

تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی در آب بر نیمرخ لیپیدی، گلوکز، مقاومت به انسولین و آپولیپوپروتئین A و B در زنان یائسه دارای اضافه وزن

زیبا شوریده^۱، دکتر ناهید بیژه^{۲*}، ناهید خوشرفتار یزدی^۳

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. استادیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۷

خلاصه

مقدمه: دوران یائسگی به دلیل کاهش سطوح استروژن با افزایش درصد چربی و به‌ویژه چربی احشایی همراه است و این امر با خطر ابتلاء به بیماری‌های قلبی - عروقی ارتباط مستقیم دارد؛ لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی در آب بر نیمرخ لیپیدی، گلوکز، مقاومت به انسولین و آپولیپوپروتئین A و B در زنان یائسه انجام شد.

روش کار: این مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی شده در سال ۱۳۹۳ بر روی ۲۶ زن یائسه در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی در دو گروه کنترل و تمرین قرار گرفتند. گروه تجربی به مدت ۸ هفته در تمرینات ورزشی هوازی در آب شرکت کردند. از روش سه نقطه‌ای و دستگاه سنجش ترکیب بدن و معادله هما به ترتیب، جهت تعیین درصد چربی، شاخص توده بدنی و مقاومت به انسولین استفاده شد؛ همچنین از کیت‌های مربوطه جهت ارزیابی مقادیر کلسترول، لیپوپروتئین کم چگال و پرچگال، تری گلیسرید، آپولیپوپروتئین A و B استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) و آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف، تی وابسته و تی مستقل انجام شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: تمرین هوازی منظم در آب، باعث کاهش معنی‌دار سطوح آپولیپوپروتئین A ($p=0/001$)، آپولیپوپروتئین B ($p=0/019$)، LDL ($p=0/006$)، کلسترول تام ($p=0/003$)، گلوکز ($p=0/038$) و مقاومت به انسولین ($p=0/003$) و افزایش معنی‌دار HDL ($p=0/015$) گردید؛ همچنین در این گروه TG ($p=0/072$) نیز کاهش یافت که از نظر آماری معنی‌دار نبود. در گروه کنترل نیز سطوح آپولیپوپروتئین A ($p=0/029$) و B ($p=0/026$) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ افزایش معنی‌دار سطوح TG ($p=0/027$) و افزایش غیر معنی‌دار کلسترول تام ($p=0/30$) و گلوکز ($p=0/80$) در گروه کنترل مشاهده شد. مقاومت به انسولین ($p=0/61$) در این گروه کاهش یافت که معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرین هوازی در آب، منجر به بهبود برخی عوامل خطرناک قلبی - عروقی در زنان یائسه دارای اضافه وزن می‌شود و این‌گونه تمرینات جهت پیشگیری از ابتلاء به بیماری تصلب شرایین و بیماری‌های قلبی عروقی توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: آپولیپوپروتئین A و B، تمرین هوازی در آب، زنان یائسه، گلوکز، مقاومت به انسولین، نیمرخ چربی

* نویسنده مسئول مکاتبات: دکتر ناهید بیژه؛ مرکز تحقیقات علوم رفتاری، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. تلفن:

مقدمه

تجمع چربی احشایی به دنبال کاهش مقادیر استروژن و همچنین اضافه وزن پس از یائسگی، خطر ابتلاء به سندرم متابولیک و بیماری‌های قلبی - عروقی را در زنان یائسه افزایش می‌دهد (۱). در این راستا، در مطالعه لرنر و همکار (۱۹۸۶) شیوع بیماری‌های قلبی - عروقی در زنان بالای ۵۵ سال، ۱۰ برابر زنان ۳۵-۴۵ سال گزارش شد (۲). همچنین در مطالعه مهدیزاده (۲۰۱۵)، سطوح کلسترول، تری گلیسرید (TG) و لیپوپروتئین کم چگال (LDL) در زنان یائسه بیشتر از زنانی بود که هنوز یائسه نشده بودند؛ این در حالی است که سطوح لیپوپروتئین پرچگال (HDL) در زنان یائسه کمتر از گروه دیگر بود (۳). علاوه بر آن، عدم تحرک فیزیکی، خود یک عامل مستقل در بروز دیس لیپیدمی یا اختلالات چربی خون و ابتلاء به بیماری‌های قلبی - عروقی محسوب می‌شود؛ حال آنکه که حدود ۳۰٪ از زنان یائسه در هیچ گونه فعالیت بدنی منظم، حضور ندارند (۴).

در میان بیماری‌های قلبی - عروقی، تصلب شرایین (آترواسکلروزیس)، عامل عمده مرگ و میر محسوب می‌شود (۵). عوامل بسیاری در ایجاد این بیماری نقش دارند که شامل: سن بالا، جنسیت، سابقه بیماری قلبی - عروقی خانوادگی، استعمال دخانیات، چاقی، فشارخون، کم‌تحرکی، دیابت شیرین، کاهش غلظت HDL و افزایش غلظت LDL می‌باشند (۶). گزارش می‌شود که اضافه وزن و چاقی با تجمع اضافی چربی احشایی، پیرامون و درون اندام‌های شکمی و افزایش جریان اسیدهای چرب به سوی کبد، موجب اختلال در ترشح انسولین و افزایش مقاومت به انسولین و افزایش تولید قند خون کبدی می‌شود (۷).

امروزه، به‌جز عوامل خطرزای شناخته‌شده تصلب شرایین، متغیرهای دیگری نیز به‌عنوان عوامل ایجاد این بیماری، مطرح شده‌اند که می‌توان به آپولیپوپروتئین B (apoB) و آپولیپوپروتئین A (apoA) اشاره کرد (۸، ۹). لیپوپروتئین‌ها ذراتی هستند که از لیپید و پروتئین تشکیل شده‌اند. لیپیدهایی که در ساختمان لیپوپروتئین‌ها وجود دارند، لیپیدهای چهارگانه (کلسترول آزاد، کلسترول استریفه شده، تری گلیسرید

و فسفولیپید) می‌باشند؛ پروتئین‌های موجود در ساختمان لیپوپروتئین نیز آپوپروتئین و آپولیپوپروتئین هستند. نسبت apoB به apoA یک عامل پیش‌بینی کننده مهم در آسیب عضله قلبی می‌باشد (۷). آپولیپوپروتئین نقش عمده‌ای در چرخه معکوس کلسترول و در نتیجه کند شدن روند تصلب شرایین دارد (۷). عنوان شده است که HDL و apoA به‌واسطه تأثیر در خروج کلسترول از سلول‌های محیطی، دارای یک اثر حفاظتی می‌باشند. همچنین این ذرات دارای اثرات آنتی ترومبوزی، آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی نیز می‌باشند (۱۲).

