

The effect of rhythmic aerobic training and probiotic supplementation on Fetuin-A and serum aminotransferases in obese adolescent girls

Foroozan Hour¹, Leila Momeni^{2*1}, Aboutaleb Bagheri³

1. MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education & Sport Sciences, Dez.C., Islamic Azad University, Dezful, Iran
2. Assistant Professor in Exercise Physiology, Department of Physical Education & Sport Sciences, Dez.C., Islamic Azad University, Dezful, Iran
3. Assistant Professor in Exercise Physiology, Department of Physical Education & Sport Sciences, Dez.C., Islamic Azad University, Dezful, Iran

Received: 27 October 2024; Accepted: 27 August 2025, Published: 21 December 2025

Abstract

Background and Purpose: Fetuin-A (FetA), an inflammatory hepatokine, plays a role in obesity-related liver disorders. The present study aimed to investigate the effect of rhythmic aerobic training and probiotic supplementation on serum levels of FetA and aminotransferases in obese adolescent girls.

Material and Methods: In this semi-experimental study, 60 obese girls aged 15–18 years with a body mass index (BMI) between 30–35 kg/m² were selected through purposive sampling and randomly assigned into four groups: rhythmic aerobic training, probiotic supplement, combined (training + supplement), and placebo. The exercise protocol consisted of rhythmic aerobic training performed three sessions per week for eight weeks. The probiotic supplementation included one capsule per day of “Prokid” (manufactured by Milad Pharm Co., Iran). Anthropometric measurements and fasting blood sampling were conducted 24 hours before the intervention and 72 hours after the final session, all on the same day for all participants. Paired t-tests and ANCOVA were used to analyze within-group and between-group differences, respectively ($P \leq 0.05$).

Results: Significant increases in cardiorespiratory fitness and significant decreases in serum alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) levels were observed in the exercise and combined groups compared to the placebo and probiotic groups ($P < 0.05$). Additionally, FetA levels significantly decreased in the combined group compared to the probiotic group ($P < 0.05$). The probiotic group also showed significant reductions in ALT and AST compared to the placebo group ($P < 0.05$). Moreover, the combined group experienced a significantly greater reduction in AST compared to the exercise group ($P < 0.05$).

Conclusion: Based on the findings of the present study, rhythmic aerobic training, especially when combined with probiotic supplementation, not only improves cardiorespiratory fitness but also has a greater effect on reducing serum levels of FetA and AST. Therefore, the combined use of these two interventions can be considered an effective approach to improve liver-related biomarkers in obese adolescent girls.

Keywords: Obesity Fetuin-A, Aminotransferases, Rhythmic aerobic exercise, Probiotic supplementation

¹. Corresponding Author

Leila Momeni

Address: Department of Physical Education & Sport Sciences, Dez.C., Islamic Azad University, Dezful, Iran

Tel: 09166416468

Email address: leilam16@iau.ir

اثر تمرینات ایروبیکی ریتمیک و مصرف مکمل پروبیوتیک بر فتوئین-A و آمینوترانسفرازهای سرمی در دختران چاق نوجوان

فروزان حوری^۱، لیلا مومنی^{۱*}، ابوطالب باقری^۲

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.
۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.
۳. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵، تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: فتوئین-A (FetA) به عنوان هپاتوکین التهابی در اختلالات کبدی ناشی از چاقی نقش دارد. هدف تحقیق حاضر تعیین اثر تمرینات ایروبیکی ریتمیک و مصرف مکمل پروبیوتیک بر FetA و آمینوترانسفرازهای سرمی در دختران چاق نوجوان بود. **مواد و روش‌ها:** در تحقیق نیمه تجربی حاضر ۶۰ دختر چاق با شاخص توده بدنی ۳۵-۳۰ کیلوگرم بر متر مربع و دامنه سنی ۱۸-۱۵ سال به روش نمونه گیری هدفمند انتخاب و به چهار گروه تمرین ایروبیکی ریتمیک، مکمل پروبیوتیک، ترکیبی و دارونما تقسیم شدند. پروتکل تمرین شامل هشت هفته تمرینات ایروبیکی ریتمیک به مدت هشت هفته و تواتر تمرین سه جلسه در هفته انجام شد. همچنین مکمل پروبیوتیک از کپسول مکمل پروکید (ساخت شرکت میلاد فارمد/ کشور ایران) به صورت یک عدد در روز استفاده شد. ۲۴ ساعت قبل از انجام مداخلات و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه مداخله مشخصات تن سنجی و خون گیری در همه گروه ها در یک روز و به صورت ناشتا انجام شد. برای مقایسه درون گروهی و بین گروهی به ترتیب از آزمون های تی زوجی و تحلیل کواریانس استفاده شد ($P \leq 0.05$).

نتایج: در گروه های تمرین و ترکیبی افزایش معنی داری در آمادگی قلبی تنفسی و کاهش معنی داری در سطوح آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) نسبت به گروه دارونما و مکمل مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین کاهش FetA در گروه ترکیبی نسبت به گروه مکمل معنی دار بود ($P < 0.05$) در گروه مکمل کاهش معنی داری در سطوح ALT و AST نسبت به گروه دارونما مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین کاهش سطح AST در گروه ترکیبی به صورت معنی داری نسبت به گروه تمرین بیشتر بود ($P < 0.05$).

نتیجه گیری: بر اساس نتایج پژوهش حاضر، تمرینات ایروبیکی ریتمیک، به‌ویژه زمانی که با مصرف مکمل پروبیوتیک همراه شود، علاوه بر ارتقای آمادگی قلبی-تنفسی، اثر بیشتری در کاهش سطوح سرمی FetA و AST دارد. بنابراین، استفاده ترکیبی از این دو مداخله می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد مؤثر برای بهبود بیومارک‌های مرتبط با سلامت کبد در دختران نوجوان مبتلا به چاقی مدنظر قرار گیرد.

کلیدواژگان: چاقی، فتوئین-A، آمینوترانسفراز، تمرینات ایروبیکی ریتمیک، مکمل پروبیوتیک

^۱ نویسنده مسؤول

لیلا مومنی

نشانی: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.

