

## تأثیر تمرینات هوازی همراه با مصرف مکمل جلبک کلرلا (سبز) بر سطوح سرمی شاخص‌های هماتولوژی زنان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۳

### خلاصه

**مقدمه:** توده بدنی و توده چربی با اختلال در سیستم‌های مختلف بدن از جمله تغییر در شاخص‌های خونی همراه است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرینات هوازی همراه با مصرف مکمل جلبک کلرلا (سبز) بر سطوح سرمی شاخص‌های هماتولوژی زنان چاق بود.

**روش کار:** پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. تعداد ۴۰ زن چاق (میانگین سنی  $26.17 \pm 2.70$  سال، شاخص توده بدنی  $32.35 \pm 1.55$  کیلوگرم/مترمربع) به صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی در چهار گروه (۱۰ نفری) شامل: (۱) تمرین هوازی + مکمل کلرلا، (۲) تمرین هوازی + دارونما، (۳) مکمل کلرلا، و (۴) دارونما تقسیم شدند. برنامه تمرین هوازی به مدت هشت هفته (۳ جلسه در هفته، ۴۵-۶۰ دقیقه با شدت متوسط) اجرا گردید. گروه‌های مکمل، روزانه ۱۲۰۰ میلی‌گرم جلبک کلرلا (در دو نوبت) مصرف کردند. نمونه‌های خونی جهت اندازه‌گیری شاخص‌های هماتولوژی پیش و پس از مداخله جمع‌آوری شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون‌های تی مستقل، تحلیل واریانس یک‌طرفه در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

**نتایج:** نتایج نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل کلرلا باعث افزایش معنادار سطوح MCV، MCH و MCHC در گروه ترکیبی (تمرین+مکمل) نسبت به گروه دارونما شد ( $P=0.01$ ). در گروه‌های تمرین+دارونما و مکمل به‌تنهایی، تغییرات معناداری در شاخص‌های فوق مشاهده نشد ( $P>0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد انجام تمرینات هوازی همراه با مصرف مکمل کلرلا می‌تواند از طریق بهبود شاخص‌های هماتولوژی MCV، MCH و MCHC در ارتقای سلامت زنان چاق مؤثر باشد. به نظر می‌رسد اثر هم‌افزایی تمرین و مکمل نسبت به هرکدام به‌تنهایی، نتایج بهتری در بهبود شاخص‌های خونی به همراه دارد.

**کلمات کلیدی:** تمرین هوازی، کلرلا، شاخص‌های هماتولوژی، زنان

پریا افراز<sup>۱</sup>

زهره امیرخانی<sup>\*۲</sup>

محمود سلطانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی؛ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی،

مشهد، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد،

مشهد، ایران

<sup>۳</sup> استادیار، گروه تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد،

مشهد، ایران

\*Email:

[amirisaharsmicrosoft@gmail.com](mailto:amirisaharsmicrosoft@gmail.com)

## مقدمه

امروزه یکی از مشکلات زندگی روزمره و آپارتمان‌نشینی شیوع چاقی می‌باشد. چاقی فقط یک نگرانی در تناسب اندام نیست، بلکه یک مشکل پزشکی است که خطر بسیاری از بیماری‌ها و مشکلات سلامتی دیگر را افزایش می‌دهد. چاقی با بسیاری از بیماری‌ها از جمله دیابت نوع دو، فشار خون بالا، افزایش پروفایل لیپیدی، بیماری‌های قلبی، بیماری‌های تنفسی، بیماری‌های قلبی عروقی، بیماری کبد چرب (بیماری کبد چرب غیر الکلی) بیماری‌های روده‌ای - معده، استئوآرتریت، سرطان و بیماری‌های کلیه در ارتباط است (۱). از جمله عوارض ناشی از چاقی، اختلالات گسترده در فاکتورهای هماتولوژیکی بدن می‌باشد. متعاقب بروز چاقی در افراد، برخی فاکتورهای هماتولوژیکی دچار نوسان می‌گردد که این تغییرات منجر به آسیب به بخش‌های دیگر بدن نیز می‌شود (۲).

در میان روش‌های مختلف جهت بهبود وضعیت افراد چاق، انجام فعالیت‌های ورزشی و استفاده از برخی مکمل‌ها بسیار رایج است. استفاده از تمرینات هوازی همراه با مصرف برخی مکمل‌های گیاهی بسیار شایع می‌باشد.

سازگاری ای که به دنبال فعالیت بدنی حاصل می‌شود، با تغییرات حجم تام خون و حجم تام پلاسمایی خون ارتباط دارد. تغییرات حجم پلازما بر غلظت مواد موجود در خون تأثیر می‌گذارد (۲). همچنین فعالیت بدنی باعث تغییراتی در تعداد سلول‌های خونی و توزیع اختصاصی آن در سلول‌های بدن می‌شود (به‌ویژه تغییر در سلول‌های سفید، قرمز و پلاکت‌ها) (۳). تمرینات هوازی به دلیل ماهیت اکسایشی می‌تواند بر استرس اکسایشی اثرگذار بوده و با نقش کاهشی بر عوامل التهابی، از تضعیف سیستم ایمنی جلوگیری کرده و با تأثیرات مثبت بر ویژگی‌ها و عناصر تشکیل‌دهنده خون، در بهبود عملکرد قلبی عروقی اثرگذار باشد (۳). شواهدی وجود دارد که عوامل مربوط به جریان خون رئولوژیک درون رگ‌های بدن نظیر تغییرپذیری گلبول‌های قرمز در نتیجه تمرینات ورزشی می‌تواند در حفظ تندرستی افراد چاق نقش داشته باشد (۴، ۵)، گزارش کردند که با افزایش التهاب

ناشی از چاقی، سطوح MCV و MCH کاهش چشمگیری در خون نشان می‌دهد.