آپولیپوپروتئین B، پروتئین اصلی تشکیل دهنده لیپوپروتئین با دانسیته پایین (LDL) است. apoB یکی از پروتئین‌های اصلی حامل کلسترول در خون است و به‌عنوان لیگاند رابط برای ورود کلسترول به سلول‌ها می‌باشد. ارتباط مستقیم بین مقادیر LDL و apoB باعث شده این آزمایش، وسیله‌ای برای ارزیابی خطر بیماری انسدادی عروق کرونر در نظر گرفته شود. apoB جزئی از ساختمان LDL است و جهش آن باعث می‌شود تا LDL بیش از حد معمول در خون باقی بماند و در نتیجه امکان پدید آمدن آترواسکلروزیس افزایش یابد. مقدار LDL در بزرگسالان باید کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر باشد (۳۳).

apoA و apoB در تشخیص و درمان کسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که دچار اختلالات لیپیدی هستند، اما غلظت LDL آن‌ها، ظاهراً پایین و یا نرمال می‌باشد. همچنین این دو عامل، خطر ابتلاء به بیماری‌های قلبی را بهتر از LDL نشان می‌دهند و شاخص بهتری برای پیگیری درمان نیز می‌باشند (۳۳).

آپولیپوپروتئین‌ها، گروهی از پروتئین‌ها هستند که در خارجی‌ترین سطح لیپوپروتئین‌ها قرار دارند و نقش حساسی در تنظیم انتقال لیپید و سوخت‌وساز لیپوپروتئین‌ها بر عهده دارند. پژوهش‌های جدید عنوان می‌کنند apoA و apoB ممکن است خطر ابتلاء به بیماری عروق کرونر قلب را بهتر از شاخص‌های متداول لیپیدی تعیین نمایند (۹، ۱۰). آپولیپوپروتئین A، پروتئین اصلی تشکیل دهنده HDL است و تقریباً ۷۰٪ پروتئین آن را شامل می‌شود (۱۱). ارتباط معکوس

بررسی اثر ۳ ماه تمرین هوازی در آب بر برخی فاکتورهای مرتبط با سلامتی در زنان دارای چاقی شکمی بین سنین ۲۲-۴۱ سال پرداختند. در مطالعه آنها تمرینات هوازی در آب باعث کاهش کلسترول تام، LDL و مقاومت به انسولین گردید؛ همچنین سطوح تری گلیسرید ناشتایی، گلوکز و انسولین، به طور معنی داری کاهش یافت (۲۱). این در حالی است که نتایج متفاوتی نیز در این حیطه مشاهده می شود؛ در مطالعه حقیقی (۲۰۱۳)، ۸ هفته تمرین هوازی همراه با مصرف چای سبز، باعث کاهش معنی دار وزن در زنان چاق و دارای اضافه وزن شد، اما در مقادیر کلسترول تام سرمی، تری گلیسرید، HDL-C و LDL-C تغییری ایجاد نکرد (۲۲). همچنین گائینی و همکار (۲۰۱۱) اثر ۸ هفته تمرین هوازی را در مردان غیر ورزشکار مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند تمرینات هوازی بر apoA تأثیر معنی دار دارد، در حالی که بر سطوح apoB تغییری ایجاد نمی کند (۲۳).

از تفاوت های موجود در انجام تمرینات ورزشی در خشکی و آب، گزارش شده است که تمرین در آب موجب تغییرات همودینامیکی مانند افزایش پیش بار و برون ده قلبی و کاهش مقاومت عروق محیطی می شود. افزایش برون ده قلبی خود منجر به افزایش جریان خون محیطی و متعاقباً افزایش استرس برش اندوتلیال (فشار همودینامیکی جریان خون که به دیواره عروق خونی اعمال می شود) می گردد. این امر منجر به عملکرد بهتر اندوتلیال و تعدیل فشارخون پس از ورزش های آبی در مقایسه با ورزش در خشکی می شود (۲۴). همچنین ویسنر و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند تمرین در آب منجر به کاهش تعداد تنفس، گلوکز و لاکتات، حین و پس از تمرین می شود؛ همچنین هنگام ورزش در آب، غلظت اسیدهای چرب آزاد افزایش یافته و این امر ممکن است منجر به افزایش اکسیداسیون چربی شود (۲۵). در کل، خاصیت شناوری در ورزش های آبی، تأثیر تحمل وزن را بر مفاصل اسکلتی کاهش می دهد و به همین دلیل، ورزش های آبی می تواند برای افرادی که دارای اضافه وزن هستند، بسیار مناسب باشد (۱۹). همچنین، جریان آب بر سرتاسر سطح پوست، مقاومت ایجاد

بین HDL و خطر بروز بیماری قلبی - عروقی در برخی مطالعات انجام شده، به خوبی نشان داده شده است (۶، ۱۲). اکثر مطالعات، سطوح apoA را با شیوع بیماری عروق کرونر مرتبط دانسته اند (۸، ۹، ۱۳).

از طرف دیگر، افزایش سطح apoB به عنوان عاملی خطر ساز برای بیماری عروق کرونر شناخته شده است. نتایج حاصل از برخی مطالعات نشان دهنده آن است که apoB، بهترین عامل برای پیشگویی خطر وقوع بیماری عروق کرونر محسوب می شود (۸، ۹، ۱۴). در کشور ما بیماری عروق کرونر، اولین عامل مرگومیر محسوب می شود که شیوع این بیماری در حال افزایش بوده و سن بروز آن، رو به کاهش است (۱۵). هر ساله، بیماری های قلبی - عروقی علاوه بر صرف هزینه های سنگین و صدمات اقتصادی زیاد، منجر به عوارض و ناتوانی های جسمانی، از کار افتادگی، نارسایی قلبی و مرگ زودرس می شوند (۱۶).

نتایج جدیدترین مطالعات حاکی از آن است که ورزش و فعالیت بدنی، به عنوان راهکار اصلی پیشگیری از بسیاری بیماری ها و عامل ایجاد سلامت عمومی و کاهش سطح ناتوانی می باشد و بروز بسیاری از بیماری ها مانند دیابت، بیماری های قلبی - عروقی و پرفشاری خون، به وسیله ورزش قابل پیشگیری است (۱۷، ۱۸). تحقیقات بسیار معدودی در رابطه با بررسی اثر تمرینات هوازی در آب بر عوامل ذکر شده در زنان یائسه صورت گرفته است. اکثر پژوهش ها بر تمرینات هوازی غیر آبی متمرکز بوده، یا اینکه جامعه آماری متفاوتی را مورد مطالعه قرار داده اند. در این راستا در مطالعه رافائلی و همکاران (۲۰۱۶)، ۹ هفته تمرینات هوازی در آب در زنان جوان سالم، منجر به کاهش درصد چربی و کاهش تعداد ضربان قلب زیر بیشینه، افزایش توده بدون چربی، آمادگی هوازی، قدرت و تعادل گردید (۱۹). اسپوریس و همکاران (۲۰۱۳)، اثر ۶ ماه تمرینات هوازی در آب را که سه جلسه در هفته اجرا می شد بر نیمرخ چربی و گلوکز، در زنان دارای اضافه وزن مبتلا به دیابت نوع دو بررسی کردند. در نهایت HbA1c، گلوکز خون، کلسترول تام، LDL و وزن بدن به طور معنی داری کاهش و میزان HDL افزایش یافت (۲۰). کاسپرزاک و همکار (۲۰۱۵) به

می‌کند و حرکات اندام در مقابل جریان آب، منجر به تقویت عضلات می‌گردد. از طرفی دیگر، مطرح می‌شود که جریان آب بر سطح پوست، دارای عملکردی همچون ماساژ می‌باشد و موجب بهبود جریان خون، افزایش میزان در دسترس بودن اکسیژن جهت مصرف سلول‌ها و برداشت مواد زائد حاصل از متابولیک می‌گردد (۲۶).