تلفن: ۰۹۱۶۶۴۱۶۴۶۸

ایمیل: leilam16@iau.ir

مقدمه

چاقی و اختلالات متابولیکی مرتبط با آن یک موضوع نگران کننده در سطح جهانی با بار اقتصادی بالقوه بلندمدت است (۱). چاقی دوران کودکی در بسیاری از کشورها به ابعاد نگران کننده ای رسیده است و به دلیل تأثیر متقابل پیچیده بین عوامل ژنتیکی، روانی اجتماعی و محیطی، پیشرفت در مقابله با چاقی کودکان چالش برانگیز است (۲). شیوع چاقی در کودکان از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳ حدود ۱.۵ برابر افزایش یافته است (۳). اکبری و محمدی در مطالعاتی که روی ۲۰۶۳۷،۹۱۲ فرد ۲ تا ۱۵ ساله انجام شده بود، شیوع کلی چاقی در کودکان ایرانی بر اساس متآنالیز، ۱۱.۴٪ (فاصله اطمینان ۹.۴٪ تا ۱۳.۷٪) گزارش کردند. همچنین برای بررسی تأثیر عوامل بالقوه (اندازه نمونه و سال انجام مطالعه) بر ناهمگونی شیوع چاقی در کودکان ایرانی، از تحلیل متا رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش حجم نمونه، شیوع چاقی کاهش یافته و با گذشت سال‌ها (افزایش سال مطالعه)، شیوع چاقی افزایش یافته است و هر دو مورد از نظر آماری تفاوت معناداری داشتند (۴).

کودکان مبتلا به چاقی شدید، در مقایسه با همسالان خود با چاقی متوسط، بیشتر در معرض خطر عوارض مختلف سلامتی از جمله بیماری قلبی عروقی، سندرم متابولیک، دیابت نوع ۲، بیماری کبد چرب و مرگ زودرس هستند (۵). چاقی با افزایش ورود اسیدهای چرب آزاد به کبد و کاهش اکسیداسیون یا انتقال آن‌ها، منجر به تجمع چربی در سلول‌های کبدی و ایجاد وضعیت لیپوتوکسیسیتی می‌شود. این تجمع چربی، استرس اکسیداتیو و التهاب سلولی را تشدید کرده و در نهایت به آسیب عملکردی کبد منجر می‌شود (۶). لیپوتوکسیسیتی کبدی یکی از مکانیسم‌های اصلی بروز اختلالات کبدی مرتبط با چاقی از جمله **مقاومت به انسولین**، **دیس‌لیپیدمی** (۷) و **تغییر در ترشح و بیان هپاتوکین‌هایی** نظیر فتوئین A (FetA) است که در تنظیم متابولیسم گلوکز و چربی و همچنین پاسخ‌های التهابی نقش دارند (۸). این تغییرات می‌توانند در تداوم وضعیت التهابی مزمن و پیشرفت بیماری کبد چرب غیرالکلی نقش داشته باشد (۷).

هپاتوکین‌ها پروتئین‌هایی تولیدشده توسط کبد هستند که با تنظیم متابولیسم و التهاب، در ایجاد چاقی و بیماری‌های مرتبط نقش دارند (۹). FetA یکی از هپاتوکین‌ها است که ارتباط نزدیکی با چاقی و اختلالات متابولیکی (۱۰) از جمله بیماری کبد چرب غیر الکلی (۸) دارد. بررسی‌های اپیدمیولوژیک همچنین نشان داد که فتوئین‌ها نه تنها در ایجاد چاقی، قند خون و هیپرتری گلیسیریدمی نقش داشته‌اند، بلکه منجر به بیماری‌های مزمن مانند سندرم متابولیک، دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی عروقی می‌شوند (۸). نتایج رینهر و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که سطوح FetA در کودکان مبتلا به بیماری کبد چرب غیر الکلی بالاتر بود و با مقاومت به انسولین و ویژگی‌های سندرم متابولیک در هر دو تجزیه و تحلیل مقطعی و طولی مرتبط بود (۱۱). از طرفی دیگر نتایج تحقیق جنکینز و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که سطوح پایین FetA با آمادگی قلبی-تنفسی بهتر و نیز با تعدادی از عوارض معمول قلبی-عروقی و عوامل خطر بیماری‌های متابولیک، مستقل از سن و شاخص توده بدنی، مرتبط است (۱۲). بر همین اساس، FetA ممکن است به عنوان یک پیوند بیولوژیک امیدوارکننده میان چاقی و بیماری‌های همراه آن در نظر گرفته شود.

علت اصلی چاقی کودکان عادات غذایی نامناسب و کم‌حرکی است که باعث دریافت کالری بیشتر و تجمع چربی می‌شود. مصرف زیاد نوشیدنی‌های شیرین و غذاهای کم‌مغذی، کم‌خوابی، استفاده زیاد از وسایل الکترونیکی و تبلیغات غذاهای ناسالم نیز با چاقی کودکان مرتبط است. سازمان بهداشت جهانی فعالیت روزانه حداقل ۶۰ دقیقه ورزش متوسط تا شدید را توصیه می‌کند، اما بسیاری از کودکان این میزان را رعایت نمی‌کنند (۱۳، ۱۴). تمرینات ایروبیک به عنوان یکی از مؤثرترین مداخلات غیردارویی، نقش مهمی در کاهش چاقی دوران کودکی و نوجوانی ایفا می‌کنند (۱). این نوع فعالیت بدنی با افزایش مصرف انرژی، بهبود حساسیت به انسولین، افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و بهبود ترکیب بدن، به کاهش بافت چربی به ویژه چربی احشایی کمک می‌کند. علاوه بر کاهش وزن، تمرینات ایروبیک موجب بهبود پروفایل لیپیدی، کاهش مقاومت به انسولین، بهبود عملکرد کبد و تنظیم ترشح برخی هورمون‌ها و

سایتوکاین‌های متابولیکی می‌شوند. این تغییرات مثبت می‌توانند از پیشرفت عوارض جدی متابولیکی در آینده، نظیر دیابت نوع ۲، بیماری قلبی-عروقی و کبد چرب غیرالکلی در بزرگسالی پیشگیری کنند (۱۵، ۱۶). در واقع، نهادینه‌سازی فعالیت بدنی منظم در سنین پایین، نه تنها در کنترل وزن بلکه در ارتقای سلامت متابولیکی و پیشگیری بلندمدت از بیماری‌های غیرواگیر نقش کلیدی دارد (۱).

