



The Effect of Eight Weeks of Parallel Training in the Morning and Evening on Anti-Inflammatory Cardiovascular Indices in Young Overweight Men

Mahdi Fahimi¹, Abuzar Jahanmehr²

¹ Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Qom, Qom, Iran
(Corresponding author). m.fahimi@qom.ac.ir

² M.A., Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Qom, Qom, Iran.
ajahanmeh@qom.ac.ir

Abstract

Objective: The objective of this study was to investigate the effects of eight weeks of parallel training conducted in the morning and evening on various anti-inflammatory cardiovascular indices in young overweight men.

Method: This quasi-experimental study utilized a control group and included pre-test and post-test assessments. It involved 40 young overweight men, with an average age of 25.12 years and an average weight of 85.78 kg. The participants were randomly assigned to four parallel training and control groups, with sessions conducted in both the morning and evening. The training program lasted for 8 weeks, consisting of three sessions per week, at an intensity of 75% to 85% of the maximum heart rate. Additionally, 5 ml of venous blood was collected from the subjects to measure inflammatory indices (CRP, IL-6), and the Block test was administered to assess VO₂max. For statistical analysis, a one-way analysis of variance (ANOVA) was conducted using the Least Significant Difference (LSD) post hoc test, with a significance level set at 0.05. The analysis was performed using SPSS software version 27.

Findings: Eight weeks of parallel training in the morning and evening resulted in an increase in VO₂max and a decrease in weight and body mass index in the experimental groups compared to the control groups. This study found that the increase in VO₂max was greater in the evening compared to the morning, while the decrease in weight and body mass index was more significant in the morning than in the evening. Additionally, an 8-week parallel training program in overweight young men resulted in a significant increase in the anti-inflammatory cytokine IL-10 in the experimental groups compared to the control group. Notably, this increase was more pronounced in the evening than in the morning.

Conclusion: The conclusion is that parallel training conducted in the morning and evening is effective in improving the anti-inflammatory indices of the cardiovascular system. Additionally, it leads to a greater increase in anti-inflammatory factors in the evening compared to the morning. Therefore, evening training is likely a more suitable time for overweight individuals than morning sessions.

Keywords: Parallel training, Anti-inflammatory markers, Cardiovascular disease, Men, Overweight.

Cite: Fahimi, M. & Jahanmehr, A. (2025). The Effect of Eight Weeks of Parallel Training in the Morning and Evening on Anti-Inflammatory Cardiovascular Indices in Young Overweight Men. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 1(3), p. 7-22. <https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11802.1020>

Received: 2024-05-02 ; Revised: 2024-06-24 ; Accepted: 2024-07-20 ; Published online: 2024-09-23

© The Author(s).

Article type: Research Article

Published by: University of Qom.





تأثیر هشت هفته تمرین موازی در زمان صبح و عصر بر روی برخی از شاخص های ضدالتهابی قلبی - عروقی در مردان جوان دارای اضافه وزن

مهدی فهیمی^۱، ابودر جهان مهر^۲

^۱ استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران (نویسنده مسئول). m.fahimi@qom.ac.ir

^۲ کارشناسی ارشد، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران. ajahanmehr@qom.ac.ir

چکیده

هدف: هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین موازی در زمان صبح و عصر بر روی برخی از شاخص های ضدالتهابی قلبی - عروقی در مردان جوان دارای اضافه وزن بود.

روش: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با گروه کنترل و پیش آزمون و پس آزمون بر روی ۴۰ مرد جوان دارای اضافه وزن با میانگین سنی ۲۵/۱۲ و وزن ۸۵/۷۸ کیلوگرم انجام شد که به صورت تصادفی در چهار گروه تمرین موازی و کنترل در زمان صبح و عصر قرار گرفته و به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته و با شدت ۷۵ تا ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه اجرا گردید. از آزمودنی ها ۵ میلی لیتر خون سیاهرگی جهت اندازه گیری شاخص های التهابی (CRP، IL-6) و همچنین آزمون بالک جهت سنجش VO2max2 گرفته شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری از آزمون تحلیل واریانس یک سویه (ANOVA) همراه با آزمون تعقیبی LSD با سطح معناداری ۰/۰۵ و نرم افزار spss نسخه ۲۷ استفاده گردید.

یافته ها: ۸ هفته تمرین موازی در زمان صبح و عصر باعث افزایش VO2max2 و کاهش وزن و شاخص توده بدن در گروه های تجربی در مقایسه با گروه های کنترل می شود. این در حالی بود که افزایش VO2max در زمان عصر نسبت به صبح بیشتر، و کاهش وزن و شاخص توده بدن در زمان صبح نسبت به عصر بیشتر بود، همچنین ۸ هفته تمرین موازی در مردان جوان دارای اضافه وزن منجر به افزایش سایتوکاين ضدالتهابی IL-10 در گروه های تجربی نسبت به گروه کنترل شد که این افزایش در زمان عصر بیشتر از صبح بود.

نتیجه گیری: تمرین موازی در زمان صبح و عصر بر شاخص های ضدالتهابی سیستم قلبی - عروقی موثر بوده و سبب افزایش عوامل ضد التهابی در نوبت عصر نسبت به نوبت صبح می گردد. لذا احتمالاً تمرین موازی در عصر نسبت به صبح زمان مناسب تری برای افراد دارای اضافه وزن باشد.

کلیدواژه ها: تمرین موازی، شاخص های ضد التهابی، بیماری قلبی - عروقی، مردان، اضافه وزن.

استناد به این مقاله: فهیمی، مهدی؛ جهان مهر، ابودر (۱۴۰۳). تأثیر هشت هفته تمرین موازی در زمان صبح و عصر بر روی برخی از شاخص های ضدالتهابی

قلبی - عروقی در مردان جوان دارای اضافه وزن. پژوهش های کاربردی در تغذیه ورزشی و علم تمرین. ۱۱ (۳)، ص ۷-۲۲.

<https://doi.org/10.22091/arsnes.2024.11802.1020>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹؛ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۰؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

ناشر: دانشگاه قم

نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان.