در پژوهش حاضر در کنار تمرینات هوازی از مکمل کلرلاولگاریس یا کلرلا<sup>۱</sup> به‌عنوان یک مکمل گیاهی استفاده شد. کلرلا یکی از مواد تغذیه‌ای است که می‌تواند با دارا بودن مواد آنتی‌اکسیدانی مثل پلی فنول‌ها در کاهش فرآیندهای التهابی و بهبود سیستم ایمنی و شاخص‌های هماتولوژی افراد نقش داشته باشد. کلرلا منبع غنی آنتی‌اکسیدان‌هایی همچون لوتئین، آلفا و بتاکاروتن، اسید آسکوربیک و توکوفرول است که توانایی جارو کردن رادیکال‌های آزاد را دارند. به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، از کلرلا به عنوان یک مکمل سلامت استفاده می‌شود (۶، ۷). نتایج پژوهشی نشان داد که مصرف مکمل کلرلا در کاهش پراکسیداسیون چربی و افزایش کاتابولیسم لیپیدها نقش دارد (۸). همچنین باربهوریا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند که به دنبال مصرف کلرلا، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌یابد (۹). با این حال، هنوز پژوهشی که نشان دهد آیا مصرف این مکمل با و بدون انجام فعالیت‌های هوازی بر شاخص‌های خونی تأثیر دارد یا خیر، صورت نگرفته است.

با وجود شواهد مثبت از نقش کلرلا و تمرین در بهبود شاخص‌های خونی، تاکنون مطالعه‌ای منسجم و هدفمند، تأثیر هم‌زمان این دو عامل را بر شاخص‌های هماتولوژی مانند MCV، MCH و MCHC بررسی نکرده است. با توجه به این مطالب و کمبود اطلاعات در این زمینه، این سؤال برای پژوهشگر ایجاد شد که آیا بین اثر توأمان تمرینات هوازی و مصرف مکمل کلرلا بر شاخص‌های هماتولوژی در زنان چاق تفاوت معنی‌داری وجود دارد یا خیر؟

## روش کار

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود که بر روی ۴۰ زن چاق با میانگین سنی ۷۰/۱۷±۲/۲۶ سال و

<sup>۱</sup> Chlorella vulgaris or chlorella

<sup>۲</sup> Barbhuiya

شاخص توده بدنی  $24.1 \pm 5.5$  کیلوگرم بر مترمربع انجام شد. کلیه مراحل تحقیق با رعایت نکات اخلاقی، حفظ ایمنی و سلامت آزمودنی ها انجام شد. آزمودنی ها فرم رضایت نامه شرکت آگاهانه در مطالعه را تکمیل نمودند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، شاخص توده بدنی بالای ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، درصد چربی بدن بین ۲۵ تا ۳۵ درصد، عدم سابقه فعالیت ورزشی منظم، عدم مصرف مکمل در دو ماه گذشته، نداشتن بیماری های خاص، داشتن قاعدگی منظم و شاخص های هماتولوژی MCH کمتر از ۲۰/۵ پیکوگرم و MCV کمتر از ۸۰ فمتولتر بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل غیبت بیش از چهار جلسه، آسیب دیدگی، عدم تمایل به ادامه همکاری و بروز مشکلات گوارشی یا افت قند خون حین تمرین بود.

بیماران به طور تصادفی در چهار گروه ده نفری شامل گروه تمرین هوازی + مکمل کلرلا، گروه تمرین هوازی + دارونما، گروه مکمل کلرلا و گروه دارونما قرار گرفتند.

پروتکل تمرین هوازی به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه انجام شد. هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴۰ دقیقه تمرین اصلی (شامل ۵ دقیقه دویدن با سرعت متوسط و ۳۵ دقیقه تمرینات ایروبیک) و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. شدت تمرین در هفته های اول و دوم ۵۴-۵۰ درصد، هفته های سوم و چهارم ۵۹-۵۵ درصد، هفته های پنجم و ششم ۶۴-۶۰ درصد و هفته های هفتم و هشتم ۶۹-۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود.

گروه های دریافت کننده مکمل (گروه تمرین + مکمل و گروه مکمل)، روزانه ۱۲۰۰ میلی گرم جلبک کلرلا را در دو نوبت (هر نوبت دو عدد قرص ۳۰۰ میلی گرم، یک ساعت قبل از وعده های غذایی ظهر و شب) مصرف نمودند. گروه دارونما نیز به همین روش دکسترین دریافت کردند.

نمونه گیری خونی در دو نوبت (۴۸ ساعت قبل از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) به میزان ۵ سی سی از ورید بازویی آزمودنی ها جمع آوری شد. سطوح سرمی شاخص های هماتولوژی شامل MCV، MCH و MCHC با

استفاده از کیت های شرکت پارس آزمون و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده اندازه گیری گردید.

قابل ذکر است که پژوهش حاضر با تکمیل فرم رضایت نامه توسط آزمودنی های داوطلب و با رعایت کامل اصول اخلاق در پژوهش انجام شد.