شواهد علمی نشان می‌دهند که فعالیت بدنی در مدیریت وزن ضروری است، سلامت کلی را بهبود می‌بخشد و نشانگرهای خطر مرتبط با چاقی را کاهش می‌دهد. علاوه بر ایجاد تغییرات در متابولیسم سیستمیک، ورزش معمولی ممکن است تنوع میکروبی روده را بهبود بخشد و فراوانی گونه‌های مفید را به طور مرتبط افزایش می‌دهد (۱۷). نتایج مطالعه هینتیکا و همکاران (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که در غیاب تغییرات ترکیب بدن، ورزش هوازی می‌تواند باعث تغییرات متابولیکی شود که بستری را برای میکروبیوتای مفید روده در افراد دارای اضافه وزن فراهم می‌کند (۱۷). یافته‌های مورگادو و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان داد که یک مداخله چند رشته‌ای می‌تواند تغییرات مثبت محدود اما قابل توجهی در ترکیب میکروبیوتای روده در کودکان مدرسه‌ای دارای اضافه وزن و چاق ایجاد کند (۱۸). در میان مداخلات پیشنهادی برای کنترل عوارض چاقی، مکمل‌های پروبیوتیک به دلیل نقش در تعدیل میکروبیوتای روده، گزینه‌ای کم‌عارضه محسوب می‌شوند (۱۹). همچنین مشخص شده است که پروبیوتیک‌ها در سطح سلولی با کاهش استرس اکسیداتیو در کاهش التهاب و مقاومت به انسولین نقش دارند (۲۰). از سوی دیگر، با توجه به اینکه تغییر در ترکیب میکروبیوتای روده با افزایش استخراج انرژی و ذخیره چربی در بدن مرتبط است، تنظیم این ترکیب توسط پروبیوتیک‌ها می‌تواند در پیشگیری از چاقی و اختلالات متابولیک مرتبط با چاقی مؤثر باشد (۲۱).

چاقی نوجوانان به دلیل ارتباط مستقیم با بیماری‌های مزمن متابولیک و کبدی از جمله بیماری کبد چرب غیر الکلی، یکی از چالش‌های عمده سلامت عمومی است که نیازمند مداخلات مؤثر می‌باشد. افزایش سطح FetA به عنوان یک هپاتوکین نقش مهمی در پیشرفت اختلالات کبدی و متابولیکی مرتبط با چاقی ایفا می‌کند و می‌تواند به عنوان نشانگری برای ارزیابی وضعیت کبد و مخاطرات متابولیک مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به شواهد علمی، تمرینات ایروبیک ریتمیک و مصرف مکمل پروبیوتیک به عنوان روش‌هایی با پتانسیل کاهش التهاب و بهبود عملکرد کبد مطرح هستند و می‌توانند از طریق تأثیر بر ترکیب میکروبیوتای روده و فاکتورهای التهابی، وضعیت متابولیک را بهبود بخشند. از این رو، بررسی تأثیر این مداخلات به خصوص در دختران چاق نوجوان که در معرض خطر بالای عوارض کبدی و متابولیکی قرار دارند، می‌تواند به توسعه راهکارهای پیشگیرانه و درمانی مؤثر کمک کند و بار اقتصادی و سلامت جامعه را کاهش دهد.

با توجه به نقش FetA به عنوان هپاتوکینی مرتبط با چاقی و سندرم متابولیک، این پژوهش درصدد است تفاوت اثر هشت هفته تمرینات ایروبیک ریتمیک و مصرف مکمل پروبیوتیک را به صورت مجزا و ترکیبی بر سطوح آمینوترانسفرازهای سرمی، فتوتئین سرمی و آمادگی قلبی-تنفسی در دختران نوجوان مبتلا به چاقی بررسی کند.

روش پژوهش

در پژوهش نیمه‌تجربی حاضر، نمونه شامل ۶۰ نفر از دختران دانش‌آموز چاق مقطع متوسطه دوم با دامنه سنی ۱۵ تا ۱۸ سال بود که به صورت هدفمند و بر اساس شاخص توده بدنی در دامنه ۳۰ تا ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع، از میان داوطلبان مدارس شهرستان شوش انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در چهار گروه ۱۵ نفره شامل گروه تمرین، گروه مکمل، گروه ترکیبی (تمرین + مکمل) و گروه دارونما تقسیم شدند.

مداخله تمرین: در پژوهش حاضر، پروتکل تمرینی شامل تمرینات ایروبیک ریتمیک بود که طی هشت هفته، در سه جلسه در هفته و به صورت یک‌روز در میان اجرا شد. هر جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم‌کردن عمومی و ۵ دقیقه گرم‌کردن اختصاصی بود، و

تمرینات اصلی تحت نظارت مربی ایروبیکی و پژوهشگر، همراه با موسیقی اجرا گردید. به منظور رعایت اصل اضافه بار، هر دو هفته بر مدت و شدت تمرین افزوده شد. تمرین اصلی در هفته اول به مدت ۲۰ دقیقه با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره آغاز شد؛ در هفته های دوم و سوم با شدت ۵۰ تا ۵۵ درصد ادامه یافت؛ در هفته های چهارم و پنجم به مدت ۳۰ دقیقه با شدت ۵۵ تا ۶۰ درصد انجام شد؛ در هفته های ششم و هفتم، تمرینات به مدت ۳۵ دقیقه با شدت ۶۰ تا ۶۵ درصد دنبال شد؛ و در هفته هشتم به مدت ۴۰ دقیقه با شدت ۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره اجرا گردید. در پایان هر جلسه، سرد کردن به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد (۲۲). ضربان قلب ذخیره نیز بر اساس فرمول کاروونن محاسبه گردید

$$\text{ضربان قلب ذخیره} = \text{حداکثر ضربان قلب} - \text{ضربان قلب در حالت استراحت}$$

$$\text{ضربان هدف} = (\text{ضربان قلب ذخیره} \times \text{درصد شدت تمرین}) + \text{ضربان قلب استراحت}$$

جدول ۱. پروتکل تمرینات ایروبیکی

هفته	گرم کردن عمومی	گرم کردن اختصاصی	تمرین اصلی	سرد کردن
۱	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۲۰ دقیقه ۵۰٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه
۲	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۲۵ دقیقه ۵۰٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه
۳	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۲۵ دقیقه ۵۵٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه
۴	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۳۰ دقیقه ۵۵٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه
۵	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۳۰ دقیقه ۶۰٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه
۶	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۳۵ دقیقه ۶۰٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه
۷	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۳۵ دقیقه ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه
۸	۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۴۰ دقیقه ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره	۱۰ دقیقه

مصرف مکمل: در پژوهش حاضر از مکمل پروکاید (ساخت شرکت میلاد فارمد، ایران) استفاده شد. این مکمل حاوی سویه های بیفیدوباکتریوم لاکتیس (با تعداد بیش از ۵/۳ میلیارد)، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس (بیش از ۱ میلیارد)، بیفیدوباکتریوم بیفیدوم (بیش از ۱ میلیارد) و لاکتوباسیلوس رامنوسوس (بیش از ۵/۰ میلیارد) بود (۲۳). دوز مصرفی مکمل بر اساس مطالعه شعبانی میرزایی (۲۰۲۲)، روزانه یک کپسول تعیین شد (۲۳). شرکت کنندگان از محتوای مکمل و دارونما (که از نظر رنگ و شکل مشابه مکمل بود) آگاه نبودند و مطالعه به صورت یک سوکور اجرا گردید.