در مجموع ورزش‌های آبی به دلیل تنظیم و تعدیل دمای بدن، هنگام تمرین و جلوگیری از افزایش نامناسب دمای بدن، بسیار مورد توجه زنان یائسه قرار می‌گیرد؛ حال اینکه گرگرفتگی و افزایش ناگهانی دمای بدن، یکی از مشکلات ناشی از یائسگی در زنان می‌باشد.

بنابراین، با توجه به مزیت‌های فعالیت‌های بدنی در آب و همچنین نبود اطلاعات کافی در زمینه تأثیر تمرینات هوازی در آب بر عوامل خطرزای قلبی - عروقی و به خصوص آپولیپوپروتئین‌های A و B در زنان یائسه، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی در آب بر نیمرخ لیپیدی، گلوکز، مقاومت به انسولین و آپولیپوپروتئین A و B در زنان یائسه انجام شد.

روش کار

این مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی شده در پاییز سال ۱۳۹۳ و به مدت ۸ هفته در محل استخر دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. جامعه آماری این تحقیق، زنان با دامنه سنی ۴۵-۵۵ سال بودند که پس از فراخوان و دعوت به مشارکت، ۲۶ زن داوطلب به روش نمونه‌گیری در دسترس برگزیده و بر اساس برون داد پرسشنامه تکمیل شده آمادگی شرکت در فعالیت‌های ورزشی ($PAR-Q^1$) (۲۷)، به طور تصادفی در دو گروه تجربی (۱۳ نفر با میانگین شاخص توده بدنی $27/37 \pm 4/65$ کیلوگرم بر متر مربع) و کنترل (۱۳ نفر با میانگین شاخص توده بدنی $28/05 \pm 3/2$ کیلوگرم بر متر مربع) قرار گرفتند. این پرسشنامه برای افراد سنین ۶۵-۱۵ سال که قصد دارند آمادگی خود را برای شروع یک فعالیت بدنی ارزیابی کنند، مناسب بوده و شامل ۷ سؤال به صورت "بلی" و "خیر" می‌باشد. در این پژوهش، حجم نمونه با استفاده از معادله برآورد حجم نمونه فلیس

و با در نظر گرفتن توان آزمون $0/05/\alpha$ و تغییرات میانگین ۵ واحد، ۸/۸۱ نفر به دست آمد که با احتیاط بیشتر از میان زنان، تعداد ۱۳ نفر به عنوان گروه‌های تجربی و کنترل گزینش شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: عدم سابقه بیماری قلبی - عروقی، کبدی، کلیوی، ریوی و دیابت، عدم مشارکت در فعالیت‌های ورزشی منظم و نداشتن سابقه اجرای فعالیت ورزشی یا محدودیت کالری بود. نحوه تصادفی‌سازی آزمودنی‌ها و قرار گرفتن آنها در گروه کنترل و یا تجربی، به روش قرعه‌کشی انجام شد؛ به گونه‌ای که افراد بر اساس شماره، نام‌گذاری شدند و شماره افراد روی کاغذی نوشته شده و در ظرفی ریخته شد؛ آنگاه به صورت تصادفی، ۱۳ کاغذ از داخل ظرف برداشته و در گروه کنترل قرار گرفته شد و ۱۳ شماره بعدی، به‌عنوان گروه تجربی در نظر گرفته شدند.

گروه کنترل در تمرین ورزشی خاصی شرکت نکردند و گروه تجربی در تمرینات ورزشی هوازی در آب شرکت کردند و در نهایت، این دو گروه با یکدیگر مقایسه شدند. همچنین در این مطالعه، آزمودنی‌ها به‌طور طبیعی یائسه شده بودند و یائسگی آنها ناشی از برداشتن رحم، تخمدان‌ها و شیمی درمانی یا پرتودرمانی نبود. حداقل ۱ سال و حداکثر ۶ سال، از قطع قاعدگی آنها گذشته بود و دارای سابقه بارداری بودند. آزمودنی‌ها در ۶ ماه اخیر تحت هیچ‌گونه هورمون درمانی قرار نگرفته بودند. به‌علاوه، شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها، بین ۳۰-۲۵ کیلوگرم بر مترمربع (محدوده اضافه وزن) و درصد چربی بدن آزمودنی‌ها، در محدوده ۳۵-۳۰٪ (محدوده اضافه وزن) در نظر گرفته شد.

ضخامت چربی زیر پوستی آزمودنی‌ها با استفاده از فرمول سه نقطه‌ای دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا (college Sport Medicine American) ارزیابی شد؛ به گونه‌ای که با استفاده از دستگاه ضخامت‌سنج پوستی (کالیپر)، چین‌های پوستی در سه ناحیه شکمی، سه سر بازویی و فوق‌خاصه سمت راست اندازه‌گیری شد و اعداد به‌دست آمده در فرمول زیر برای تعیین درصد چربی قرار داده شد:

¹ Physical Activity Readiness Questionnaire

$$4/03653 - [(سن) \times 0/03661] + [(مجموع سه قسمت) \times 0/0112] - [(مجموع سه قسمت) \times (0/41563)] = \text{درصد چربی بدن}$$

جمع‌آوری نمونه خون برای تعیین سطوح استراحتی کلسترول، TG، HDL، apoA، apoB، انسولین و گلوکز خون، در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، پس از گذشت ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه از ورید بازویی تمامی آزمودنی‌ها صورت گرفت؛ بدین صورت که آزمودنی‌ها پس از گذشت ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه، در ساعت ۸ صبح در محل آزمایشگاه ورزشی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه فردوسی مشهد حضور یافتند، سپس ۵ سی‌سی خون از ورید بازویی شرکت‌کنندگان توسط کارشناس مجرب جمع‌آوری گردید. در مرحله بعد، میزان درصد چربی بدن با استفاده از دستگاه کالیپر و شاخص توده بدنی نیز توسط دستگاه سنجش ترکیب بدن ارزیابی شد.