برای تحلیل داده ها از روش های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. در بخش توصیف از شاخص های میانگین و انحراف استاندارد استفاده گردید. نرمال بودن توزیع داده ها با آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس ها با آزمون لون بررسی شد. برای بررسی تفاوت های درون گروهی از آزمون تی همبسته و برای تفاوت های بین گروهی از تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری  $P < 0.05$  استفاده شد. تمامی تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

## نتایج

در این پژوهش تعداد ۴۰ زن سالم دارای اضافه وزن در چهار گروه ۱۰ نفره شامل: تمرین هوازی + مکمل کلرلا، تمرین هوازی + دارونما، مکمل کلرلا و گروه کنترل مورد بررسی قرار گرفتند. ویژگی های آنتروپومتریک، ترکیب بدنی و اوج اکسیژن مصرفی آزمودنی ها در پیش آزمون و پس آزمون به تفکیک گروه ها در جدول ۱ ارائه شده است.

داده های توصیفی ارائه شده در جدول نشان می دهد که در مرحله پیش آزمون، بین آزمودنی های چهار گروه از نظر متغیرهای پایه ای سن (دامنه میانگین: سال)، قد (۱/۶۲ متر)، وزن بدن (کیلوگرم)، درصد چربی بدن (درصد)، شاخص توده بدنی یا BMI (کیلوگرم بر مترمربع) و حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) همگنی کامل برقرار بوده و تفاوت معناداری میان گروه ها در خط پایه مشاهده نشد.

پس از اجرای هشت هفته مداخله، بیشترین میزان بهبود در شاخص های آنتروپومتریک شامل کاهش وزن بدن (۳/۷ کیلوگرم)، افت درصد چربی (۳/۰۲ درصد) و کاهش شاخص توده بدنی (۱/۴ واحد) در گروه «تمرین + مکمل» مشاهده شد و پس از آن گروه «تمرین + دارونما» کاهش متوسطی را ثبت کرد، درحالی که گروه های مکمل به تنهایی و کنترل تغییر محسوسی در

ترکیب بدنی نداشتند. همچنین توده عضلانی در گروه‌های تمرینی، به‌ویژه گروه تمرین به همراه مکمل، حفظ و تقویت گردید. در نهایت، شاخص حداکثر اکسیژن در گروه «تمرین + مکمل» بالاترین افزایش (۲ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) و در گروه «تمرین + دارونما» افزایش نسبی داشت، در شرایطی که گروه‌های فاقد مداخله تمرینی با کاهش نسبی در این متغیر مواجه شدند (جدول ۱).

**جدول ۱.** مشخصات آنتروپومتریک، ترکیب بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها برحسب میانگین و انحراف معیار

| شاخص                            | مرحله     | تمرین + مکمل | تمرین + دارونما | مکمل         | کنترل (دارونما) |
|---------------------------------|-----------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| سن (سال)                        | -         | ۲۶/۴۰ ± ۳/۱۳ | ۲۶/۲۰ ± ۲/۴۸    | ۲۵/۶۰ ± ۲/۶۳ | ۲۶/۵۰ ± ۲/۸۷    |
| قد (متر)                        | -         | ۱/۶۲ ± ۰/۰۲  | ۱/۶۲ ± ۰/۰۳     | ۱/۶۲ ± ۰/۰۲  | ۱/۶۲ ± ۰/۰۲     |
| وزن (کیلوگرم)                   | پیش‌آزمون | ۸۷/۷۰ ± ۱/۹۴ | ۸۷/۲۰ ± ۱/۹۸    | ۸۷/۶۰ ± ۱/۸۹ | ۸۷/۳۰ ± ۱/۷۶    |
|                                 | پس‌آزمون  | ۸۴/۰۰ ± ۱/۵۶ | ۸۵/۷۰ ± ۱/۶۳    | ۸۷/۴۸ ± ۱/۶۸ | ۸۷/۸۰ ± ۱/۸۷    |
| درصد چربی بدن (%)               | پیش‌آزمون | ۳۷/۸۷ ± ۰/۹۴ | ۳۷/۷۳ ± ۰/۹۳    | ۳۷/۲۷ ± ۱/۱۳ | ۳۷/۷۱ ± ۰/۹۲    |
|                                 | پس‌آزمون  | ۳۴/۸۵ ± ۰/۹۵ | ۳۶/۱۸ ± ۱/۴۲    | ۳۷/۲۵ ± ۱/۲۷ | ۳۸/۰۷ ± ۰/۸۴    |
| توده عضلانی (کیلوگرم)           | پیش‌آزمون | ۳۱/۲۶ ± ۰/۷۷ | ۳۱/۵۶ ± ۰/۶۸    | ۳۱/۵۰ ± ۰/۸۳ | ۳۱/۴۳ ± ۰/۶۹    |
|                                 | پس‌آزمون  | ۳۱/۹۸ ± ۰/۹۰ | ۳۱/۷۵ ± ۰/۸۱    | ۳۱/۷۵ ± ۰/۷۹ | ۳۱/۱۲ ± ۰/۷۳    |
| شاخص توده بدنی (BMI)            | پیش‌آزمون | ۳۲/۴۸ ± ۲/۱۹ | ۳۲/۶۹ ± ۱/۸۲    | ۳۲/۶۰ ± ۱/۶۴ | ۳۲/۴۴ ± ۱/۷۴    |
|                                 | پس‌آزمون  | ۳۱/۰۸ ± ۱/۹۵ | ۳۲/۳۸ ± ۱/۷۸    | ۳۲/۶۸ ± ۱/۶۲ | ۳۲/۶۱ ± ۱/۶۳    |
| حداکثر اکسیژن مصرفی (min/kg/ml) | پیش‌آزمون | ۳۶/۵۲ ± ۲/۲۵ | ۳۶/۴۱ ± ۱/۴۱    | ۳۶/۳۳ ± ۱/۴۵ | ۳۶/۳۹ ± ۱/۴۰    |
|                                 | پس‌آزمون  | ۳۸/۵۲ ± ۱/۱۲ | ۳۷/۳۵ ± ۱/۳۵    | ۳۵/۲۵ ± ۱/۷۱ | ۳۵/۱۰ ± ۱/۳۶    |