اندازه گیری متیرهای خونی: در تحقیق حاضر، به منظور اندازه گیری متغیرهای آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) و FetA، نمونه گیری خون به صورت ناشتا در دو مرحله انجام شد: ۲۴ ساعت پیش از آغاز مداخله و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه مداخله. پس از نمونه گیری، نمونه های خون برای ارزیابی سطوح ALT، AST و FetA سانتریفیوژ شده و سرم حاصل در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی گراد تا زمان تجزیه و تحلیل نگهداری شد. سطوح سرمی FetA با استفاده از کیت ELISA انسانی (Elabscience Biotechnology)، هیوستون، تگزاس، ایالات متحده آمریکا (تعیین شد. حساسیت تحلیلی این کیت از سوی سازنده ۰۰۰۵۶۳ میکروگرم بر میلی لیتر گزارش شده و ضرایب تغییرات درون سنجشی و بین سنجشی آن کمتر از ۱۰ درصد بود. همچنین، مقادیر ALT و AST با استفاده از روش آنزیمی و کیت های Pureauto S ALT و Pureauto S AST ساخت شرکت Sekisui ژاپن اندازه گیری و تحلیل شدند.

آمادگی قلبی تنفسی: در این پژوهش، آمادگی قلبی-تنفسی شرکت کنندگان با استفاده از آزمون شاتل ران ارزیابی شد. این آزمون ۱۰×۴ متر به منظور سنجش مهارت‌های حرکتی شامل سرعت، چابکی و هماهنگی در کودکان و نوجوانان طراحی شده است. آزمودنی‌ها با حداکثر سرعت ممکن آزمون را انجام دادند و زمان اجرا با کروномتر با دقت ۰٫۱ ثانیه ثبت گردید. نتایج حاصل بر اساس جداول استاندارد نمرات صدکی، متناسب با سن و جنسیت افراد، تفسیر و تحلیل شد (۲۴).

تجزیه و تحلیل آماری: از آزمون‌های تی وابسته و تحلیل کواریانس نیز برای بررسی تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرهای تحقیق استفاده شد. همچنین از آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه دو به دو گروه‌ها استفاده شد. کلیه عملیات آماری در سطح $\alpha=0/05$ و با نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. تمامی مراحل تحقیق حاضر توسط کمیته اخلاق دانشگاه اسلامی واحد دزفول با کد IR.IAU.D.REC.1403.081 تایید شده است.

نتایج

همانطور که در جدول ۲، مشاهده می شود میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌های تحقیق ارائه شده است. همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه بین گروهی متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدن استفاده شد که نتایج آن در سطر آخر جدول ۴-۱، به صورت خلاصه ارائه شده است و با توجه به سطح معنی داری ($P>0/05$) می توان گفت که اختلاف معنی داری در متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدن بین گروه‌های تحقیق وجود ندارد و آزمودنی‌ها در گروه‌های تحقیق یکسان توزیع شده اند.

جدول ۲. جدول مشخصات دموگرافی آزمودنی‌ها

متغیرها	تمرین (۱۵ نفر)	مکمل (۱۵ نفر)	ترکیبی (۱۵ نفر)	کنترل (۱۵ نفر)	نتایج تحلیل واریانس یک طرفه
سن (سال)	$15/90 \pm 0/74$	$15/80 \pm 0/79$	$15/60 \pm 0/70$	$15/90 \pm 0/88$	$P = 0/803, F = 0/330$
قد (متر)	$1/53 \pm 0/06$	$1/56 \pm 0/04$	$1/56 \pm 0/04$	$1/53 \pm 0/04$	$P = 0/284, F = 1/437$
وزن (کیلوگرم)	$73/29 \pm 6/11$	$75/86 \pm 3/18$	$76/58 \pm 5/53$	$74/33 \pm 5/82$	$P = 0/507, F = 0/790$
BMI (Kg/m ²)	$31/36 \pm 1/27$	$31/03 \pm 1/29$	$31/66 \pm 1/76$	$31/69 \pm 1/84$	$P = 0/762, F = 0/389$

در جدول ۲، تغییرات درون گروهی و بین گروهی مقادیر ALT، AST، Feta و توان هوازی آزمودنی‌ها ارائه شده است. نتایج حاصل از تحلیل کواریانس نشان داد که بین گروه‌های تحقیق، تفاوت معنی داری در سطوح ALT ($P<0/001$)، آسپارات آمینوترانسفراز ($P<0/001$)، فتوئین-A ($P<0/001$) و توان هوازی بین گروه‌های تحقیق وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۳ مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرهای

متغیرها	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	t	P	مقایسه بین گروهی (تحلیل کواریانس)
آمینوترانسفراز	تمرین	$25/29 \pm 1/86$	$20/53 \pm 2/36$	۱۳/۹۳۹	$<0/001^*$	$30/886$
	مکمل	$25/43 \pm 2/08$	$23/40 \pm 2/62$	۵/۱۰۴	$0/001^*$	
	ترکیبی	$26/21 \pm 2/45$	$19/56 \pm 3/13$	۸/۷۵۲	$<0/001^*$	
	کنترل	$25/28 \pm 0/83$	$25/42 \pm 1/06$	-۰/۲۷۲	۰/۷۹۲	

اثر تمرینات ایروبیکی و مصرف مکمل پروبیوتیک بر فتوئین-A و آمینوترانسفرازهای سرمی در دختران چاق نوجوان