۱. مقدمه

بیماری‌های قلبی - عروقی یکی از مهم‌ترین علل مرگ‌ومیر در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه می‌باشد. حدود دو- سوم تمامی مرگ‌های ناشی از بیماری‌های عروق کرونر، خارج از بیمارستان و قبل از هر کمکی اتفاق می‌افتد. بنابراین، پیشگیری از بیماری‌های عروق کرونر، بیشترین اهمیت را دارد (۱). در ابتدای قرن بیستم، فقط ۱۰ درصد کل موارد مرگ‌ومیرها به دلیل بیماری‌های عروق کرونر اتفاق می‌افتاد؛ اما با توسعه جامعه بشری، بیماری‌های قلب و عروقی، شیوع بیشتری پیدا کردند؛ به طوری که در انتهای قرن بیستم، میزان مرگ‌ومیر بیماری‌های قلبی و عروقی به بیش از ۲۵ درصد رسید. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی به بیش از ۳۵ تا ۶۰ درصد از کل مرگ‌ومیرها برسد (۲). براساس مطالعات انجام‌شده، تأثیر یک الگوی ۲۴ ساعته، در وقوع آنژین صدری و انفارکتوس میوکارد و مرگ ناگهانی، به اثبات رسیده است؛ که بیشترین زمان وقوع آن را در فاصله زمانی ۶ صبح تا ۱۲ ظهر نشان می‌دهد (۳). نتایج مطالعات درباره تغییرات شبانه‌روزی در ترشح کاتکول‌آمین‌ها، برای اولین بار در سال ۱۹۸۵ توسط مولر و همکاران نشان داد در ساعات اولیه صبح و بعد از بیداری و با شروع فعالیت‌های فیزیکی و آغاز تنش‌های روحی، میزان ترشح کاتکول‌آمین‌ها افزایش می‌یابد و حداکثر ترشح آن‌ها در فاصله زمانی ۶ صبح تا ۱۲ ظهر می‌باشد (۴). مطالعه حاضر بر این اساس و با هدف تعیین الگوی تغییرات ریتم شبانه‌روزی و فعالیت‌های ورزشی گوناگون در ترشح و تولید سایتوکاین ضدالتهابی IL-10، انجام شده است. از مهم‌ترین عواملی که باعث بیماری‌های قلبی - عروقی در دنیای امروز شده است، کاهش تحرک و فعالیت بدنی و افزایش چاقی ناشی از عدم این تحرک می‌باشد. چاقی، یک اختلال مزمن پیچیده، با اتیولوژی چندعاملی است؛ که شامل ژنتیک، هورمون، رژیم غذایی، سن، فعالیت جسمانی و محیط می‌باشد (۵). بافت چربی به عنوان محصول اصلی چاقی، علاوه بر ذخیره چربی به عنوان یک بافت فعال، پپتیدهایی تحت عنوان آدیپوکاین‌ها و سایتوکاین‌ها، پیش‌التهابی و ضدالتهابی مانند لپتین، آدیپونکتین، رزیستین، ویسفاتین، اینترلوکین‌های IL-4، IL-6، IL-10 و اینترفرون گاما، ترشح می‌کند؛ که دارای اثرات اندوکرینی و پاراکرینی است (۶-۷). از میان اینها، سایتوکاین ضدالتهابی اینترلوکین ۱۰ (Interleukin 10) یا عامل مهار تولید سیتوکین انسانی (CSIF)، یکی از اینترلوکین‌های مهم بدن است؛ که از گلبول‌های سفید، ترشح می‌شود و در مهار پاسخ‌های التهابی و ایمنی نقش دارد. IL-10 از سلول‌های منوسیت و نیز از لنفوسیت‌تی کمک‌کننده، لنفوسیت‌تی تنظیم‌کننده و ماست سل ترشح می‌شود (۸). IL-10، سایتوکاینی با چند عملکرد در تنظیم ایمنی و التهاب است. این اینترلوکین، موجب کاهش بیان سیتوکین‌های لنفوسیت‌تی کمک‌کننده (Th1) و پادگن‌های مجموعه سازگاری

بافتی اصلی کلاس دو می‌شود. اینتر لوکین ۱۰ همچنین موجب افزایش تکثیر و بقای لنفوسیت‌های بی و تولید آنتی‌بادی می‌شود (۸). اینترلوکین ۱۰، سایتوکاینی ضدالتهابی و تنظیم‌کننده اصلی سیستم ایمنی است؛ که پاسخ‌های التهابی ناشی از آسیب بافتی را محدود می‌کند (۹). IL-10 به کمک انواع سلول‌های ایمنی، نظیر سلول‌های Th2 تولید می‌شود و توانایی مهار طیف گسترده‌ای از ماکروفاژها و سلول‌های CD8 پاسخ‌های ایمنی و التهابی را دارد (۹). فعال‌سازی ماکروفاژها را مهار می‌کند، فعالیت مخرب آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز را محدود می‌نماید، و نیز مانع از بیان مدیاتورهای التهابی، نظیر سیکلوآکسیژناز ۲ (COX-2)، سیتوکین‌های پیش‌التهابی همچون اینترلوکین ۶-IL (6، IL-8) و فاکتور نکروز بافتی آلفا (TNF- α) و کموکین‌های CC و CXC می‌شود؛ به طوری که نشان داده شده است این سیتوکین، نقش ضدآترواسکلروتیک دارد (۱۰). ارتباط IL-10 با دیگر بیماری‌های قلبی-عروقی، نظیر آنژین‌های صدری ناپایدار و تنگ شدن مجدد عروق نیز مطالعه شده است (۱۱).