نتایج آزمون آنوای یک‌طرفه نشان داد که تغییرات سطوح MCH بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری دارد ( $F = 13.049$ ,  $P = 0.001$ ). آزمون همگنی واریانس‌ها نیز نشان داد که برابری واریانس بین گروه‌ها برقرار است ( $P = 0.100$ ). بر اساس آزمون تعقیبی توکی، بین گروه تمرین هوازی+مکمل ( $P = 0.001$ ) و تمرین هوازی+دارونما ( $P = 0.001$ ) با گروه دارونما تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. با این حال، بین گروه مکمل با گروه دارونما تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ( $P = 0.541$ ). همچنین تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرین (تمرین+مکمل و تمرین+دارونما)

مشاهده نشد ( $P = 0.310$ )، اما هر دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه مکمل اختلاف معنی‌دار نشان دادند ( $P = 0.001$ ) (جدول ۱). نتایج آزمون تی همبسته نیز افزایش معنی‌دار سطوح MCH در گروه‌های تمرین هوازی+مکمل ( $P = 0.001$ ) و تمرین هوازی+دارونما ( $P = 0.001$ ) نسبت به پیش‌آزمون را تأیید کرد. در گروه مصرف مکمل افزایش غیرمعنی‌دار ثبت شد ( $P = 0.751$ ) و گروه دارونما کاهش غیرمعنی‌دار نشان داد ( $P = 0.138$ ) (جدول ۲).

**جدول ۲.** نتایج آزمون آماری آنوای یک طرفه برای مقایسه تغییرات (سطوح MCH, MCHC, MCV) بدن بین گروه‌ها

| معنی داری | F      | میانگین مربع | درجه آزادی | جمع مربعات |            |
|-----------|--------|--------------|------------|------------|------------|
| ۰/۰۰۱     | ۱۳/۰۴۹ | ۶۰/۹۶۷       | ۳          | ۱۸۲/۹۰     | بین گروهی  |
|           |        | ۴/۶۷۲        | ۳۶         | ۱۶۸/۹۰     | درون گروهی |
|           |        |              | ۳۹         | ۳۵۱/۱۰     | کل         |
| ۰/۰۰۱     | ۹/۲۵۱  | ۵۵/۱۲۵       | ۳          | ۱۵۰/۱۱     | بین گروهی  |
|           |        | ۸/۵۴۲        | ۳۶         | ۱۲۰/۰۸     | درون گروهی |
|           |        |              | ۳۹         | ۲۷۰/۱۹     | کل         |
| ۰/۰۰۱     | ۱۱/۲۵۸ | ۵۵/۵۱۴       | ۳          | ۲۲۳/۲۵     | بین گروهی  |
|           |        | ۵/۱۱۰        | ۳۶         | ۲۴۷/۱۵     | درون گروهی |
|           |        |              | ۳۹         | ۴۶۰/۴۰     | کل         |

MCH

MCHC

MCV

هر دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه مکمل تفاوت معنی داری نشان دادند ( $P = 0.001$ ) (جدول ۱). یافته‌های درون گروهی نشان داد که سطوح MCHC در گروه‌های تمرین هوازی+مکمل ( $P = 0.001$ ) و تمرین هوازی+دارونما ( $P = 0.001$ ) افزایش معنی دار داشت. در گروه مکمل افزایش غیرمعنی دار ( $P = 0.751$ ) و در گروه دارونما کاهش غیرمعنی دار مشاهده شد ( $P = 0.138$ ) (جدول ۳).

آزمون آنوای یک طرفه نشان داد که تفاوت بین گروه‌ها در تغییرات MCHC معنی دار است ( $F = 9.251$ ,  $P = 0.001$ ). آزمون همگنی واریانس‌ها نیز بر برابری واریانس گروه‌ها دلالت داشت ( $P = 0.125$ ). آزمون توکی نشان داد بین گروه تمرین هوازی+مکمل ( $P = 0.001$ ) و تمرین هوازی+دارونما ( $P = 0.001$ ) با گروه دارونما اختلاف معنی دار وجود دارد؛ اما گروه مکمل با گروه دارونما تفاوت معنی داری نداشت ( $P = 0.114$ ). تفاوت بین دو گروه تمرینی نیز معنی دار نبود ( $P = 0.451$ )، ولی