آمینوترانسفراز	آسپاراتات	تمرین	۱۸/۶۷ ± ۱/۸۳	۱۵/۶۴ ± ۲/۰۹	۸/۸۹۱	<۰/۰۰۱*	۵۳/۰۴۲	<۰/۰۰۱#	۰/۸۲۰
		مکمل	۱۹/۲۴ ± ۲/۳۵	۱۷/۶۸ ± ۲/۲۴	۴/۸۱۹	۰/۰۰۱*			
		ترکیبی	۲۰/۵۴ ± ۲/۳۵	۱۴/۶۵ ± ۲/۰۹	۱۴/۱۶۴	<۰/۰۰۱*			
		کنترل	۲۰/۳۴ ± ۲/۵۶	۲۰/۶۲ ± ۲/۱۰	-۰/۸۵۲	۰/۴۱۶			
A-فتوئین		تمرین	۲۵۲/۱۱ ± ۳۷/۰۴	۲۰۳/۹۰ ± ۲۶/۳۳	۷/۱۵۵	<۰/۰۰۱*	۱۲/۱۵۸	<۰/۰۰۱#	۰/۵۱۰
		مکمل	۲۶۶/۸۷ ± ۳۷/۱۹	۲۴۳/۸۵ ± ۴۳/۱۳	۳/۶۶۶	۰/۰۰۵*			
		ترکیبی	۲۸۷/۲۳ ± ۳۲/۰۱	۱۹۷/۱۱ ± ۴۷/۹۸	۶/۷۵۱	<۰/۰۰۱*			
		کنترل	۲۸۴/۱ ± ۲۹/۰۵	۲۸۰/۰۸۲ ± ۴۵/۹۳	۰/۲۸۰	۰/۷۸۶			
توان هوازی		تمرین	۳۲/۲۰ ± ۱/۴۴	۳۵/۸۳ ± ۱/۳۷	-۱۱/۶۲۹	<۰/۰۰۱*	۱۲۶/۸۸۴	<۰/۰۰۱#	۰/۹۲۲
		مکمل	۳۱/۷۸ ± ۰/۹۷	۳۱/۸۵ ± ۰/۹۷	-۰/۲۸۲	۰/۷۸۰			
		ترکیبی	۳۱/۹۰ ± ۰/۹۹	۳۶/۱۸ ± ۱/۳۳	-۲۰/۵۷۰	<۰/۰۰۱*			
		کنترل	۳۲/۳۶ ± ۱/۰۴	۳۲/۳۱ ± ۱/۰۷	۰/۸۸۴	۰/۴۰۰			

اختلاف معنی دار نسبت به پیش آزمون ($P \leq ۰/۰۵$)*؛ اختلاف معنی دار بین گروه های تحقیق ($P \leq ۰/۰۵$)#

به منظور شناسایی گروه های دارای تفاوت، از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

گروه ۱	گروه ۲	آلانین آمینوترانسفراز	آسپاراتات آمینوترانسفراز	A-فتوئین	توان هوازی
تمرین	مکمل	۰/۰۰۴*	۰/۰۳۱*	۰/۳۹۲	<۰/۰۰۱*
ترکیبی		۰/۱۵۲	<۰/۰۰۱*	۰/۲۸۱	۰/۲۵۱
کنترل		<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	۰/۰۱۴*	<۰/۰۰۱*
مکمل	ترکیبی	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	۰/۰۰۲*	<۰/۰۰۱*
کنترل		۰/۰۳۹*	۰/۰۰۴*	۰/۷۹۵	۱/۰۰
ترکیبی	کنترل	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*

اختلاف معنی دار ($P \leq ۰/۰۵$)*

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات ایروبیکی ریتیمیک موجب افزایش آمادگی قلبی-تنفسی در دختران نوجوان چاق شد. پس از دوره مداخله، در هر دو گروه تمرین و ترکیبی، افزایش معناداری در آمادگی قلبی-تنفسی مشاهده شد، اما تفاوت قابل توجهی بین دو گروه وجود نداشت. الگسان و همکاران (۲۰۲۰) پس از هشت هفته استفاده از بازی رقص ویدئویی تعاملی، بهبود شاخص توده بدنی (BMI) و افزایش VO_{2max} را در کودکان دارای اضافه وزن ۹ تا ۱۴ سال گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (۲۵). همچنین دیویس و همکاران (۲۰۲۰) پس از هشت ماه تمرین هوازی، بهبود معناداری در VO_{2peak} و کاهش توده بدنی کودکان دارای اضافه وزن گزارش کردند (۲۶).

یکی از عوامل مؤثر در کاهش عملکرد قلبی-تنفسی، اضافه وزن به ویژه چاقی بالاتنه و چاقی احشایی است (۲۷). بر اساس یافته های تحقیقات پیشین، تمرینات ورزشی موجب بهبود چاقی احشایی و کاهش فشار مضاعف وارد بر دیافراگم و عضلات تنفسی می شود که این امر می تواند به بهبود VO_{2max} در افراد چاق منجر شود (۲۵، ۲۶). از سوی دیگر، فشار خون محیطی به عنوان نیروی مقاوم بر

عملکرد قلب و عامل فشار کاری بر قلب شناخته می‌شود؛ بنابراین می‌توان بهبود VO_{2max} را ناشی از سازگاری‌های اتونومیک قلب و عروق، انقباض عروقی و بهبود خون‌رسانی و در نتیجه حمل و نقل بهتر اکسیژن و متابولیت‌ها در عضلات فعال دانست (۲۸). هرچند در تحقیق حاضر حجم ضربه‌ای اندازه‌گیری نشد، اما این متغیر یکی از شاخص‌های مهم مرتبط با VO_{2max} محسوب می‌شود و با توجه به ارتباط بین ضربان قلب استراحت و حجم ضربه‌ای (۲۸)، می‌توان بهبود VO_{2max} را تا حدی ناشی از بهبود حجم ضربه‌ای دانست. همچنین چاقی از عوامل مؤثر در کاهش عملکرد ریوی است و مشخص شده که تمرینات هوازی موجب بهبود عملکرد ریوی و استقامت قلبی-تنفسی در دختران نوجوان چاق می‌شود (۲۹).