کلسترول و تری‌گلیسیرید با استفاده از روش فوتومتريک و HDL از روش کدرسنجی با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و به وسیله دستگاه اتوآنالایزر RA1000 اندازه‌گیری شدند. LDL پس از تعیین مقدار کلسترول، تری‌گلیسرید و HDL، با استفاده از فرمول فرید والد محاسبه گردید ($LDL-C=DHO$) انسولین با استفاده از کیت انسولین ساخت آمریکا، محصول شرکت کوپاس به روش الکتروکمی لومینسانس^۱ و با استفاده از دستگاه Hitachi Elecsys 2010 و گلوکز به روش آنزیمی گلوکز اکسیداز با کیت شرکت پارس آزمون، توسط دستگاه اتوآنالایزر RA1000 ارزیابی شد. apoA و apoB نیز با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و با دستگاه کوپاس اندازه‌گیری شد. در ادامه، مقدار مقاومت به انسولین در دو مرحله پیش و پس‌آزمون، از طریق معادله هما تعیین شد:

$$\text{انسولین ناشتا} \times \text{گلوکز ناشتا} \\ (\text{میکروواحد بر میلی‌لیتر}) (\text{میلی‌گرم در دسی‌لیتر})$$

$$\text{IOMA-IR} = \frac{4.5}{\text{IOMA-IR}}$$

پروتکل تمرین

برنامه تمرین هوازی در آب، به مدت ۸ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه اجرا شد. شدت تمرینات ۸۰-۶۰٪ حداکثر

قبل از شروع تمرینات، اطلاعات فردی پزشکی، وضعیت فعالیت بدنی، اطلاعات اجتماعی - جمعیتی و رژیم غذایی آزمودنی‌ها از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شد و فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش، توسط آزمودنی‌ها تکمیل گردید. علاوه بر این در خصوص رژیم غذایی، بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از آزمودنی‌ها، مشخص شد که آنها تحت هیچ رژیم غذایی و محدودیت کالری قرار نداشتند و داروی خاصی جهت کاهش وزن نیز استفاده نمی‌کردند. از تمامی افراد خواسته شد ۳ روز قبل از هر دو مرحله نمونه‌گیری، رژیم غذایی تقریباً مشابهی را بدون مصرف زیاد کافئین رعایت کنند.

به‌علاوه، در جلسه‌ای، کربوهیدرات‌های با شاخص گلیسمیک بالا، متوسط و پایین به شرکت‌کنندگان معرفی شد و از آنها خواسته شد تا در مدت زمان شرکت در این تحقیق، از خوردن غذاهای پرچرب و یا دارای شاخص گلیسمیک بالا خودداری کنند و بیشتر از غذا-های با شاخص گلیسمیک متوسط و پایین، همراه با سبزیجات استفاده کنند. برنامه غذایی شرکت‌کنندگان نیز به صورت هفتگی، توسط محقق بررسی می‌شد.

اطلاعات مربوط به سن، قد، وزن، نسبت دور کمر به دور باسن (از طریق دستگاه سنجش ترکیب بدن مارک Inbody 720 ساخت کشور کره جنوبی) برای تمام آزمودنی‌ها، در دو مرحله پیش‌آزمون (۲۴ ساعت قبل از شروع دوره تمرین) و پس‌آزمون (۴۸ ساعت پس از اتمام دوره تمرین) ثبت شد. همچنین جهت اعتبارسنجی ابزار مورد استفاده، به مطالعات استناد گردید؛ به گونه‌ای که در مطالعه لجر و همکاران، اعتبار کالیپر هارپندن (Harpenden)، ۰/۹۹۹ و همچنین اعتبار کالیپرهای پلاستیکی راس (Ross) و مک گو (McGow) بسیار بالا گزارش شد؛ به نحوی که نتایج اندازه‌گیری شده توسط هر سه دستگاه یکسان بود. به علاوه دوکاسترو و همکاران (۲۰۱۷)، روایی و اعتبار دستگاه این بادی را در ارزیابی متغیرهایی همچون درصد چربی بدن و توده بدون چربی تأیید نمودند (۲۸، ۲۹).

¹ Electro-chemiluminescence immunoassay (ECLIA)

ضربان قلب و زمان تمرین هوازی در آب، به تدریج از ۳۰ دقیقه در شروع تا ۴۵ دقیقه در پایان پژوهش افزایش یافت. در شروع هر جلسه تمرین، ۷-۵ دقیقه، تمرینات مربوط به گرم کردن و در پایان هر جلسه، ۷-۵ دقیقه تمرینات مربوط به سرد کردن انجام می شد که گرم کردن شامل پیاده روی سبک و سپس انجام حرکات کششی عضلات اصلی و مورد نیاز جهت اجرای تمرین بود؛ سپس فعالیت هوازی در آب، طبق قوانین و اصول تصویب شده در فدراسیون ورزش های آبی، اجرا گردید. این فعالیت که به صورت موزون و کاملاً هماهنگ انجام می شد، شامل یک سری حرکات طراحی شده و مکتوب در کتاب های ورزش های آبی جهانی بود. در پایان نیز پیاده روی سبک و انجام حرکات کششی، جهت سرد کردن عضلات انجام می شد.

به منظور کنترل شدت تمرین، حداکثر ضربان قلب محاسبه گردید. جهت به دست آوردن حداکثر ضربان قلب آزمودنی ها از معادله کارونن (سن-۲۲۰) استفاده شد. آزمودنی ها در دو هفته اول، با شدت ۶۵-۶۰٪

حداکثر ضربان قلب، دو هفته دوم با شدت ۷۰-۶۵٪، دو هفته سوم با شدت ۷۵-۷۰٪ و دو هفته چهارم با شدت ۸۰-۷۵٪ حداکثر ضربان قلب به فعالیت پرداختند. لازم به ذکر است که گروه کنترل، تحت مداخله ورزشی قرار نگرفتند و در تمرینات هوازی در آب شرکت نکردند؛ اما رژیم غذایی هر دو گروه، همان گونه که در بالاتر توصیف شد، توسط محقق، نظارت و کنترل می شد.

داده ها پس از گردآوری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) و آزمون های کولموگروف اسمیرنوف (برای بررسی توزیع نرمال بودن داده ها)، تی وابسته (برای مقایسه درون گروهی) و تی مستقل (برای مقایسه بین گروهی) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها

ویژگی های فردی افراد در گروه های مورد مطالعه، در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین بررسی همگنی واریانس داده ها و توزیع نرمال بودن داده ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص های توصیفی ویژگی های فردی در گروه های مورد مطالعه

متغیر	گروه کنترل انحراف معیار ± میانگین	گروه تجربی انحراف معیار ± میانگین
سن (سال)	۵۷/۱۱ ± ۸/۶	۵۷/۱۸ ± ۸
قد (متر)	۱۵۵/۷۲ ± ۴/۳	۱۵۷/۵۹ ± ۳/۴۵
وزن (کیلوگرم)	۶۹/۷۸ ± ۹/۳	۷۰/۷۵ ± ۱۰/۵۱
شاخص توده بدنی	۲۸/۰۵ ± ۳/۲	۲۷/۳۷ ± ۴/۶۵
نسبت دور کمر به دور باسن	۰/۹۳ ± ۰/۰۵	۰/۹۵ ± ۰/۰۴
درصد چربی	۳۸/۰۲ ± ۵/۸۷	۳۹/۱ ± ۵/۰۳