**جدول ۳:** نتایج آزمون تی همبسته مربوط به مقایسه درون گروهی سطوح MCH, MCHC, MCV

| گروه‌ها       | پیش آزمون<br>$M \pm SD$ | پس آزمون<br>$M \pm SD$ | درجه آزادی<br>df | مقدار<br>T | سطح معنی -<br>داری<br>P | نتیجه          |
|---------------|-------------------------|------------------------|------------------|------------|-------------------------|----------------|
| MCH (pg)      |                         |                        |                  |            |                         |                |
| تمرین+مکمل    | $23/20 \pm 1/75$        | $27/90 \pm 2/99$       | ۹                | ۱۵/۲۹۳     | * ۰/۰۰۱                 | معنی دار ↓     |
| تمرین+دارونما | $23/05 \pm 1/75$        | $26/20 \pm 1/22$       | ۹                | ۸/۳۰۸      | * ۰/۰۰۱                 | معنی دار ↓     |
| مکمل          | $23/70 \pm 1/41$        | $24/20 \pm 1/47$       | ۹                | ۱/۳۲۷      | ۰/۷۵۱                   | غیر معنی دار ↓ |
| دارونما       | $23/40 \pm 1/83$        | $22/60 \pm 2/11$       | ۹                | -۱/۶۲۷     | ۰/۱۳۸                   | غیر معنی دار ↑ |
| MCHC (gr/dl)  |                         |                        |                  |            |                         |                |
| تمرین+مکمل    | $28/10 \pm 0/73$        | $35/50 \pm 2/87$       | ۹                | ۱۵/۲۹۳     | * ۰/۰۰۱                 | معنی دار ↓     |
| تمرین+دارونما | $28/15 \pm 0/85$        | $33/20 \pm 2/50$       | ۹                | ۸/۳۰۸      | * ۰/۰۰۱                 | معنی دار ↓     |
| مکمل          | $28/15 \pm 0/58$        | $29/20 \pm 2/65$       | ۹                | ۱/۳۲۷      | ۰/۷۵۱                   | غیر معنی دار ↓ |
| دارونما       | $28/00 \pm 0/60$        | $27/60 \pm 1/13$       | ۹                | -۱/۶۲۷     | ۰/۱۳۸                   | غیر معنی دار ↑ |
| MCV (fl)      |                         |                        |                  |            |                         |                |
| تمرین+مکمل    | $74/40 \pm 1/07$        | $84/90 \pm 1/79$       | ۹                | -۱۴/۶۰۸    | * ۰/۰۰۱                 | معنی دار ↓     |
| تمرین+دارونما | $74/50 \pm 1/43$        | $80/20 \pm 2/48$       | ۹                | -۹/۱۹۸     | * ۰/۰۰۱                 | معنی دار ↓     |
| مکمل          | $74/30 \pm 1/05$        | $75/00 \pm 0/81$       | ۹                | ۲/۳۳۳      | ۰/۱۴۵                   | غیر معنی دار ↓ |
| دارونما       | $74/00 \pm 1/69$        | $73/00 \pm 2/00$       | ۹                | ۲/۷۳۹      | ۰/۱۲۳                   | غیر معنی دار ↑ |

\* (سطح معنی داری  $p \leq 0.05$ ).

افزایش MCV، MCH و MCHC در گروه ترکیبی نشان‌دهنده بهبود حجم گلبول‌های قرمز، افزایش میزان هموگلوبین و بهبود غلظت هموگلوبین در گلبول‌های قرمز است که این تغییرات می‌تواند به بهبود اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها و افزایش ظرفیت عملکردی افراد چاق کمک نماید.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که انجام تمرینات هوازی همراه با مصرف مکمل کلرلا می‌تواند به‌عنوان یک راهکار غیردارویی مؤثر در بهبود شاخص‌های هماتولوژی زنان چاق مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به شیوع بالای چاقی و عوارض مرتبط با آن، پیشنهاد می‌شود از این ترکیب مداخله‌ای در برنامه‌های بهبود سلامت این گروه جمعیتی استفاده شود. انجام پژوهش‌های بیشتر با دوره‌های پیگیری بلندمدت برای بررسی ماندگاری این تغییرات و نیز بررسی مکانیسم‌های دقیق این اثرات توصیه می‌گردد.

### بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی، به‌ویژه در ترکیب با مصرف مکمل جلبک کلرلا، موجب افزایش معنادار شاخص‌های اریتروسیته شامل میانگین حجم گلبول قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین گلبول قرمز (MCH) و غلظت میانگین هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) در زنان چاق شد ( $P=0.001$ ). در مقابل، مصرف مکمل کلرلا به‌تنهایی تغییر معناداری در این شاخص‌ها ایجاد نکرد. این یافته نشان می‌دهد که احتمالاً اثر کلرلا بر وضعیت اریتروسیته، در غیاب یک محرک فیزیولوژیک منظم مانند تمرین هوازی، محدود است و ترکیب مداخله تغذیه‌ای با فعالیت بدنی می‌تواند پاسخ مطلوب‌تری ایجاد کند. نتایج حاضر با شواهد پیشین درباره بهبود شاخص‌های هماتولوژیک در پی مداخلات ورزشی و تغذیه‌ای همخوانی دارد (۱۰-۱۳).

افزایش MCV، MCH و MCHC در گروه‌های دریافت‌کننده تمرین را می‌توان با سازگاری تدریجی دستگاه اریتروپوئیک در پاسخ به افزایش نیاز اکسیژن مرتبط دانست (۱۴). فعالیت هوازی منظم، از طریق افزایش تقاضای متابولیک بافت‌ها، تغییر در اکسیژن‌رسانی و ایجاد محرک‌های هیپوکسیک خفیف، مسیرهای