در بررسی روش‌های مداخله بر بیومارکرهای عملکرد کبدی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات ایروبیک ریتمیک منجر به کاهش FetA و آنزیم‌های آمینوترانسفراز سرمی در دختران نوجوان چاق شد. مبصری و همکاران (۲۰۲۵) نیز گزارش کردند که شش هفته تمرینات هوازی و مقاومتی همراه با رژیم کتوژنیک موجب کاهش FetA، کاهش آنزیم‌های کبدی و بهبود پروفایل لیپیدی در دانشجویان پسر دارای اضافه‌وزن و چاق شد (۳۰)، که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. البته در مطالعه حاضر پروفایل لیپیدی اندازه‌گیری نشد، که از محدودیت‌های پژوهش محسوب می‌شود. خلفی و همکاران (۱۴۰۲) در یک تحقیق مروری شامل ۱۶ مطالعه و ۲۱ مداخله ورزشی با مجموع ۵۵۴ آزمودنی مبتلا به دیابت نوع ۲، چاقی و بیماری کلیوی، نشان دادند که تمرینات هوازی به‌طور معناداری منجر به کاهش FetA می‌شود (۳۱)، که یافته‌های تحقیق حاضر را تأیید می‌کند. همچنین باقری و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای حیوانی گزارش کردند که تمرینات ورزشی موجب کاهش سطوح FetA در رت‌های سالمند دیابتی القا شده با رژیم پرچرب و STZ شد (۳۲)، که هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر است. به‌نظر می‌رسد کاهش FetA ممکن است تحت تأثیر سازگاری‌های ناشی از تمرین ورزشی بر عملکرد کبدی باشد که با کاهش آنزیم‌های کبدی (آمینوترانسفرازها) همراه شده است.

در بررسی اثر مکمل پروبیوتیک بر بیومارکرهای عملکرد کبدی، نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده اثرات مثبت مکمل درمانی بر کاهش ALT و AST بود، با این حال کاهش FetA سرمی به‌صورت معنی‌دار مشاهده نشد. لوی و همکاران (۲۰۲۳) در یک مرور محدوده‌ای درباره استفاده از پروبیوتیک در کودکان و نوجوانان دارای اضافه‌وزن یا چاقی و افراد مبتلا به شرایط مرتبط با وزن، گزارش کردند که مصرف مکمل پروبیوتیک به مدت ۸ هفته تا ۹ ماه منجر به بهبود علائم بیماری‌هایی مانند بیماری کبد چرب غیر الکلی، مقاومت به انسولین، هیپرکلسترولمی، سندرم پرادر-ویلی، سندرم متابولیک و چاقی شده است؛ هرچند شواهد موجود محدود و ناهمگن است و تفاوت‌هایی در سویه‌های پروبیوتیکی، دوز مصرفی، طرح مطالعاتی، نشانگرهای زیستی و نتایج گزارش شده وجود دارد (۱۹). مولارزیکو و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که پروبیوتیک‌ها در شرایط طبیعی و مقاومت به انسولین، از آپوپتوز سلول‌های کبدی محافظت کرده، استرس اکسیداتیو را کاهش داده و متابولیسم و پویایی میتوکندری را در سلول‌های کبدی بهبود می‌بخشند.

همچنین، مصرف پروبیوتیک‌ها در سلول‌های لیپوتوکسیک HepG2 باعث کاهش فعال‌سازی مسیر-Fetuin- $A/TLR4/JNK/NF-kB$ شده که نشان‌دهنده اثر محافظتی در برابر التهاب، چاقی و مقاومت به انسولین مرتبط با کبد است (۲۰). با این حال، در تحقیق حاضر اگرچه کاهش غیرمعنی‌دار FetA مشاهده شد، اما این نتایج با یافته‌های مولارزیکو و همکاران همخوانی کامل ندارد که احتمالاً به تفاوت در نوع مطالعه نیمه‌تجربی حاضر و تحقیق آزمایشگاهی برون‌تنی روی هپاتوسیت‌های HepG2 مربوط می‌شود. گزارش شده است که میکروبیوتای روده‌ای نقش مهمی در استخراج انرژی از مواد غذایی و ذخیره آن در بافت چربی دارد؛ به طوری که افراد چاق دارای شمار کمتر باکتری‌های Bacteroidetes و شمار بیشتر Firmicutes هستند، در حالی که در افراد لاغر عکس این وضعیت دیده می‌شود. تفاوت در استخراج انرژی به ترکیب متفاوت میکروفلور روده‌ای مرتبط است. همچنین باکتری‌های گونه Archaea در روده با افزایش کارایی تخمیر پلی‌ساکاریدهای غیرقابل هضم و تولید الکترون‌ها، به تنظیم هموستاز انرژی کمک می‌کنند. ترکیبات پری‌بیوتیکی با تحریک رشد باکتری‌های مفید روده، افزایش تولید اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر و تعدیل ترشح هورمون‌های گوارشی در پیشگیری از چاقی نقش دارند (۳۳). شیرانیان و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که مصرف

پروبیوتیک به مدت ۸ هفته از افزایش گلوکز پلاسما ناشتا و مقاومت به انسولین جلوگیری می‌کند (۲۱). با توجه به اینکه مقاومت به انسولین مرتبط با چاقی از عوامل ایجاد اختلالات کبدی مانند استئاتوز کبدی است (۶)، می‌توان کاهش آمینوترانسفرازهای سرمی را به عنوان اثرات مثبت پروبیوتیک در بهبود مقاومت به انسولین کبدی و کاهش استئاتوز کبدی در نظر گرفت که متأسفانه در تحقیق حاضر اندازه‌گیری نشد و از محدودیت‌های مطالعه محسوب می‌شود. پرما و همکاران (۲۰۲۱) نیز در یک مرور سیستماتیک و متاآنالیز گزارش کردند که مصرف پروبیوتیک منجر به کاهش معنی‌دار وزن بدن نمی‌شود، اما بهبود بیماری‌های متابولیک مرتبط را به همراه دارد (۳۴)؛ که این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر همسو است. در واقع، نتایج مطالعه حاضر نیز حاکی از اثرات مثبت مکمل پروبیوتیک در بهبود عملکرد کبدی بدون تغییر معنی‌دار در ترکیب بدن است.