چندین پژوهش، تأثیرات ضدالتهابی فعالیت بدنی کوتاه‌مدت را از طریق افزایش IL-10 و IL-ra نشان داده‌اند (۱۲-۱۳). با این حال، مطالعات محدودی به بررسی انواع فعالیت‌های ورزشی و برنامه‌های تمرینی مختلف پرداخته‌اند. علیزاده و همکاران افزایش معناداری را در سطوح پلاسمایی IL-10 و IL-6 پس از یک دوره تمرین مقاومتی در ۳۰ مرد ورزشکار قدرتی گزارش کردند (۱۴). پیکه و همکاران (۲۰۰۵)، سه برنامه دوییدن روی تردمیل را با شدت‌های ۶۰، ۸۵ و ۶۰ درصد با شیب منفی، حداکثر اکسیژن مصرفی در ۲۳ دوندۀ ۲۸ ساله مطالعه کردند. سطوح پلاسمایی IL-10 در شدت بالا، به طور معناداری بیشتر از شدت‌های متوسط و شیب منفی گزارش شد (۱۵). محمدی زاده و همکاران در مطالعه‌ای اثر شش ماه تمرین هوازی را در تعدیل شاخص‌های التهابی و ضدالتهابی در بیماران دیابت نوع ۲ بررسی کردند. نتایج نشان داد تمرین هوازی، hsCRP و IL-18 را کاهش و IL-10 را افزایش داده است و با تنظیم کاهشی نسبت IL-18/10، ایمنی ضدالتهابی ایجاد می‌کند (۱۶). از طرفی گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد بیشتر حملات قلبی-عروقی، در طول روز و در ساعاتی خاص، به خصوص در اوایل صبح اتفاق می‌افتند؛ لذا این سؤال مطرح است که آیا تأثیر تمرین موازی بر سطوح فاکتورهای ضدالتهابی مرتبط با عوامل خطرزای قلبی-عروقی، در زمان صبح و عصر متفاوت است؟ این در حالی است که اکثر تحقیقات انجام‌شده در این خصوص به بررسی اثر حاد (پاسخ) عوامل خطرزای قلبی-عروقی در ساعت‌های مختلف از روز و یا صرفاً انجام تمرین هوازی پرداخته‌اند و هنوز مطالعات بیشتری مورد نیاز است؛ تا دقیقاً اثر طولانی‌مدت (سازگاری) تمرین منظم به ویژه تمرین هوازی (قدرتی-استقامتی) را در ساعات مختلف شبانه‌روز بر سطوح

استراحت شاخص‌های ضدالتهابی مشخص نماید. لذا این سؤال مطرح است که، آیا غلظت سطوح شاخص‌های ضدالتهابی مانند IL-10 تحت تأثیر تمرین صبح و عصر قرار می‌گیرد؟ با توجه به اهمیت پیشگیری از بروز بیماری‌های قلبی-عروقی و تأثیر فعالیت بدنی بر سلامت عمومی و همچنین با توجه به ماهیت ویژه تمرین موازی که اجرای تمرین قدرتی و استقامتی را شامل می‌شود و منجر به ایجاد سازگاری‌های خاص قدرتی و استقامتی می‌گردد، پژوهش حاضر درصدد است تا تأثیر ۸ هفته تمرین موازی صبح و عصر را بر برخی شاخص‌های ضدالتهابی قلبی-عروقی، از قبیل IL-10 مردان جوان دارای اضافه‌وزن، مورد مطالعه قرار دهد.

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با استفاده از طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون، همراه با گروه کنترل است.

۲-۱. آزمودنی‌ها

در این پژوهش، ۴۰ مرد جوان دارای اضافه‌وزن سالم با میانگین سنی $24 \pm 1/24$ سال، وزن $85/91 \pm 5/65$ کیلوگرم، و شاخص توده بدن $28/34 \pm 2$ کیلوگرم بر متر مربع، از میان ۲۴۳ دانشجوی دانشگاه قم که در سال تحصیلی ۹۳-۹۴ دروس عمومی تربیت بدنی را اخذ کرده و داوطلب شرکت در این پژوهش بودند، انتخاب شدند و سپس به صورت تصادفی ساده، در ۴ گروه کنترل صبح (۱۰ نفر)، کنترل عصر (۱۰ نفر)، تجربی صبح (۱۰ نفر) و تجربی عصر (۱۰ نفر) تقسیم شدند. شاخص‌های ورودی داوطلبان به تحقیق، شامل داشتن سطح سلامت عمومی جسمانی و روانی و شاخص توده بدن بالای ۲۵ بود؛ و ملاک خروج داوطلبان از مطالعه، داشتن بیماری قلبی-عروقی، دیابت، اختلالات هورمونی، بیماری‌های کلیوی و کبدی، جراحی، اعتیاد به سیگار و هرگونه مداخله درمانی مؤثر بر نتایج آزمایشگاهی بود. قبل از انجام مداخلات، به منظور همگن‌سازی، چهار گروه براساس سن، قد، وزن، شاخص توده بدن و آمادگی هوازی، مقایسه شدند؛ که به لحاظ آماری، تفاوت معناداری بین آن‌ها وجود نداشت. کلیه شرکت‌کنندگان، اطلاعات مکتوب در خصوص پژوهش را دریافت نموده و پس از مطالعه، از آن‌ها خواسته شد تا رضایت‌نامه کتبی را امضاء نمایند. همچنین، پژوهش حاضر، زیر نظر کارشناس خبره آزمایشگاهی و متخصصان فیزیولوژی ورزشی انجام شد و کلیه آزمودنی‌ها با تکمیل پرسش‌نامه پزشکی، هیچ‌گونه پیشینه بیماری‌های قلبی و عروقی، فشار خون بالا، دیابت، بیماری‌های کلیوی و کبدی نداشتند. آزمودنی‌ها در یک جلسه با نحوه انجام فعالیت ورزشی و نحوه خون‌گیری آشنا شدند. به منظور کاهش برخی عوامل مداخله‌گر و مخدوش‌کننده مؤثر

در نتایج پژوهش و به منظور کاهش آثار نوع غذا بر شاخص‌های هورمونی، از آزمودنی‌ها خواسته شد به مدت حداقل ۲۴ ساعت قبل از انجام برنامه ورزشی و خون‌گیری، از خوردن غذاهای آماده و همچنین آشامیدنی‌های کافئین‌دار خودداری کنند. سپس گروه تمرین صبح، در ساعت ۷ صبح و گروه تمرین عصر، در ساعت ۱۸ به اجرای تمرین منتخب موازی به مدت ۸ هفته و هر هفته، سه جلسه پرداختند. مشخصات عمومی آزمودنی‌ها در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱ - مشخصات عمومی آزمودنی‌ها (میانگین + انحراف معیار)

متغیر	گروه	تمرین صبح	تمرین عصر	کنترل صبح	کنترل عصر
سن (سال)	۲۳/۴۴	۲۴/۱۱	۲۵/۲۲	۲۳/۲۵	
وزن (kg)	۹۳/۷۷	۸۸/۲۲	۸۳/۵۵	۷۸/۱۲	
قد (cm)	۱۷۹/۵۵	۱۷۶/۴۴	۱۷۲/۵۵	۱۶۸/۶۲	
VO ₂ MAX (ML.KG/MIN)	۳۰/۷۹	۲۸/۶۵	۲۶/۶۳	۲۷/۳۰	
BMI (KG/M ²)	۲۸/۷۳	۲۸/۷۷	۲۸/۰۴	۲۷/۳۷	
درصد چربی بدن	۲۷/۷۰±۳	۲۷/۰±۲۶/۲	۱/۲۴±۲۵	۱/۴۵±۲۶/۵۷	