آزمون آنوای یک‌طرفه اختلاف معنی‌داری را در تغییرات MCV بین گروه‌ها نشان داد ( $F = 11.258$ ،  $P = 0.001$ ). همگنی واریانس‌ها تأیید شد ( $P = 0.150$ ). بر اساس آزمون توکی، گروه تمرین هوازی+مکمل ( $P = 0.001$ ) و تمرین هوازی+دارونما ( $P = 0.001$ ) در مقایسه با گروه دارونما اختلاف معنی‌دار داشتند، اما گروه مکمل با گروه دارونما تفاوتی نشان نداد ( $P = 0.251$ ). همچنین بین دو گروه تمرینی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ( $P = 0.658$ )، در حالی که هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه مکمل اختلاف معنی‌دار نشان دادند ( $P = 0.001$ ) (جدول ۱). در تحلیل درون‌گروهی، افزایش معنی‌دار MCV در گروه‌های تمرین هوازی+مکمل ( $P = 0.001$ ) و تمرین هوازی+دارونما ( $P = 0.001$ ) مشاهده شد. در گروه مکمل افزایش غیرمعنی‌دار ( $P = 0.145$ ) و در گروه دارونما کاهش غیرمعنی‌دار ثبت شد ( $P = 0.123$ ) (جدول ۳).

### نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل کلرلا بر شاخص‌های هماتولوژی در زنان چاق بود. نتایج پژوهش نشان داد که انجام تمرینات هوازی توأمان با مصرف مکمل کلرلا سبب افزایش معنادار سطوح MCH، MCHC و MCV در زنان چاق شد. این در حالی بود که مصرف مکمل کلرلا به‌تنهایی تأثیر معناداری بر افزایش این شاخص‌ها نداشت.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، به‌نظر می‌رسد ترکیب تمرینات هوازی و مکمل کلرلا از طریق اثر هم‌افزایی می‌تواند منجر به بهبود شاخص‌های هماتولوژی در زنان چاق شود. چاقی با التهاب سیستمیک و استرس اکسایشی همراه است که می‌تواند بر کیفیت و عملکرد گلبول‌های قرمز تأثیر منفی بگذارد. تمرینات هوازی با افزایش نیاز بافت‌ها به اکسیژن، تحریک اریتروپوئز و بهبود جریان خون و مکمل کلرلا با دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر پلی‌فنول‌ها، لوتئین، بتاکاروتن و ویتامین‌های گروه B به‌ویژه B12 و آهن، می‌توانند در کاهش التهاب و بهبود شاخص‌های خونی مؤثر باشند.

تنظیم کننده تولید گلبول قرمز را فعال می کند. در این فرآیند، فعال شدن مسیر فاکتور القاشونده با هیپوکسی و افزایش تحریک ترشح اریتروپوئیتین می تواند تکثیر و تمایز پیش سازهای اریتروئیدی در مغز استخوان را تقویت کند. افزایش تولید و جایگزینی گلبول های قرمز جوان تر ممکن است به بهبود شاخص های مرتبط با حجم سلولی و محتوای هموگلوبین منجر شود (۱۵). با این حال، تفسیر این سازوکار باید با احتیاط انجام شود؛ زیرا شاخص های MCV، MCH و MCHC تحت تأثیر عواملی مانند وضعیت آهن، ویتامین های خون ساز، حجم پلاسما، وضعیت هیدراتاسیون و شدت و مدت تمرین قرار دارند و نمی توان تغییرات مشاهده شده را تنها به فعال شدن اریتروپوئیتین نسبت داد.

یکی از تبیین های احتمالی برای برتری مداخله ترکیبی، فراهم شدن هم زمان دو مؤلفه محرک و حمایتی است. تمرین هوازی می تواند محرک فیزیولوژیک لازم برای افزایش نیاز به اکسیژن و فعال شدن فرآیندهای اریتروپوئیتیک را فراهم کند (۱۵)، در حالی که ترکیبات مغذی موجود در کلرلا، از جمله آهن، فولات، ویتامین های گروه B و ترکیبات آنتی اکسیدانی، ممکن است ظرفیت پاسخ گویی سلول های اریتروئیدی را حمایت کنند (۱۶). بنابراین، در گروه دریافت کننده هم زمان تمرین و مکمل، افزایش تقاضای اکسیژن با فراهمی بهتر برخی مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت گلبول قرمز و هموگلوبین همراه شده است. در مقابل، مصرف کلرلا به تنهایی، بدون وجود محرک تمرینی، احتمالاً نتوانسته است تغییر قابل توجهی در شاخص های اریتروسیتی ایجاد کند. این موضوع می تواند بیانگر آن باشد که اثر مکمل به وضعیت اولیه افراد، کفایت ذخایر ریزمغذی ها، مقدار و قابلیت جذب ترکیبات موجود در مکمل و وجود یا فقدان یک محرک فیزیولوژیک هم زمان وابسته است.

ناهمسویی بخشی از یافته های پژوهش حاضر با برخی مطالعات پیشین را می توان به تفاوت در طراحی پژوهش، ویژگی های آزمودنی ها و نوع مداخله نسبت داد (۱۷). در برخی مطالعات، پاسخ هماتولوژیک پس از یک جلسه فعالیت یا دوره های کوتاه مدت تمرین بررسی شده است (۱۷)؛ در حالی که پژوهش

حاضر پیامدهای هشت هفته تمرین منظم را ارزیابی کرد. پاسخ حاد به فعالیت بدنی ممکن است تحت تأثیر هموکنسانتره شدن، همودیلوشن، جابه جایی مایعات بین پلاسما و فضای بین بافتی و در برخی فعالیت های شدید یا ضربه ای، همولیز مکانیکی قرار گیرد. این تغییرات موقتی الزاماً نشان دهنده سازگاری واقعی دستگاه خون سازی نیستند (۱۸). در مقابل، تداوم تمرین طی چند هفته فرصت کافی برای شکل گیری سازگاری های مزمن، تعدیل حجم پلاسما و تغییر در تولید و گردش گلبول های قرمز فراهم می کند (۱۹). از این رو، تفاوت میان پاسخ های حاد و سازگاری های مزمن می تواند بخشی از اختلاف میان نتایج مطالعات را توضیح دهد.