در بررسی اثر تعاملی تمرینات ایروبیک ریتمیک و مکمل پروبیوتیک، نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده اثربخشی برتر ترکیب این دو مداخله در تعدیل متغیرهای مورد بررسی بود. این تغییرات به‌ویژه در کاهش آنزیم AST در گروه ترکیبی نسبت به گروه‌های تمرین و مکمل به‌صورت معنی‌داری بیشتر مشاهده شد. همچنین کاهش ALT و FetA در گروه‌های تمرین و ترکیبی نسبت به گروه مکمل به‌طور معناداری بیشتر بود که بیانگر اثر مثبت تمرینات ورزشی به‌عنوان مداخله‌ای مرتبط با بهبود متابولیسم کبد است. چن و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که مصرف مکمل پروبیوتیک همراه با توصیه‌های ورزشی موجب بهبود متابولیسم لیپید در کودکان چاق می‌شود (۳۵). نقطه قوت تحقیق حاضر نسبت به مطالعه چن، اجرای تحت‌نظارت تمرینات ورزشی بود، در حالی که در تحقیق چن تنها توصیه ورزشی ارائه شد و تبعیت از تمرینات اندازه‌گیری نشد. در مطالعه ما نیز، همان‌طور که در بهبود آمادگی قلبی-تنفسی مشاهده شد، بهبود بیومارکرهای مرتبط با عملکرد کبدی با افزایش توان هوازی ارتباط داشت. بنابراین می‌توان گفت استفاده از تمرینات ایروبیک ریتمیک علاوه بر بهبود آمادگی قلبی-تنفسی، موجب بهبود متابولیسم کبد در کودکان چاق می‌شود که این امر می‌تواند سلامت کبد را در این گروه ارتقا بخشد. در مجموع، یافته‌های مطالعات موجود نشان می‌دهد که ورزش و فعالیت جسمانی با بهبود ترکیب میکروبیوم روده، تأثیر مثبتی بر سلامت روده و به تبع آن سلامت متابولیک دارند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات ایروبیک ریتمیک به‌طور معناداری آمادگی قلبی-تنفسی را در دختران نوجوان چاق افزایش می‌دهد و این بهبود می‌تواند ناشی از سازگاری‌های اتونومیک قلبی-عروقی و بهبود عملکرد ریوی باشد. همچنین، تمرینات ایروبیک ریتمیک موجب کاهش قابل توجه FetA و آمینوترانسفرازهای سرمی به عنوان بیومارکرهای عملکرد کبدی شد که نشان‌دهنده اثرات مثبت تمرین هوازی بر بهبود سلامت کبد در این گروه است. مکمل پروبیوتیک نیز در کاهش آمینوترانسفرازهای سرمی مؤثر بود، هرچند تأثیر آن بر FetA معنادار نبود که احتمالاً به تفاوت در روش‌ها و ویژگی‌های نمونه‌ها مربوط است. ترکیب تمرینات ایروبیک با مکمل پروبیوتیک، اثربخشی بهتری در بهبود برخی بیومارکرهای کبدی داشت که نشان‌دهنده اثر تعاملی مثبت این دو مداخله است. با توجه به نقش FetA در عوارض متابولیکی مرتبط با چاقی، پیشنهاد می‌شود این هپاتوکین به عنوان هدفی مهم در مداخلات ورزشی و تغذیه‌ای آینده مدنظر قرار گیرد. همچنین، این مداخلات می‌توانند به پیشگیری از عوارض متابولیکی مانند مقاومت به انسولین و بیماری‌های کبدی در نوجوانان چاق کمک کنند و سلامت کلی آن‌ها را ارتقا دهند.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد ثبت شده در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشد؛ نویسندگان از تمامی کسانی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند بخصوص آزمودنی‌ها تشکر و قدردانی می‌کنند.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد و تمام هزینه تحقیق توسط نویسندگان تامین شده است.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافع ندارند.

منابع

1. Gholabi A, Ghalavand A, Barmala A, Sadegh Joola M, Gholami A. Effect of exercise training on obesity-related insulin resistance across the lifespan. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2024;31(2):1-10. <https://doi.org/10.47176/rjms.32.50>
2. Jakobsen DD, Brader L, Bruun JM. Association between food, beverages and overweight/obesity in children and adolescents—a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrients*. 2023;15(3):764. <https://doi.org/10.3390/nu15030764>
3. Zhang X, Liu J, Ni Y, Yi C, Fang Y, Ning Q, et al. Global prevalence of overweight and obesity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *JAMA pediatrics*. 2024;178(8):800-13. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2024.1576>
4. Akbari H, Mohammadi M. The prevalence of obesity in Iranian children: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Pediatrics Review*. (2022): 93-102. <https://doi.org/10.32598/jpr.10.2.875.2>
5. Zhao L, Freedman DS, Blanck HM, Park S. Trends in severe obesity among children aged 2 to 4 years in WIC: 2010 to 2020. *Pediatrics*. 2024;153(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2023-062461>
6. Mohammadi F, Ghalavand A, Delaramnasab M. Effect of circuit resistance training and L-carnitine supplementation on body composition and liver function in men with non-alcoholic fatty liver disease. *Jundishapur Journal of Chronic Disease Care*. 2019;8(4). <https://doi.org/10.5812/jjcdc.90213>
7. Bansal SK, Bansal MB. Pathogenesis of MASLD and MASH—role of insulin resistance and lipotoxicity. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2024;59:S10-S22. <https://doi.org/10.1111/apt.17930>
8. Pan X, Kaminga AC, Chen J, Luo M, Luo J. Fetuin-A and fetuin-B in non-alcoholic fatty liver disease: A meta-analysis and meta-regression. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(8):2735. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082735>
9. Ghalavand A, Ghobadi MR, Motamedi P, Delaramnasab M. Reduction of fetuin B in adaptation to pyramidal aerobic exercises and its role in modulating insulin resistance and serum aminotransferases in patients with type 2 diabetes. *EBNESINA*. 2023;25(1):13-20. <https://doi.org/10.22034/25.1.13>
10. Wang D, Wu M, Zhang X, Li L, Lin M, Shi X, et al. Hepatokine Fetuin B expression is regulated by leptin-STAT3 signalling and associated with leptin in obesity. *Scientific Reports*. 2022;12(1):12869. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17000-w>
11. Reinehr T, Roth CL. Fetuin-A and its relation to metabolic syndrome and fatty liver disease in obese children before and after weight loss. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2008;93(11):4479-85. <https://doi.org/10.1210/jc.2008-1505>
12. Jenkins NT, McKenzie JA, Hagberg JM, Witkowski S. Plasma Fetuin-A Concentrations In Young And Older High-And Low-active Men: 2949: Board# 52 June 5 8: 00 AM-9: 30 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010;42(5):806. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2010.01.026>
13. Fox CK, Kelly AS, Reilly JL, Theis-Mahon N, Raatz SJ. Current and future state of pharmacological management of pediatric obesity. *International Journal of Obesity*. 2024;1-9. <https://doi.org/10.1038/s41366-024-01465-y>
14. Waldrop SW, Ibrahim AA, Maya J, Monthe-Dreze C, Stanford FC. Overview of Pediatric Obesity as a Disease. *Pediatric Clinics*. 2024 Oct 1;71(5):761-79. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2024.06.003>
15. Popovic S, De Filippo G, Gonzalez-Galvez N. Physical exercise and metabolic health in children and adolescents. *Frontiers Media SA*; 2025. p. 1558522. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1558522>