۲-۲. سنجش فیزیولوژیک

برای اندازه‌گیری وزن، از ترازوی دیجیتالی آلمانی با دقت ± 0.1 کیلوگرم، استفاده شد و اندازه‌گیری بدون کفش با حداقل لباس، انجام شد. قد افراد با استفاده از قدسنج (دیواری ۴۴۴۴۰ ساخت شرکت کاوه) با دقت ± 0.1 سانتی‌متر، در وضعیت ایستاده کنار دیوار، بدون کفش، در حالی که کتف‌ها در شرایط عادی بودند، اندازه‌گیری شد. نمایه توده بدن^۱ (شاخص توده بدنی) از تقسیم وزن فرد (کیلوگرم) به مجذور قد (متر)، محاسبه شد. درصد چربی آزمودنی‌ها، با استفاده از دستگاه بوکا آنالیزور ساخت کشور کره و دستگاه کالپر YAGAMI ساخت کشور ژاپن محاسبه شد، و از شیوه سه نقطه‌ای سینه، پهلوی و عضله چهار سر ران استفاده شد. و با قرار دادن در معادله جکسون بولاک (ویلیام، ۲۰۰۲) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی، از آزمون ۲۴۰۰ متر دویدن و راه رفتن استفاده شد. برای اجرای این آزمون از یک پیست ۴۰۰ متری استفاده شد. برای اجرای دوی ۲۴۰۰ متر، به دانشجویان، آموزش داده شد تا مسافت مورد نظر را در سریع‌ترین زمان ممکن بدونند؛ و راه رفتن در آزمون، مجاز بود. در پایان مسافت، زمان سپری‌شده (دقیقه و ثانیه) ثبت شد و برای برآورد VO₂max در معادله زیر قرار گرفت:

$$\text{VO}_{2\text{MAX}} (\text{جنس}) = 3/716 + (\text{زمان به دقیقه}) \times 2/76 + (\text{وزن بدن به کیلوگرم}) \times 0/1656 - 88/02 = (\text{میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم در دقیقه})$$

در معادله: وزن بدن برحسب کیلوگرم، زمان برحسب دقیقه، جنس: عدد ۱ برای مردان و صفر برای زنان (۱۴).

۲-۳. پروتکل پژوهش

ابتدا میزان حداکثر ضربان قلب با استفاده از فرمول (سن $\times 0.7$) - ۲۰۸، برای هر فرد اندازه‌گیری شد (۱۵). پژوهش گروه تمرین صبحگاهی و تمرین عصرگاهی به اجرای برنامه تمرین موازی ۸ هفته‌ای پرداختند. هر جلسه تمرین، شامل سه مرحله تمرین بود: ۱۰ تا ۱۵ دقیقه گرم کردن به صورت راه رفتن سریع، دویدن آهسته و حرکات کششی نرمشی با ۴۵-۵۵ درصد ضربان قلب بیشینه و سپس اجرای برنامه اصلی، که ابتدا شامل تمرین مقاومتی با ۱۱ ایستگاه (پرس با دستگاه پرس سینه، جلو پا با دستگاه، پشت بازو سیم‌کش، ساق پا نشسته، خم کردن زانو با دستگاه، جلو بازو با هالتر، سیم‌کش از طرفین، حرکت قدامی پا، درازنشست و فیله کمر) بود؛ که طبق شیوه دایره‌ای، در چهار هفته اول با ۱۰ تا ۱۲ تکرار و طی ۱ ست با ۷۰ تا ۷۵٪ یک تکرار بیشینه، و در چهار هفته دوم ۶ تا ۸ تکرار و طی ۲ ست با ۷۵ تا ۸۰٪ تکرار بیشینه اجرا شد؛ که هر ایستگاه با ۳۰ ثانیه استراحت از ایستگاه بعدی و هر ست با ۱۸۰ ثانیه استراحت از ست بعدی فاصله داشت. پس از تمرینات مقاومتی، آزمودنی‌های گروه‌های تجربی به اجرای تمرین استقامتی که شامل دویدن بود پرداختند؛ که شدت آن در ۴ هفته اول، با ۷۰ تا ۷۵٪ ضربان قلب بیشینه انجام شد و مدت دویدن در جلسه اول ۱۵ دقیقه بود. تا اینکه زمان دویدن به ۱۷ دقیقه افزایش یافت و در ۴ هفته دوم، برنامه تمرینی دویدن با ۷۵ تا ۸۰٪ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه، اجرا و مدت دویدن، هر دوهفته به صورت پله‌ای، یک دقیقه افزوده شد؛ تا اینکه زمان دویدن در هفته هشتم به ۲۱ دقیقه رسید. گروه کنترل نیز در طول دوره تحقیق، طبق توصیه محقق، در هیچ فعالیت ورزشی منظمی شرکت نکردند.

۲-۴. خون‌گیری

برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی، خون‌گیری در دو مرحله، قبل از شروع تمرینات (هفته صفر) و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (هفته هشتم)، صورت گرفت. در مرحله اول، از آزمودنی‌های هر گروه خواسته شد تا دو روز قبل از آزمون، هیچ فعالیت ورزشی انجام ندهند و رژیم غذایی معمول خود را حفظ کنند. سپس ۵ سی‌سی بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی، از سیاهرگ آنتی‌کیوبیتال دست چپ، در وضعیت نشسته و در حالت استراحت، از آزمودنی‌های گروه تمرین صبحگاهی و کنترل صبحگاهی در ساعت ۸ صبح؛ و از گروه تمرین عصرگاهی و کنترل عصرگاهی در ساعت ۱۸ گرفته شد. دما و ساعت آزمون ثبت شد تا در مراحل بعدی نیز این شرایط حفظ گردد. پس از

خون‌گیری، بلافاصله سرم‌ها با سانتریفوژ ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه جدا و تا روز آزمایش در یخچال و در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد فریز و نگهداری شد. پس از این مرحله، آزمودنی‌های گروه‌های تجربی به مدت ۸ هفته، به اجرای برنامه تمرینی موازی (قدرتی - استقامتی) پرداختند. این شرایط، برای نمونه خونی پس از آزمون نیز عیناً تکرار شد.