جدول ۲- نتایج آزمون لون (مقدار F) جهت بررسی همگنی واریانس داده ها و آزمون شاپیروویلیک (مقدار Z) جهت بررسی توزیع

نرمال بودن داده ها

متغیرها	مقدار F	سطح معنی داری	مقدار Z	سطح معنی داری
APO A (میلی گرم بر دسی لیتر)	کنترل	۱/۰۸۶	۰/۹۲۳	۰/۴۵۹
	تجربی	۰/۸۵۴	۰/۵۴۱	۰/۴۸۵
APO B (میلی گرم بر دسی لیتر)	کنترل	۰/۹۵۷	۰/۸۹۱	۰/۳۴۰
	تجربی	۰/۷۴۲	۰/۳۴۳	۰/۳۷۸
HDL (میلی گرم بر دسی لیتر)	کنترل	۱/۳۸۵	۰/۹۲۷	۰/۴۸۸
	تجربی	۰/۸۹۰	۰/۶۷۰	۰/۶۱۵
LDL (میلی گرم بر دسی لیتر)	کنترل	۰/۷۱۶	۰/۹۳۴	۰/۵۵۱
	تجربی	۱/۰۳۱	۰/۴۱۲	۰/۱۵۷

۰/۸۲۲	۰/۹۶۱	۰/۹۴۵	۰/۱۲۴	کنترل	تری گلسیرید (میلی گرم بر دسی لیتر)
۰/۹۶۳	۰/۹۸۰	۰/۲۸۳	۱/۲۳۰	تجربی	
۰/۲۹۶	۰/۹۰۱	۰/۴۵۶	۰/۸۳۴	کنترل	کلسترول تام (میلی گرم بر دسی لیتر)
۰/۰۸۵	۰/۸۴۵	۰/۷۶۱	۱/۰۱۰	تجربی	
۰/۵۵۶	۰/۹۳۴	۰/۶۵۰	۰/۹۰۱	کنترل	گلوکز خون (میلی گرم بر دسی لیتر)
۰/۲۲۲	۰/۸۸۸	۰/۲۳۱	۰/۷۱۷	تجربی	
۰/۴۹۳	۰/۹۲۷	۰/۷۷۹	۰/۰۸۰	کنترل	مقاومت به انسولین (Units)
۰/۶۴۸	۰/۹۴۴	۰/۲۸۹	۱/۰۱۲	تجربی	

نتایج سنجش متغیرهای وابسته در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه تجربی و کنترل و نیز مقایسه بین گروهی و مقایسه تفاضل نمرات پس‌آزمون از پیش‌آزمون در گروه تجربی و کنترل در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج آزمون تی مستقل، تفاوت

جدول ۳- مقایسه میانگین متغیرهای وابسته در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه تجربی و کنترل و مقایسه تفاوت‌های بین گروهی

نام متغیر	گروه	پیش‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	پس‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	سطح معنی‌داری آزمون تی وابسته	سطح معنی‌داری آزمون تی مستقل
APO A میلی گرم بر دسی لیتر	تجربی	۱/۱۳ ± ۰/۲۳	۰/۸۹ ± ۰/۲۵	*۰/۰۰۱	۰/۷۷
	کنترل	۱/۰۴ ± ۰/۳۱	۰/۸۵ ± ۱/۵۵	*۰/۰۲۹	
APO B میلی گرم بر دسی لیتر	تجربی	۱/۰۹ ± ۰/۱۶	۰/۸۸ ± ۰/۱۷	*۰/۰۱۹	۰/۳۷
	کنترل	۱/۰۳ ± ۰/۲۵	۰/۹ ± ۰/۲۱	*۰/۰۲۶	
HDL میلی گرم بر دسی لیتر	تجربی	۴۶/۷۵ ± ۲/۷۴	۵۰/۲۸ ± ۱/۴	*۰/۰۱۵	۰/۳۶
	کنترل	۴۷/۷۳ ± ۳/۶۵	۴۹/۱۳ ± ۱/۷	۰/۵۶	
LDL میلی گرم بر دسی لیتر	تجربی	۹۳/۵۹ ± ۱۱/۱۹	۸۳/۱۲ ± ۲۲/۶	*۰/۰۰۶	**۰/۰۰۷
	کنترل	۹۴/۱۳ ± ۹/۸	۹۲/۸۷ ± ۱۲/۸۳	۰/۹	
تری گلسیرید میلی گرم بر دسی لیتر	تجربی	۱۳۰/۰۹ ± ۵۰/۵	۱۲۵/۵۳ ± ۵۵/۲۶	۰/۷۲	**۰/۰۱۴
	کنترل	۱۳۹/۸۰ ± ۴۱/۵۴	۱۶۷/۳۱ ± ۶۲/۲۳	*۰/۰۲۷	
کلسترول تام میلی گرم بر دسی لیتر	تجربی	۱۶۱/۷۱ ± ۳۰/۲۷	۱۵۰/۰۹ ± ۲۱/۶	*۰/۰۰۳	**۰/۰۲۴
	کنترل	۱۵۸/۷ ± ۱۹/۶	۱۶۳/۵۶ ± ۱۷/۸۴	۰/۳۰	
گلوکز خون میلی گرم بر دسی لیتر	تجربی	۱۲۸/۰۸ ± ۴۴/۷۶	۱۱۰/۷۲ ± ۳۴/۷	*۰/۰۳۸	**۰/۰۱۸
	کنترل	۱۳۰/۷۰ ± ۳۳/۷۱	۱۳۴/۶۵ ± ۳۴/۳	۰/۸۰	
مقاومت به انسولین Units	تجربی	۲/۵ ± ۰/۶۸	۰/۳۹ ± ۱/۷۹	*۰/۰۰۳	**۰/۰۱۳
	کنترل	۲/۷۴ ± ۰/۵۵	۰/۲۷ ± ۲/۶۷	۰/۶۱	

* تفاوت‌های درون گروهی قبل و پس از مداخله، ** تفاوت‌های بین گروهی قبل و پس از مداخله

تمرین هوازی منظم در آب، باعث کاهش معنی‌دار سطوح آپولیپوپروتئین A ($p=۰/۰۰۱$)، (از ۱/۱۳ به ۰/۸۹ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ آپولیپوپروتئین B ($p=۰/۰۱۹$)، (از ۱/۰۹ به ۰/۸۸ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ LDL ($p=۰/۰۰۶$)، (از ۹۳/۵۹ به ۸۳/۱۲ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ کلسترول تام ($p=۰/۰۰۳$)، (از ۱۶۱/۷۱ به ۱۵۰/۰۹ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ گلوکز (از ۱۲۸/۰۸ به ۱۱۰/۷۲ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ و مقاومت به انسولین ($p=۰/۰۰۳$)، (از ۲/۵ به ۰/۳۹ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ و افزایش معنی‌دار HDL ($p=۰/۰۱۵$)، (از ۴۶/۷۵ به

۰/۳۹ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ گلوکز (از ۱۲۸/۰۸ به ۱۱۰/۷۲ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ و مقاومت به انسولین ($p=۰/۰۰۳$)، (از ۲/۵ به ۰/۳۹ میلی‌گرم بر دسی لیتر)؛ و افزایش معنی‌دار HDL ($p=۰/۰۱۵$)، (از ۴۶/۷۵ به

۵۰/۲۸ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) گردید؛ همچنین در این گروه TG ($p=0/۷۲$) کاهش یافت که از نظر آماری معنی‌دار نبود. در گروه کنترل نیز سطوح آپولیپوپروتئین A ($p=0/۰۲۹$) و B ($p=0/۰۲۶$) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ افزایش معنی‌دار در سطوح TG ($p=0/۰۲۷$) و افزایش غیر معنی‌دار کلسترول تام ($p=0/۳۰$) و گلوکز ($p=0/۸۰$) در گروه کنترل مشاهده شد؛ مقاومت به انسولین در گروه کنترل کاهش یافت که معنی‌دار نبود ($p=0/۶۱$).