16. Liu X, Li Q, Lu F, Zhu D. Effects of aerobic exercise combined with resistance training on body composition and metabolic health in children and adolescents with overweight or obesity: Systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*. 2024;12:1409660. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1409660>
17. Hintikka JE, Ahtiainen JP, Permi P, Jalkanen S, Lehtonen M, Pekkala S. Aerobic exercise training and gut microbiome-associated metabolic shifts in women with overweight: a multi-omic study. *Scientific Reports*. 2023;13(1):11228. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38357-6>
18. Morgado MC, Sousa M, Marques C, Coelho AB, Costa JA, Seabra A. Effects of physical activity and nutrition education on the gut microbiota in overweight and obese children. *Children*. 2023;10(7):1242. <https://doi.org/10.3390/children10071242>
19. Loy MH, Usseglio J, Lasalandra D, Gold MA. Probiotic use in children and adolescents with overweight or obesity: A scoping review. *Childhood Obesity*. 2023;19(3):145-59. <https://doi.org/10.1089/chi.2022.0059>
20. Mularczyk M, Bourebaba Y, Kowalczyk A, Marycz K, Bourebaba L. Probiotics-rich emulsion improves insulin signalling in Palmitate/Oleate-challenged human hepatocarcinoma cells through the modulation of Fetuin-A/TLR4-JNK-NF-κB pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2021;139:111560. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111560>
21. Shiranian A, Salehi-Abargoue A, Asemi Z, Zare Z, Shakeri H, Sabihi S, et al. Effect of probiotics on metabolic profile, hs-CRP and oxidative stress in type 2 diabetic adults. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 2014;8(4):199-209. <http://nsft.sbmu.ac.ir/article-1-1538-en.html>
22. Lorestani AZ, Rahmati M, Mirnasuri R. Effect of 12 weeks of aerobic training on liver enzymes, thyroid hormones, and anthropometric indices of obese children. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*. 2020;22(2). <https://doi.org/10.5812/zjrms.88821>
23. Shabani-Mirzaee H, Haghshenas Z, Vigeh M, Malekiantaghi A, Eftekhari K. The effect of probiotics on lipid profiles in children with type 1 diabetes mellitus. 2022; 80 (5) :344-350. <http://tumj.tums.ac.ir/article-1-11856-en.html>
24. Emini B, Saiti A, Gontarev S, Baftiu S, Cemena Y. AGE AND GENDER DIFFERENCES IN A 4×1 · M SHUTTLE RUN TEST FOR PRIMARY SCHOOL CHILDREN AGED 6 TO 14. *Research in Physical Education, Sport & Health*. 2022;11(1): 3-9. <https://doi.org/10.46733/PESH22111003e>
25. Alagesan J, Brite Saghaya Rayna A. Effect of Moderate-intensity Aerobic Exercise in the form of Interactive Video Dance Game on BMI and VO2 Max among Overweight Children between 9 to 14 Years. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2020;11(4).
26. Davis CL, Litwin SE, Pollock NK, Waller JL, Zhu H, Dong Y, et al. Exercise effects on arterial stiffness and heart health in children with excess weight: The SMART RCT. *International journal of obesity*. 2020;44(5):1152-63. <https://doi.org/10.1038/s41366-019-0482-1>
27. Li J, Li S, Feuers RJ, Buffington CK, Jr GSC. Influence of body fat distribution on oxygen uptake and pulmonary performance in morbidly obese females during exercise. *Respirology*. 2001;6(1):9-13. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1843.2001.00290.x>
28. Lee J, Zhang X. Physiological determinants of VO2max and the methods to evaluate it: A critical review. *Science & Sports*. 2021;36(4):259-71. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.11.006>
29. Oppert J-M, Ciangura C, Bellicha A. Physical activity and exercise for weight loss and maintenance in people living with obesity. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2023;24(5):937-49. <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09805-5>
30. Mobaseri S, Khodaei K, Zolfagari Didani M. The effect of aerobic and resistance training during ketogenic diet on fetuin A serum levels, blood lipid profile and liver enzymes in overweight and obese boys. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2025;12(1). <https://doi.org/10.22049/jahssp.2024.29601.1643>
31. Khalafi M, ghanbarpour Nosrati A, sharifmoradi K. The Effect of Exercise Training on Fetuin-A Levels in Individuals with Metabolic and Kidney Diseases: A Systematic Review with Meta-analysis. *Iranian*

- Journal of Diabetes and Lipid Disorders. 2023;23(4):199-213. <http://ijdld.tums.ac.ir/article-1-6243-en.html>
32. Bagheri L, Faramarzi M, Hemati farsani Z, Hossein zadeh M. Comparison of the Effect of a Course of Resistance and Endurance Training with Ursolic Acid Consumption on the Levels of Fetoin-A and B in the Liver Tissue of Elderly Male Diabetic Rats. Iranian Journal of Diabetes and Lipid Disorders. 2024;23(6):398-408. <http://ijdld.tums.ac.ir/article-1-6275-en.html>
33. Khajebishak Y, Payahoo L, Homayouni Rad A, Shokrvash B. The role of intestinal microbiota in the health and a short review on the probiotic and prebiotic supplements in obesity prevention. Arak Med Univ J. 2014;17(90):18-26. <http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-3072-en.html>
34. Perna S, Ilyas Z, Giacosa A, Gasparri C, Peroni G, Faliva MA, Rigon C, Naso M, Riva A, Petrangolini G, Redha AA. Is probiotic supplementation useful for the management of body weight and other anthropometric measures in adults affected by overweight and obesity with metabolic related diseases? A systematic review and meta-analysis. Nutrients. 2021 Feb 19;13(2):666.. <https://doi.org/10.3390/nu13020666>