۲-۵. سنجش بیوشیمیایی

ابتدا نمونه‌ها از فریزر خارج و ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد؛ تا ذوب شده و به دمای اتاق برسند. سپس ۵ مرتبه سروته شدند تا گرادیان غلظت ناشی از فریز و ذوب، برطرف شده و غلظت نمونه‌ها یکدست شود. همه سنجش‌ها به روش کمی و با استفاده از روش ELISA^۱ با استفاده از کیت‌های (Human Interleukin-6- ELISA Kit) با درجه حساسیت ۱/۱۰۰ mmol/dl hc از کشور آلمان، مورد سنجش قرار گرفت. همچنین اطلاعات مربوط به رژیم غذایی آزمودنی‌ها، توسط پرسش‌نامه ۲۴ ساعته یادآمد خوراک، در دو نوبت هفته اول و هفته هشتم، در طول برنامه فعالیت بدنی توسط آزمودنی، در برگه مخصوص رژیم غذایی ثبت گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا مواد غذایی مصرف‌شده به گرم تبدیل و سپس با استفاده از نرم‌افزار Dorosty Food Processor (NIIL,FP) اطلاعات مربوط به رژیم غذایی، تجزیه و تحلیل شده و میزان درشت‌مغذی‌ها تعیین شد (۱۶). نیاز انرژی متابولیسم پایه، براساس سن، جنس، وزن، طبق فرمول هریس و بندیکت^۲ محاسبه و پس از تطبیق فاکتو فعالیت، کل انرژی مورد نیاز روزانه محاسبه شد (۱۷). این در حالی بود که امکان کنترل انگیزش و عوامل ژنتیکی و وراثتی آزمودنی‌ها که ممکن است بر نتایج تحقیق اثرگذار باشد، برای محقق میسر نبود.

۲-۶. روش‌های آماری

برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها در حالت پایه و ارزیابی اختلاف نمونه با جامعه موردنظر، از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، و جهت بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لوین^۳ استفاده شد؛ و با توجه به معنی دار یا غیرمعنی دار بودن آزمون‌های فوق، از روش‌های آمار استنباطی پارامتریک و غیرپارامتریک استفاده شد. در روش آماری پارامتریک برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی از آزمون T وابسته و همچنین از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه^۴ برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی،

1. Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

2- Harris & Benedict

3. Leven

4. ANOVA

و در صورت مشاهده تفاوت معنی دار آماری از آزمون تعقیبی LSD به منظور تعیین محل اختلاف بین گروهی استفاده شد. در روش آماری غیرپارامتریک، برای بررسی تفاوت های درون گروهی از آزمون ویلکاکسون و همچنین از آزمون کروسکال-والیس برای بررسی تفاوت های بین گروهی استفاده شد. عملیات آماری پژوهش با نرم افزار SPSS22 تحلیل و سطح معنی داری آزمون ها ($\alpha < 0/05$) در نظر گرفته شد.

۳. یافته ها

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین موازی در صبح و عصر موجب افزایش VO_{2MAX} و کاهش شاخص توده بدن گروه های تجربی در مقایسه با گروه های کنترل صبح و عصر شد؛ به نحوی که میزان VO_{2MAX} در گروه تمرین صبحگاهی در مقایسه با گروه های کنترل صبحگاهی و عصرگاهی به ترتیب ۴۸ و ۴۶ درصد افزایش، و شاخص توده بدن به ترتیب ۲ و ۲/۴ درصد کاهش داشته است.

در گروه تمرین عصرگاهی در مقایسه با گروه های کنترل صبحگاهی و عصرگاهی میزان VO_{2MAX} به ترتیب ۵۵ و ۵۲ درصد افزایش و شاخص توده بدن به ترتیب ۷ و ۳/۲ درصد کاهش نشان داد. این درحالی بود که تفاوت معنی داری در VO_{2MAX} و شاخص توده بدن گروه تمرین صبحگاهی و عصرگاهی مشاهده نشد؛ هرچند که افزایش VO_{2MAX} و کاهش شاخص توده بدن در زمان عصر، بیشتر از صبح بود (جدول ۲).

جدول ۲- تغییرات میانگین و انحراف معیار توان هوازی و ترکیب بدن گروه های تمرین و کنترل در مراحل مختلف آزمون

متغیر	گروه ها	N	پیش آزمون	پس آزمون
VO_{2MAX} (ML.KG/MIN)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبحگاهی)	۱۰	۳۰/۷۹	۳۹/۲۵
	گروه تجربی ۲ (تمرین صبحگاهی)	۱۰	۲۸/۶۵	۴۱/۱۵
	گروه کنترل ۱ (صبحگاهی)	۱۰	۲۶/۶۳	۲۶/۴۸
	گروه کنترل ۲ (عصرگاهی)	۱۰	۲۷/۳۰	۲۷/۰۶۳
BMI(KG/M ²)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبحگاهی)	۱۰	۲۸/۷۳	۲۷/۰۵
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصرگاهی)	۱۰	۲۸/۷۷	۲۶/۵۱
	گروه کنترل ۱ (صبحگاهی)	۱۰	۲۸/۰۴	۲۸/۳۳
	گروه کنترل ۲ (عصرگاهی)	۱۰	۲۷/۳۷	۲۷/۵۳

جدول ۳- تغییرات میانگین و انحراف معیار شاخص ضد التهابی (IL-10) گروه‌های تمرین و کنترل در مراحل مختلف آزمون

متغیر	گروه‌ها	N	پیش‌آزمون (هفته صفر)	پس‌آزمون (هفته هشتم)
IL-10 (pg/ml)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبحگاهی)	۱۰	۲۲۷/۷۶	۱۸۹/۶۸
	گروه تجربی ۲ (تمرین صبحگاهی)	۱۰	۲۲۴/۴۰	۲۲۲/۲۶
	گروه کنترل ۱ (صبحگاهی)	۱۰	۳۲۰/۳۳	۳۱۹/۱۶
	گروه کنترل ۲ (عصرگاهی)	۱۰	۱۸۱/۷۸	۱۷۹/۷۸

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد در مرحله پس‌آزمون، مقدار IL-10 در گروه تمرین صبحگاهی به مقدار ۲۰ درصد کاهش و عصرگاهی به مقدار ۱۰ درصد افزایش یافت. این درحالی است که در گروه‌های کنترل صبحگاهی و عصرگاهی، تغییرات چندانی در مقدار IL-10 در بدن آزمودنی‌ها صورت نگرفته است. با مقایسه گروه‌های تمرین صبحگاهی و عصرگاهی مشاهده شده که مقدار IL-10 در گروه تمرین عصرگاهی ۳۰ درصد بیشتر از گروه تمرین صبحگاهی افزایش یافته است (جدول ۳).