بحث

در مطالعه حاضر ۸ هفته تمرین هوازی منظم در آب در زنان یائسه، باعث کاهش معنی‌دار سطوح آپولیپوپروتئین A و B، LDL، کلسترول تام، گلوکز و مقاومت به انسولین و افزایش معنی‌دار HDL گردید؛ همچنین در این گروه، TG نیز کاهش یافت که معنی‌دار نبود. در گروه کنترل نیز سطوح آپولیپوپروتئین A و B به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ افزایش معنی‌دار سطوح TG و افزایش غیر معنی‌دار کلسترول تام و گلوکز در گروه کنترل مشاهده شد؛ مقاومت به انسولین در این گروه کاهش یافت که معنی‌دار نبود.

همان‌طور که در بالا ذکر شد در گروه تجربی، متغیرهای مربوط به نیمرخ چربی و مقاومت به انسولین و گلوکز بهبود یافت؛ در حالی که در گروه کنترل، تری‌گلیسرید به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و دیگر متغیرها تغییر معنی‌داری نشان ندادند که این یافته‌ها با نتایج مطالعه رافائلی و همکاران (۲۰۱۶)، هاگنر و همکاران (۲۰۱۵)، کاسپرزاک و همکاران (۲۰۱۵) و اسپوریس و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی داشت (۲۱-۱۹، ۳۰)، ولی با نتایج مطالعه رستمیان (۲۰۱۶) و حقیقی (۲۰۱۳) همخوانی نداشت (۲۲، ۳۱). هاگنر و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی دو تمرین هوازی پیلاتس و پیاده‌روی به سبک نوردیک^۱ در ۱۹۶ زن دارای اضافه وزن و چاق پرداختند. این تمرینات، ۳ جلسه در هفته بود و ۳ ماه به طول انجامید. در نهایت، پیاده‌روی به سبک نوردیک منجر به تغییرات معنی‌دار بیشتری در کاهش وزن بدن، شاخص توده

بدنی، گلوکز، کلسترول تام، LDL و تری‌گلیسرید و افزایش HDL نسبت به تمرینات پیلاتس شد (۳۰). در مطالعه اسپوریس و همکاران (۲۰۱۳) نیز ۶ ماه تمرینات هوازی در آب که ۳ جلسه در هفته اجرا می‌شد، منجر به کاهش معنی‌دار HbA1c، گلوکز خون، کلسترول تام، LDL و وزن بدن و افزایش معنی‌دار میزان HDL گردید (۲۰). در مقابل، در مطالعه رستمیان (۲۰۱۶)، ۲ هفته تمرینات هوازی با و بدون مکمل چای سبز، مقادیر وزن، شاخص توده بدنی، نسبت دور کمر به لگن و همچنین HDL را در هر دو گروه (تمرین هوازی، تمرین هوازی+ مکمل) در زنان یائسه غیرفعال، به‌طور معنی‌داری کاهش داد؛ اما سطوح LDL در گروه تمرین+ چای سبز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۳۱). در مطالعه حقیقی (۲۰۱۳) نیز ۸ هفته تمرین هوازی همراه با مصرف چای سبز، باعث کاهش معنی‌دار وزن در زنان چاق و دارای اضافه وزن شد، اما در مقادیر کلسترول تام سرمی، تری‌گلیسرید، HDL-C و LDL-C تغییری ایجاد نکرد (۲۲).

همان‌طور که مشاهده می‌شود اکثر مطالعات، بر تمرینات هوازی غیرآبی متمرکز بوده‌اند؛ با این وجود، گزارش می‌شود که آب به لحاظ ویژگی‌های مکانیکی، شیمیایی، فیزیکی و حتی دمایی، محیط کاملاً متفاوتی را برای انجام فعالیت‌های ورزشی نسبت به خشکی فراهم می‌کند. دمای آب در استخرها معمولاً پایین‌تر از دمای بدن است که این امر خود منجر به تقویت سیستم ایمنی در افراد می‌گردد. همچنین جهت جبران این کاهش دما، میزان سوخت‌وساز افزایش پیدا می‌کند که می‌تواند به هدف کاهش وزن مورد توجه قرار گیرد. به‌علاوه، اکثر عضلات در هنگام فعالیت‌های آبی، از بازو گرفته تا پاها در حال فعالیت هستند و این امر منجر به تقویت عروق خونی و پایانه‌های عصبی شده که در نهایت، جریان خون و عملکرد سیستم عصبی، بهبود پیدا می‌کند (۲۶). رافائلی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که فشارهای هیدرواستاتیک و دمای آب، جریان خون را بهبود می‌بخشد و به نحو مطلوبی، پاسخ‌های همودینامیک را در زمان استراحت و طی ورزش، تغییر می‌دهد (۱۹). در مطالعه کانتیکا و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شد که در

¹ Nordic Walking

که تارهای عضلانی در حال فعالیت، به دلیل افزایش حساسیت انتقال‌دهنده‌های گلوکز (پروتئین GLUT-4)، نسبت به گلوکز نفوذپذیر می‌شوند؛ بدین ترتیب مقدار زیادی گلوکز جهت تولید انرژی به درون سلول منتقل می‌شود. از طرف دیگر با اتمام فعالیت ورزشی، سلول‌های عضلانی درصدد بازسازی ذخایر گلیکوژنی خود برمی‌آیند و برای این کار نیاز به گلوکز دارند. به همین دلیل پس از فعالیت ورزشی، غلظت گلوکز خون تا چند ساعت در سطح پایین قرار دارد (۳۴) و احتمالاً بدین ترتیب سطوح گلوکز پس از تمرینات ورزشی، تنظیم و تعدیل می‌گردد. به طور کلی، انقباض‌های عضلانی دارای یک نقش شبه انسولینی بوده و قادر است مستقل از انسولین، گلوکز را به درون سلول انتقال دهد. احتمالاً انقباض عضلانی، نفوذپذیری غشاء را به گلوکز، به دلیل افزایش تعداد ناقل‌های گلوکز در غشای پلاسمایی (GLUT4) افزایش می‌دهد که البته جایگاه‌های این ناقل‌های فعال شده بر روی غشاء توسط انقباض‌های مکرر عضلانی، از جایگاه‌های فعال شده توسط انسولین، متفاوت می‌باشد و همچنین با انجام فعالیت‌های ورزشی، میزان این ناقل‌ها در عضلات تمرین کرده افزایش می‌یابد که باعث بهبود عمل انسولین بر متابولیسم گلوکز می‌گردد (۳۴).