همچنین، وضعیت متابولیک و التهابی زنان چاق می تواند در نحوه پاسخ به تمرین و مکمل نقش داشته باشد. چاقی با التهاب مزمن خفیف، افزایش فعالیت برخی مسیرهای التهابی و اختلال احتمالی در متابولیسم آهن همراه است (۲۰). افزایش سیتوکین های پیش التهابی، به ویژه اینترلوکین-۶، می تواند تولید هپسیدین را تحریک کند. هپسیدین با کاهش فعالیت فروپوریتین، جذب روده ای آهن و آزادسازی آن از ذخایر سلولی را محدود می کند؛ در نتیجه، حتی در صورت وجود آهن کافی در بدن، دسترسی زیستی آهن برای اریتروپوئیز ممکن است کاهش یابد (۲۱). تمرین هوازی منظم، از طریق بهبود ترکیب بدن، کاهش چربی احشایی و تعدیل التهاب سیستمیک، ممکن است این اختلال را تا حدی اصلاح کند. بر این اساس، افزایش شاخص های اریتروسیتی در زنان چاق می تواند ناشی از بهبود هم زمان محرک های اریتروپوئیزی و دسترسی به آهن باشد (۱۳)؛ هر چند برای تأیید این سازوکار، اندازه گیری مستقیم شاخص هایی مانند هپسیدین، فریتین، آهن سرم، ظرفیت اتصال آهن و اریتروپوئیتین ضروری است.

عدم مشاهده تغییر معنادار در گروه دریافت کننده کلرلا به تنهایی نیز از نظر فیزیولوژیک قابل توجه است. احتمال دارد اثر مکمل در افراد دارای ذخایر کافی آهن و ویتامین های خون ساز، محدود باشد و افزایش مصرف این ترکیبات الزاماً به تغییر شاخص های سلولی منجر نشود. علاوه بر این، مقدار مصرف، مدت مداخله، قابلیت جذب مواد مغذی و تفاوت در ترکیب فرآورده های کلرلا

می‌تواند بر پاسخ نهایی اثر بگذارد. بنابراین، کلرلا را نمی‌توان به‌عنوان جایگزینی مستقل برای تمرین هوازی در بهبود شاخص‌های ایتروسیتی در زنان چاق در نظر گرفت؛ بلکه نتایج حاضر از نقش احتمالی آن به‌عنوان یک مداخله مکمل در کنار فعالیت بدنی منظم حمایت می‌کند.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تمرین هوازی منظم، به‌تنهایی یا در ترکیب با مصرف کلرلا، می‌تواند به بهبود برخی شاخص‌های ایتروسیتی در زنان چاق منجر شود؛ بااین‌حال، پاسخ مطلوب‌تر در گروه ترکیبی نشان‌دهنده احتمال وجود اثر تعاملی میان محرک تمرینی و حمایت تغذیه‌ای است. این اثر احتمالی باید در مطالعات آینده با طراحی‌های دقیق‌تر،

حجم نمونه بزرگ‌تر، دوره پیگیری طولانی‌تر و اندازه‌گیری نشانگرهای مرتبط با متابولیسم آهن، التهاب و ایتروپوئز بررسی شود. همچنین، با توجه به اینکه شاخص‌های MCV، MCH و MCHC تحت تأثیر عوامل متعدد قرار دارند، نسبت‌دادن تغییرات مشاهده‌شده به یک مسیر فیزیولوژیک منفرد نیازمند احتیاط است.

### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول می‌باشد، بدین‌وسیله از کلیه افرادی که با همکاری صمیمانه‌ی خود، امکان اجرای این پژوهش را فراهم نمودند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