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پس از ۸ هفته تمرین موازی در زمان صبح و عصر در مردان جوان دارای اضافه‌وزن، شاخص توده بدن کاهش و میزان VO_{2MAX} افزایش یافت؛ به نحوی که افزایش VO_{2MAX} و کاهش شاخص توده بدن در گروه تمرینی عصر، به نسبت، بیشتر از گروه‌های کنترل و تمرین صبحگاهی بود. افزایش میزان VO_{2MAX} حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات باقری و همکاران (۲۰۲۰)، بیلسکی و همکاران (۲۰۱۶)، بونفونته و همکاران (۲۰۲۱)، همخوانی دارد. مارتینز مونتورو و همکاران (۲۰۲۳) با تحقیقی که بر روی افراد چاق انجام دادند، نشان دادند که آزمودنی‌های گروه عصر به طور متوسط، اکسیژن بیشتری را نسبت به آزمودنی‌های گروه صبح مصرف کرده‌اند. از طرف دیگر، حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه تمرینی عصر، بیشتر از گروه تمرینی صبح بوده است. این نتایج، بیانگر آن است که انجام تمرینات موازی با شدت متوسط به بالا به مدت ۸ هفته، موجب افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی مردان چاق می‌گردد (۱۹). افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی، احتمالاً به دلیل افزایش حجم ضربه‌ای یا برداشت و جذب بیشتر اکسیژن خون توسط سلول‌ها، افزایش اسیدهای چرب آزاد متصل به پروتئین‌ها و افزایش تعداد و چکالی میتوکندری، افزایش آنزیم‌های اکسایشی، کاهش ویسکوزیته و افزایش حجم پلاسمای خون و کاهش عوامل انعقادی و افزایش فیبرینولیز پلاسمای خون و توسعه شبکه مویرگی، افزایش غلظت هموگلوبین در خون از طریق تحریک ترشح گلوبول‌های قرمز از طحال و یا افزایش ترشح آدرنالین از غدد

فوق کلیوی؛ که باعث افزایش قطر عروق متصل به عضلات و ضربان قلب و گشاد کردن راه‌های هوایی می‌شود، است (۲۰). از طرف دیگر کاهش ویسکوزیته خون به هنگام فعالیت ورزشی، به ویژه غلظت فیبرینوژن خون، که به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای انعقادی خون و یک عامل قوی و مستقل و از سوی دیگر مهم‌ترین شاخص ارزیابی مشکلات عروق کرونر شناخته می‌شود، مطالعات اپیدمیولوژی پیشرفته از جمله فرامینگهام و مطالعاتی در ژاپن و آمریکا آن را تأیید می‌کند (۸). به طور کلی می‌توان گفت فعالیت ورزشی، از طریق کاهش فعالیت انعقادی و افزایش فیبرینولیز، باعث تحریک سیستم انعقادی خون می‌شود؛ که این عامل با افزایش سرعت جریان خون و در دسترس قرار دادن اکسیژن مصرفی، باعث افزایش میزان VO_{2max} در گروه‌های تمرینی صبحگاهی و عصرگاهی می‌گردد (۲۰). ولی با توجه به تأثیر ریتم شبانه‌روزی و اثری که از طریق ره‌ایش آدرنالین و فیبرینولیز خون، مخصوصاً در هنگام عصر که ترشح و تولید آن‌ها در بالاترین حد است، توصیه می‌شود با توجه به بالا بودن میزان فعالیت فیبرینولیز و کاهش فعالیت انعقادی خون، و اوج ترشح آدرنالین در عصر، تمرینات استقامتی با شدت‌های بالا در عصر به برنامه تمرینی ورزشکاران و افراد عادی تجویز شود؛ تا پژوهشگران علوم ورزشی و افرادی که از تمرینات استقامتی جهت آماده‌سازی ورزشکاران و سلامتی خود استفاده می‌کنند، از اثرات مطلوب این تمرینات بهره‌مند شده و از عوارض و خطرات احتمالی فعالیت‌های بدنی نامناسب در شرایط نامطلوب جلوگیری شود (۲۱). به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد ۸ هفته تمرین موازی با شدت متوسط در مردان جوان دارای اضافه‌وزن باعث افزایش VO_{2max} ، کاهش شاخص توده بدن در گروه تمرین صبح و عصر می‌گردد؛ که افزایش VO_{2max} و کاهش شاخص توده بدن در گروه تمرینی عصر به نسبت، بیشتر از گروه‌های کنترل و تمرین صبحگاهی بود.

اینترلوکین ۱۰ (Interleukin 10) یا عامل مهار تولید سیتوکین انسانی (CSIF)، یکی از اینترلوکین‌های مهم بدن است که از گلبول‌های سفید، ترشح می‌شود و در مهار پاسخ‌های التهابی و ایمنی نقش دارد. IL-10 از سلول‌های منوسیت و نیز از لنفوسیت‌تی کمک‌کننده، لنفوسیت‌تی تنظیم‌کننده و ماست سل، ترشح می‌شود. IL-10 سائتوکاینی با چند عملکرد در تنظیم ایمنی و التهاب است. این اینترلوکین موجب کاهش بیان سیتوکین‌های لنفوسیت‌تی کمک‌کننده ($Th1$) و پادگن‌های مجموعه سازگاری بافتی اصلی کلاس دو می‌شود. اینترلوکین ۱۰ همچنین موجب افزایش تکثیر و بقای لنفوسیت‌های بی و تولید آنتی‌بادی می‌شود. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که در مرحله پیش‌آزمون، قبل از شروع برنامه تمرینی در مقدار IL-10 مردان چاق گروه‌های تجربی و کنترل، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. گروه تمرین صبحگاهی $2/3 \pm 227/76$ pg/ml، گروه