در مطالعه حسینیان و همکاران (۲۰۱۶) که تمرینات ترکیبی قدرتی و استقامتی به مدت ۱۲ هفته که سه جلسه در هفته تمرین هوازی (با شدت ۶۰٪ حداکثر ضربان قلب) و دو جلسه تمرین مقاومتی (با شدت ۷۰٪ یک تکرار بیشینه) اجرا می‌شد، تغییر معنی‌داری در سطوح آپولیپوپروتئین B و A مشاهده نشد؛ اگرچه مقاومت به انسولین و انسولین سرمی در زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع دو کاهش یافت (۷). در مطالعه حاضر نیز مقاومت به انسولین به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در مقاومت به انسولین، توانایی سلول‌های کبد و عضله در برداشت گلوکز از خون و ذخیره کردن آن به‌صورت گلیکوژن کاهش می‌یابد. در این هنگام، با وجود اینکه پروتئین GLUT-4 و mRNA در مقادیر طبیعی خود می‌باشند، اما انتقال‌دهنده‌های گلوکز (GLUT-4) قادر نیستند به‌صورت طبیعی، از سیتوپلاسم به غشای عضلانی انتقال یابند (۳۳).

هنگام غوطه‌وری در آب، وزن بدن تا حدود ۹۰٪ وزن آن در خشکی، کاهش پیدا می‌کند و این امر منجر به کاهش بار تحمیلی ناشی از وزن بر مفاصل و ستون مهره‌ها می‌شود؛ در این هنگام، دامنه حرکتی مفاصل افزایش پیدا می‌کند. همچنین غلبه بر نیروی مقاومتی آب، علاوه بر اینکه منجر به افزایش هزینه انرژی می‌شود، عضلات بدن را درگیر کرده و بدین ترتیب موجب افزایش قدرت عضلانی نیز می‌گردد (۲۶).

در مطالعه گرینه و همکاران (۲۰۱۵) که تأثیر ۱۲ جلسه تمرین هوازی (در آب یا در خشکی) که به صورت تدریجی از شدت ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی در جلسات اول به شدت ۸۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی در افزایش می‌یافت را در زنان و مردان میانسال بررسی کردند، آمادگی هوازی آزمودنی‌ها و HDL افزایش یافت، در حالی‌که وزن بدن، سطوح کلسترول تام و LDL کاهش یافت (۱۱) که نتایج آن با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت. از جمله سازگاری‌های مؤثر به دنبال فعالیت‌های هوازی، افزایش حجم میتوکندری و به دنبال آن، افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپولیز می‌باشد که باعث افزایش توانایی کاتابولیسم چربی‌ها به هنگام فعالیت ورزشی می‌گردد (۳۲، ۳۳). احتمالاً بدین ترتیب، چربی بدن کاهش یافته و شاخص‌های نیمرخ چربی بهبود می‌یابد.

از سویی دیگر، بافت عضله در حالت استراحت، برای تأمین انرژی به گلوکز متکی نیست و بیشتر انرژی خود را از مصرف اسیدهای چرب به‌دست می‌آورد. به‌طور کلی، غشای تارهای عضله در حال استراحت، نسبت به گلوکز نفوذپذیری نسبتاً پایینی دارند، مگر زمانی که توسط هورمون انسولین تحریک شود؛ این در حالی است که مقدار انسولینی که در فاصله وعده‌های غذایی ترشح می‌شود، به حدی نیست که بتواند گلوکز زیادی را وارد سلول کند، اما هنگام اجرای فعالیت‌های بدنی متوسط تا شدید، مصرف گلوکز توسط عضلات بسیار افزایش می‌یابد. در این وضعیت، با وجود مقدار بسیار پایین انسولین، سلول‌های عضلانی مقدار زیادی گلوکز مصرف می‌کنند. به نظر می‌رسد انقباض‌های عضلانی، خود دارای اثر شبه انسولینی می‌باشند. در توجیه این امر می‌توان نمود

به نظر می‌رسد با انجام تمرینات هوازی، در ساختار و بیوشیمی عضلات و در نتیجه در حداکثر اکسیژن مصرفی، تغییرات مطلوبی ایجاد می‌شود و بدین ترتیب باعث بهبود فرآیند حمل گلوکز شده و از میزان مقاومت به انسولین در سلول‌ها کاسته می‌شود. در حقیقت سازگاری ایجاد شده بر اثر تمرین هوازی، این است که اولاً در پاسخ به تمرین هوازی، افزایش دانسیته عروق عضلانی، بهبود در حداکثر اکسیژن مصرفی و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو در عضلات اسکلتی رخ می‌دهد. ثانیاً تمرین هوازی، حساسیت فرد را نسبت به انسولین افزایش می‌دهد؛ در نتیجه انسولین کمتری جهت تنظیم گلوکز خون، پس از تمرین نسبت به قبل از آن مورد نیاز است. این بهبود حساسیت انسولین، احتمالاً با ظرفیت اتصال انسولین به محل گیرنده‌های هر یک از سلول‌های عضلانی مرتبط است. به‌علاوه یک افزایش در حساسیت انسولین کبدی نیز وجود دارد (۳۳). بنابراین ممکن است برای جذب گلوکز اضافی از گردش خون، به انسولین کمتری نیاز باشد. به طور کل، گزارش می‌شود آمادگی بدنی ناشی از تمرینات هوازی، باعث می‌شود تا افراد در هر مرحله‌ای از استراحت تا شدت‌های مختلف تمرینی سبک تا سنگین، به انسولین کمتری جهت جذب گلوکز خون نیاز داشته باشند. همچنین نقش فعالیت ورزشی هوازی در افزایش عملکرد انسولین، از طریق کاهش تجمع TG درون‌سلولی، افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و بیوژنز میتوکندریایی نیز گزارش شده است (۳۳) و بدین‌صورت کاهش مقادیر مقاومت به انسولین در این مطالعه توجیه می‌شود.

