiotic mixture containing Lactobacillus helveticus, bifidobacterium longum and lactiplantibacillus plantarum affects brain

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

responses to an arithmetic stress task in healthy subjects: a randomised clinical trial and proof-of-concept study. Nutrients. 2022;14(7):1329. https://doi.org/10.3390/nu14071329

32. Amaro-Gahete FJ, De-La-O A, Jurado-Fasoli L, Dote-Montero M, Gutierrez A, Ruiz JR, et al. Changes in physical fitness after 12 weeks of structured concurrent exercise training, high intensity interval training, or whole-body electromyostimulation training in sedentary middle-aged adults: a randomized controlled trial. Frontiers in physiology. 2019;10:451. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00451
33. Tian Y, Huang C, He Z, Hong P, Zhao J. Autonomic function responses to training: correlation with body composition changes. Physiology & Behavior. 2015;151:308-13. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.07.038
34. Barbalho SM, Flato UAP, Tofano RJ, Goulart RdA, Guiguer EL, Detregiachi CRP, et al. Physical exercise and myokines: relationships with sarcopenia and cardiovascular complications. International journal of molecular sciences. 2020;21(10):3607. https://doi.org/10.3390/ijms21103607
35. Koenig J, Jarczok MN, Warth M, Ellis RJ, Bach C, Hillecke T, et al. Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability—a replication using short term measurements. The Journal of nutrition, health and aging. 2014;18(3):300-2. https://doi.org/10.1007/s12603-014-0022-6
36. Felber Dietrich D, Ackermann-Liebrich U, Schindler C, Barthélémy J-C, Brändli O, Gold DR, et al. Effect of physical activity on heart rate variability in normal weight, overweight and obese subjects: results from the SAPALDIA study. European journal of applied physiology. 2008;104(3):557-65. https://doi.org/10.1007/s00421-008-0800-0

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]

# The effect of Probiotic Supplementation and HIIT on the Autonomic Nervous System, Body Composition and Their Relationship in Sedentary Women

*Zakeri N[1], Amirsasan R[2*], Sari sarraf V[3]*

*1- Noushin Zakeri, Ph.D Student of Exercise Physiology, Dept.of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Scinces, University of Tabriz, Tabriz, Iran*

*2- *Corresponding author: Ramin Amirsasan, Prof, Dept. of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Scieces, University of Tabriz, Tabriz, Iran . Email:amirsasan@tabrizu.ac.ir*

*3-Vahid Sari-Sarraf Prof, Dept. of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*

**Received 27 Dec, 2025** **Accepted 3 Jun, 2026**

**Background and Objectives:** The aim of the present study was to investigate the effect of probiotic supplementation and High Intensity Interval Training (HIIT) on autonomic nervous system using the heart rate variability (HRV), body mass index (BMI), muscle mass index (LMI), fat mass index (FMI) and the relationship between HRV and the aforementioned indices after eight weeks of HIIT training and probiotic supplementation in sedentary women.

**Materials & Methods:** 30 women with a mean age of 32 ± 8 years were randomly divided into three groups of ten: HIIT, probiotics, and HIIT + probiotics. The training groups performed three sessions per week for eight weeks. Each session included two sets of 5 HIIT based on running and two sets of 5 HIIT based on handball. Probiotic supplementation was consumed on training days in the form of a capsule containing 109 CFU of the bacterial mixture.

**Results:** The decrease in FMI and BMI after eight weeks of intervention was not significant in any of the groups, but the difference in FMI between the probiotic+HIIT and probiotic groups was significant. The increase in LMI was not significant in any of the groups, and no significant difference was observed between the three groups. All three interventions significantly improved Ln SDNN, Ln RMSSD. The probiotic and HIIT+probiotic significantly increased PNN50. Probiotic significantly reduced Ln LF/Ln HF ($P \leq 0.05$), but no significant difference was observed between the three groups. In the present study a significant relationship was observed between Ln RMSSD and FMI ($P \leq 0.05$**).**

**Conclusion:** The combination of HIIT and probiotic supplementation is likely to be more beneficial in improving body composition than either alone, and both HIIT and probiotic supplementation can help modulate the autonomic nervous system.

**Keywords:** Probiotics, HIIT, Body Mass Index (BMI), Fat Mass Index (FMI), Muscle Mass Index (LMI), HRV, Autonomic Nervous System (ANS)

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.66224/nsft.21.3.13 ]