تمرین عصرگاهی pg/ml $204/40 \pm 1/6$ ، گروه کنترل صبحگاهی pg/ml $320/33 \pm 2/8$ ، گروه کنترل عصرگاهی pg/ml $181/78 \pm 2/9$ بودند. هرچند تغییرات میزان اینترلوکین ۶ در این پژوهش، معنی‌دار نبود، ولی در مرحله پس‌آزمون مقدار IL-10 در گروه تمرین صبحگاهی، به مقدار ۲۰ درصد کاهش یافت و گروه تمرین عصرگاهی به مقدار ۱۰ درصد افزایش نشان داد. با مقایسه گروه‌های تمرین صبحگاهی و عصرگاهی، مشاهده شده که مقدار IL-10 در گروه تمرین عصرگاهی، ۳۰ درصد بیشتر از گروه تمرین صبحگاهی افزایش یافته است. افزایش IL-10 باعث کاهش فرآیندهای التهابی می‌گردد. با توجه به اینکه اثرات ضدالتهابی ورزش‌ها به افزایش این سایتوکان منجر می‌شود (۲۶)، این احتمال وجود دارد که ورزش و فعالیت بدنی به واسطه تأثیر در ترشح یا سطوح سایر سایتوکان‌های التهابی یا ضدالتهابی، به طور غیرمستقیم به افزایش IL-10 منجر شده است؛ چراکه برخی از مطالعات، به این نکته اشاره نموده‌اند که افزایش ترشح اینترلوکین ۶ متعاقب ورزش، به نوعی محرک IL-10 از بافت چربی است (۶-۷). نتایج پژوهش حاضر، با یافته‌های عزیززاده و همکاران (۲۰۱۵)^۱ و باقری و همکاران (۲۰۲۰)^۲ همسو است (۲۰، ۲۲، ۲۳). افزایش وزن و متعاقب آن افزایش LDL، TG، باعث بیماری‌های مرتبط با چاقی نظیر بیماری‌های قلبی-عروقی، ازجمله تصلب شرایین می‌شود. افزایش چربی دارای چگالی پایین، باعث رسوب آن‌ها در دیواره عروق و ایجاد پلاک می‌گردد؛ که این عامل، باعث تنگی عروق و بسته شدن آن‌ها می‌شود. این عامل، زمانی خطرناک است که با التهاب همراه باشد. بنابراین، به واسطه اثر ضدالتهابی ورزش از طریق ترشح و افزایش سطوح IL-10، به هنگام فعالیت ورزشی و مهار سایتوکان‌های التهابی مانند اینترلوکین ۶، خطرات ناشی از چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن را می‌توان کنترل و یا به حداقل ممکن رساند. بنابر نتایج پژوهش‌های دیگر، ازجمله اریکسون و همکاران (۲۰۰۹)، می‌توان گفت که اثرات ضدالتهابی فعالیت ورزشی در بیماران قلبی و افراد چاق، در درجه اول به واسطه بهبود سطح IL-10 نمایان می‌شود. بیلسکی و همکاران (۲۰۱۶). محققان، تفاوت یافته‌ها را به تفاوت در نوع ورزش، سطح آمادگی آزمودنی‌ها، مدت و شدت فعالیت ورزشی و طول دوره تمرینی نسبت داده‌اند (۲۳). به طور کلی با توجه به نتایج پژوهش‌های گذشته بیلسکی و همکاران (۲۰۱۶) و نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان گفت که هرچند از لحاظ آماری در IL-10 معنی‌دار نبود، ولی با توجه به تفاوت درصدی که در نتایج به‌دست آمده مشاهده شد، می‌توان چنین اظهار نمود که با توجه به افزایش سه برابری اینترلوکین 10 در گروه تمرینی عصر نسبت به گروه تمرینی صبح، اجرای برنامه‌های

ورزشی موازی شامل تمرینات قدرتی و هوازی، از نظر سلامتی سیستم قلبی-عروقی در عصر (۶ تا ۸ شب) کم خطرتر بوده و ورزشکاران و افراد عادی می‌توانند برنامه تمرینی خود را در این بازه زمانی با خطر کمتری نسبت به صبح اجرا کنند (۲۳).

انجام تمرینات موازی در صبح و عصر سبب بهبود VO_{2max} و کاهش شاخص توده بدنی می‌شود. همچنین تمرینات موازی در عصر نسبت به صبح، موجب افزایش بیشتر سایتوکان‌های ضدالتهابی در عصر می‌شود که این عوامل موجب افزایش سلامتی قلبی-عروقی فرد می‌گردند؛ لذا با توجه به نتایج این پژوهش، انجام تمرین در زمان عصر را می‌توان مناسب‌تر از زمان صبح دانست و به افراد دارای اضافه‌وزن توصیه می‌شود تا حد امکان تمرینات موازی را در زمان عصر انجام دهند؛ هرچند که جهت تأیید نهایی این موضوع، نیاز به انجام پژوهش‌هایی با طول دوره تمرینی طولانی‌تر می‌باشد.