### References

1. Blüher M. An overview of obesity-related complications: The epidemiological evidence linking body weight and other markers of obesity to adverse health outcomes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2025;27:3-19.
2. Al-Mhanna SB, Franklin BA, Jakicic JM, Stamatakis E, Pescatello LS, Riebe D, Batrakoulis A. Impact of resistance training on cardiometabolic health-related indices in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*. 2025;59(10):733-46.
3. Borsati A, Murri A, Natalucci V, Cerulli C, Barbieri E, Lucertini F, Grazioli E. The Effect of Exercise-Based Interventions on Health-Related Quality of Life of Patients with Hematological Malignancies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare*. 2025;13(5):467.
4. Wentworth BJ, Miller JB, Carlini LE, Caldwell SH. Hematologic disorders and the liver. *Hepatology: Academic Press*; 2025. p. 141-84.
5. Zhang Z, Wang J. Correlation between PLT, MPV, PDW and liver fibrosis and inflammatory activity in patients with NAFLD: A retrospective case-control study. *Medicine*. 2025;104(33):e43815.
6. Bañares C, Paterson S, Gómez-Garre D, Ortega-Hernández A, Sánchez-González S, Cueva C, Gómez-Cortés P. Modulation of gut microbiota and short-chain fatty acid production by simulated gastrointestinal digests from microalga *Chlorella vulgaris*. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025;26(6):2754.
7. Pinto-Leite M, Martins D, Ferreira AC, Silva C, Trindade F, Saraiva F, Miranda IM. The Role of Chlorella and Spirulina as Adjuvants of Cardiovascular Risk Factor Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Nutrients*. 2025;17(6):943.
8. Yang M, Lee YS, Lee UJ, Kim S, Jang CY, Bae JM, Park SH. Effects of the combination of Korean pears and chlorella on endocrine-disrupting chemicals and fat and muscle health. *Journal of Functional Foods*. 2025;127:106721.
9. Barbhuiya PA, Talukdar S, Mondal NS, Kumari P, Ahmed M, Pathak MP. Marine Species, Metabolites and Macromolecules as Potential Therapeutics Against Obesity and Metabolic Dysfunction Associated Steatotic Liver Disease (MASLD): A Comprehensive Review. *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 2025.
10. Laeto A, Inggarsih R, Purnamasari S, Diba MF. A Comparison of hematocrit, MCV, MCH and MCHC amount between rats on vegan dan standard diet after routine physical exercise. *Jambi Medical Journal: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 2023;11(4):374-80.
11. Lippi G, Sanchis-Gomar F. Influence of chronic training workload on the hematological profile: a pilot study in sedentary people, amateur and professional cyclists. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*. 2020;91(4).
12. Liu F, Liu Y. Hemoglobin analysis after overload training in athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2023;29:e2022\_0410.
13. Şahin M, Uzun ME. The Effect of 8 Weeks Preparatory Training Program on Body Composition and Blood Parameters in Elite Wrestlers. *Journal of Education and Recreation Patterns*. 2023;4(2).
14. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Front Physiol*. 2013;4:332.
15. Diaz-Canestro C, Montero D. Sex Dimorphism of VO(2max) Trainability: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*. 2019;49(12):1949-56.
16. Bito T, Okumura E, Fujishima M, Watanabe F. Potential of Chlorella as a Dietary Supplement to Promote Human

Health. *Nutrients*. 2020;12(9).

17. Ali MA, Kurniawati DMA, Anggita GM, Noer ER. Acute effects of prolonged endurance training with moderate intensity on hematological parameters among young men. *Journal of Hunan University Natural Sciences*. 2023;50(4).

18. Muniz-Santos R, Bassini A, Falcão J, Prado E, Martin L, 3rd, Chandran V, et al. Sportomics Analyses of the Exercise-Induced Impact on Amino Acid Metabolism and Acute-Phase Protein Kinetics in Female Olympic Athletes. *Nutrients*. 2024;16(20).

19. Bjerre-Bastos JJ, Sejersen C, Bihlet AR, Secher NH, Mackey AL, Kitchen C-C, et al. An Estimate of Plasma Volume Changes Following Moderate-High Intensity Running and Cycling Exercise and Adrenaline Infusion. *Frontiers in Physiology*. 2022;Volume 13 - 2022.

20. Aigner E, Feldman A, Datz C. Obesity as an emerging risk factor for iron deficiency. *Nutrients*. 2014;6(9):3587-600.

21. Berton PF, Gambero A. Hepcidin and inflammation associated with iron deficiency in childhood obesity - A systematic review. *J Pediatr (Rio J)*. 2024;100(2):124-31.

## Review Article

# The Effect of Aerobic Exercise Combined with Chlorella (Green Algae) Supplementation on Serum Levels of Hematological Markers in Women

Received: 19/07/2026 - Accepted: 14/09/2026

Paria Afraz<sup>1</sup>

Zohreh Amirkhani<sup>2\*</sup>

Mahmoud Soltani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. Student of Exercise Physiology; Department of Physical Education and Sports Sciences, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Physical Education, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Physical Education, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

\*Email:

[amirisaharsmicrosoft@gmail.com](mailto:amirisaharsmicrosoft@gmail.com)

## Abstract

**Introduction:** Obesity is associated with disturbances in various body systems, including alterations in blood parameters. The aim of the present study was to investigate the effect of aerobic exercise combined with \*Chlorella\* (green) algae supplementation on serum levels of hematological markers in obese women.

**Methods:** This study was a quasi-experimental trial employing a pretest-posttest design. Forty obese women (mean age:  $26.17 \pm 2.70$  years; BMI:  $32.35 \pm 1.55$  kg/m<sup>2</sup>) were purposively selected and randomly assigned to four groups (n=10 each): 1) aerobic exercise + \*Chlorella\* supplementation, 2) aerobic exercise + placebo, 3) \*Chlorella\* supplementation, and 4) placebo. The aerobic exercise program was conducted over eight weeks (three sessions per week, 45–60 minutes at moderate intensity). Groups receiving the supplement consumed 1,200 mg of \*Chlorella\* algae daily (in two doses). Blood samples were collected before and after the intervention to measure hematological indices. Data were analyzed using independent t-tests and one-way analysis of variance (ANOVA) at a significance level of 0.05.

**Results:** The results showed that eight weeks of aerobic exercise combined with Chlorella supplementation led to a significant increase in MCV, MCH, and MCHC levels in the combined group (exercise + supplement) compared to the placebo group ( $P=0.001$ ). No significant changes in the aforementioned indices were observed in the exercise + placebo group or the supplement-only group ( $P>0.05$ ).

**Conclusion:** It appears that performing aerobic exercise combined with Chlorella supplementation can be effective in improving the health of obese women by enhancing hematological indices such as MCV, MCH, and MCHC. The synergistic effect of exercise and supplementation seems to yield better results in improving blood indices compared to either intervention alone.

**Keywords:** aerobic exercise, Chlorella, hematological indices, women