References

1. Alizadeh Z, Mostafae M, Mazaheri R & Younespour S. Acute Effect of Morning and Afternoon Aerobic Exercise on Appetite of Overweight Women. *Asian journal of sports medicine*. 2015; 6(2): e24222. [https://doi.org/10.5812/asjsm.6\(2\)20156.24222](https://doi.org/10.5812/asjsm.6(2)20156.24222)
2. Asle Mohammadi Zadeh M, Kargarfard M, Marandi SM & et al. Diets along with interval training regimes improves inflammatory & anti-inflammatory condition in obesity with type 2 diabetes subjects. *J Diabetes Metab Disord*. 2018; 17: 253-267. <https://doi.org/10.1007/s40200-018-0368-0>
3. Bagheri R, Rashidlamir A, Ashtary-Larky D, Wong A, Grubbs B, Motevalli MS, Baker JS, Laher I & Zouhal H. Effects of green tea extract supplementation and endurance training on irisin, pro-inflammatory cytokines, and adiponectin concentrations in overweight middle-aged men. *European journal of applied physiology*. 2020; 120(4): 915-923. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04332-6>
4. Bilski J, Jaworek J, Pokorski J, Nitecki J, Nitecka E, Pokorska J, Mazur-Bialy A & Szklarczyk J. Effects of time of day and the wingate test on appetite perceptions, food intake and plasma levels of adipokines. *Journal of physiology and pharmacology: an official journal of the Polish Physiological Society*. 2016; 67(5): 667-676.
5. Bonfante ILP, Duft RG, Mateus KCDS, Trombeta JCDS, Finardi EAR, Ramkrapes APB, Brunelli DT, Mori MADS, Chacon-Mikahil MPT, Velloso LA & Cavaglieri CR. Acute/Chronic Responses of Combined Training on Serum Pro-thermogenic/Anti-inflammatory Inducers and Its Relation with Fed and Fasting State in Overweight Type 2 Diabetic Individuals. *Frontiers in physiology*. 2021; 12: 736244. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.736244>
6. Ceylan Hİ, Saygın Ö, & Özel Türkcü Ü. Assessment of acute aerobic exercise in the morning versus evening on asprosin, spexin, lipocalin-2, and insulin level in overweight/obese versus normal weight adult men. *Chronobiology International*. 2020; 37(8): 1252-1268. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1792482>
7. Daryanoosh F, Zolfaghari M, Hashemi SM & et al. Synergistic effect of exercise training and curcumin supplementation on inflammation indices in overweight breast-cancer patients after adjuvant chemotherapy and/or radiation therapy: a randomized controlled trial study. *Sport Sci Health*. 2024. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01252-2>
8. Gao K, Su Z, Meng J & et al. Effect of Exercise Training on Some Anti-Inflammatory Adipokines, High Sensitivity C-Reactive Protein, and Clinical Outcomes in Sedentary Adults with Metabolic Syndrome. *Biological Research for Nursing*. 2024; 26(1): 125-138. <https://doi.org/10.1177/10998004231195541>
9. Gomez AM, Gomez C, Aschner P & et al. Effects of Performing Morning Versus Afternoon Exercise on Glycemic Control and Hypoglycemia Frequency in Type 1 Diabetes Patients on Sensor-Augmented Insulin Pump Therapy. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2015; 9(3): 619-624. <https://doi.org/10.1177/1932296814566233>
10. Jusup SA, Douwes M, Purwanto B & Indarto D. Effect of Morning and Afternoon Exercise on the Improvement of Endothelial Dysfunction in Type-2 Diabetes Mellitus Patients. *Malaysian Journal*

- of *Medicine and Health Sciences*. 2024; 20(2): 168-174. <https://doi.org/10.47836/mjmhs.20.2.22>
11. Martínez-Montoro JI, Benítez-Porres J, Tinahones FJ, Ortega-Gómez A, Murri M. Effects of exercise timing on metabolic health. *Obesity Reviews*. 2023; 24(10): e13599. <https://doi.org/10.1111/obr.13599>
 12. Moro T, Tinsley G, Pacelli FQ, Marcolin G, Bianco A & Paoli A. Twelve Months of Time-restricted Eating and Resistance Training Improves Inflammatory Markers and Cardiometabolic Risk Factors. *Medicine and science in sports and exercise*. 2021; 53(12): 2577–2585. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002738>
 13. Miche E, Herrmann G, Nowak M, Wirtz U, Tietz M, Hürst M, Zoller B & Radzewitz A. Effect of an exercise training program on endothelial dysfunction in diabetic and non-diabetic patients with severe chronic heart failure. *Clinical research in cardiology: official journal of the German Cardiac Society*, 95 Suppl, 2006; no. 1: i117–i124. <https://doi.org/10.1007/s00392-006-1106-z>
 14. Chen Q, Gao X, Wang C & Zhang P. Influence of different exercise types on vascular endothelial function in middle-aged and older adults - A systematic review and network meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2025; no. 128: 105624. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2024.105624>
 15. Sheikh R. Morning and Evening Exercise with or without High-Pressure Intervals have Different Effects on Controlling Blood Sugar and Glucose Fluctuations in People with Type 1 and Type 2 Diabetes. *Int J Bone Marrow Res*. 2023; no. 6: 001-003. <https://doi.org/10.29328/journal.ijbmr.1001016>
 16. Savikj, M., Gabriel, B. M., Alm, P. S., Smith, J., Caidahl, K., Björnholm, M., Fritz, T., Krook, A., Zierath, J. R., & Wallberg-Henriksson, H. Afternoon exercise is more efficacious than morning exercise at improving blood glucose levels in individuals with type 2 diabetes: a randomised crossover trial. *Diabetologia*. 2019; 62(2): 233–237. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4767-z>
 17. Niu WC, Liu C, Liu K, Fang WJ, Liu X & et al. The effect of different times of day for exercise on blood glucose fluctuations. *Primary care diabetes*. 2024; 18(4): 427-434. <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2024.06.004>
 18. Magalhães JP, Oliveira EC, Hetherington-Rauth M, Jesus F & et al. The Ex-Timing trial: evaluating morning, afternoon, and evening exercise on the circadian clock in individuals with type 2 diabetes and overweight/obesity-a randomized crossover study protocol. *Trials*. 2024; 25(1): 526. <https://doi.org/10.1186/s13063-024-08335-y>
 19. Gomez AM, Gomez C, Aschner P, Veloza A, Muñoz O, Rubio C & Vallejo S. Effects of performing morning versus afternoon exercise on glycemic control and hypoglycemia frequency in type 1 diabetes patients on sensor-augmented insulin pump therapy. *Journal of diabetes science and technology*. 2015; 9(3): 619–624. <https://doi.org/10.1177/1932296814566233>
 20. Wheeler MJ, Dunstan DW, Smith B, Smith KJ, Scheer A & et al. Morning exercise mitigates the impact of prolonged sitting on cerebral blood flow in older adults. *Journal of applied physiology*. 2019; 126(4): 1049–1055. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00001.2019>
 21. Toghi-Eshghi SR & Yardley JE. Morning (Fasting) vs Afternoon Resistance Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes: A Randomized Crossover Study. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2019; 104(11): 5217–5224. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-02384>

22. Mancilla R, Brouwers B, Schrauwen-Hinderling VB & et al. Exercise training elicits superior metabolic effects when performed in the afternoon compared to morning in metabolically compromised humans. *Physiological reports*. 2021; 8(24): e14669.
<https://doi.org/10.14814/phy2.14669>
23. Saidi O, Peyrel P, Del Sordo G, Gabriel B, Maso F, Doré É & Duché P. Is it wiser to train in the afternoon or the early evening to sleep better? The role of chronotype in young adolescent athletes. *Sleep*. 2023; 46(7): zsad099. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsad099>