در مطالعه حاضر تمرینات هوازی در آب و رعایت رژیم غذایی به مدت ۸ هفته، موجب کاهش معنی‌دار آپولیپوپروتئین B و A در هر دو گروه تمرین و کنترل شد. کوزه‌چیان و همکاران (۲۰۱۴) اثر تمرینات هوازی مخصوص فوتبال و شنا را بر نیمرخ چربی و آپولیپوپروتئین‌ها بررسی کردند. در مطالعه آنها هر دو نوع تمرین، باعث افزایش معنی‌دار HDL و apoA و کاهش معنی‌دار سطوح VLDL، LDL و apoB گردید (۳۵). در مطالعه کتابی‌پور و همکاران (۲۰۱۴) که تأثیر تمرینات هوازی در آب را بر برخی عوامل

خطرزای قلبی و عروقی در دو گروه زنان چاق و زنان دارای وزن طبیعی بررسی کردند، تمرین هوازی در گروه چاق موجب تغییر معنی‌دار در شاخص‌های VLDL و آپوپروتئین‌های نوع A و B شد. در گروه وزن طبیعی نیز تمرین هوازی موجب تغییر معنی‌دار در شاخص‌های VLDL، LDL و آپوپروتئین‌های نوع A و B و ApoA/ApoB گردید، ولی بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از متغیرهای مورد مطالعه مشاهده نشد (۳۶). صفاری فارسانی و همکار (۲۰۱۱) تأثیر تمرینات هوازی با ۶۰٪ ضربان قلب بیشینه را بر نیمرخ لیپیدی و آپوپروتئین A و B در زنان سالمند غیر فعال بررسی کردند. پس از ۸ هفته تمرین هوازی، سطوح TC، LDL-C، apoB و TG در گروه تجربی به طور معنی‌داری کاهش و HDL-C و apoA آن‌ها افزایش غیر معنی‌داری داشت (۳۷). همان‌طور که در اکثر تحقیقات مشاهده می‌شود، تمرینات هوازی تأثیر مطلوب خود را بر لیپوپروتئین‌ها با افزایش apoA و کاهش apoB نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد علت اصلی ناهمخوانی مطالعه حاضر با مطالعات دیگر در مورد کاهش apoA می‌تواند حجم، شدت و مدت زمان تمرینات باشد. به‌علاوه در مطالعه حاضر در گروه کنترل همچون گروه تمرین، کاهش apoB در زنان یائسه غیر فعال مشاهد شد. به نظر می‌رسد کنترل رژیم غذایی، تنها با مصرف کمتر غذاهای دارای شاخص گلیسمیک بالا و یا پرچرب و در عوض مصرف غذاهای دارای شاخص گلیسمیک پایین یا متوسط، توانسته است بر میزان apoB تأثیر مثبت بگذارد. این در حالی است که در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها در برخی متغیرها مشاهده نشد؛ آنجایی که کمبود حجم نمونه باعث افزایش واریانس می‌شود، احتمالاً کمبود حجم نمونه در این مطالعه، باعث عدم معنی‌داری بین گروهی در متغیر مربوطه شده است و به نظر می‌رسد در صورتی که حجم نمونه بیشتری در این مطالعه استفاده می‌شد، احتمالاً تفاوت‌های بین گروهی به سطح معنی‌داری می‌رسید.

در این مطالعه، احتمالاً کاهش آپولیپوپروتئین B، با کاهش سطوح LDL به‌دنبال تمرینات هوازی توجیه

از ابتلاء به بیماری تصلب شرایین و بیماری‌های قلبی عروقی توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از زحمات بی دریغ آزمودنی‌های شرکت کننده که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

می‌شود، اما به نظر می‌رسد برای توجیه کاهش آپولیپوپروتئین A در این مطالعه، نیاز به تحقیقات بیشتری باشد و مکانیسم آن به درستی مشخص نیست.

نتیجه‌گیری

هشت هفته تمرین هوازی در آب، منجر به بهبود برخی عوامل خطر ساز قلبی - عروقی در زنان یائسه دارای اضافه وزن می‌شود و این گونه تمرینات، جهت پیشگیری

منابع

1. Khazaei M, Moien-Afshari F, Laher I. Vascular endothelial function in health and diseases. *Pathophysiology* 2008; 15(1):49-67. (Persian).
2. Lerner DJ, Kannel WB. Patterns of coronary heart disease morbidity and mortality in the sexes: a 26-year follow-up of the Framingham population. *Am Heart J* 1986; 111(2):383-90.
3. Mehdizadeh R. The effect of core stability training on body composition and lipoprotein in menopausal older women. *Iran J Age* 2015; 10(2):156-63. (Persian).
4. Manley AF. *Physical activity and health: a report of the surgeon general*. Collingdale, PA: DIANE Publishing; 1996.
5. Boroumand MA, Rekabi V, Davoodi G, Amirzadegan A, Saadat S, Abbasi SH, et al. Correlation between lipoprotein(a) serum concentration and severity of coronary artery stenosis in an Iranian population according to Gensini score. *Clin Biochem* 2008; 41(3):117-20.
6. Ridker PM, Stampfer MJ, Rifai N. Novel risk factors for systemic atherosclerosis: a comparison of C-reactive protein, fibrinogen, homocysteine, lipoprotein(a), and standard cholesterol screening as predictors of peripheral arterial disease. *JAMA* 2001; 285(19):2481-5.
7. Hosseini M, Banitalebi E, Amirhosseini SE. Effect of 12 weeks of intensive interval and combined training on apolipoprotein A and B, visfatin and insulin resistance in overweight middle-aged women with type 2 diabetes. *Horizon Med Sci* 2016; 22(3):237-45.
8. Boffa MB, Marcovina SM, Koschinsky ML. Lipoprotein(a) as a risk factor for atherosclerosis and thrombosis: Mechanistic insights from animal models. *Clin Biochem* 2004; 37(5):333-43.
9. Frohlich J, Al-Sarraf A. Cardiovascular risk and atherosclerosis prevention. *Cardiovasc Pathol* 2013; 22(1):16-8.
10. Superko HR. Advanced lipoprotein testing and sub fractionation are clinically useful. *Circulation* 2009; 119(17):2383-95.
11. Greene NP, Martin SE, Crouse SF. Acute exercise and training alter blood lipid and lipoprotein profiles differently in overweight and obese men and women. *Obesity* 2012; 20(8):1618-27.
12. Heilbronn LK, Noakes M, Morris AM, Kind KL, Clifton PM. 360His polymorphism of the apolipoprotein A-IV gene and plasma lipid response to energy restricted diets in overweight subjects. *Atherosclerosis* 2000; 150(1):187-92.
13. Khuseynova N, Koenig W. Apolipoprotein A-I and risk for cardiovascular diseases. *Curr Atheroscler Rep* 2006; 8(5):365-73.
14. Haidari M, Moghadam M, Chinicar M, Ahmadi A, Doosti M. Apolipoprotein B as the best predictor of coronary artery disease in Iranian normolipidemic patients. *Clin Biochem* 2001; 34(2):149-55.
15. Sarraf-Zadegan N, Sayed-Tabatabaei FA, Bashardoost N, Maleki A, Totonchi M, Habibi HR, et al. The prevalence of coronary artery disease in an urban population in Isfahan, Iran. *Acta Cardiol* 1999; 54(5):257-63.
16. Strong JP, McGill HC Jr. The natural history of coronary atherosclerosis. *Am J Pathol* 1962; 40:37-49.
17. Atella V, Brady A, Catapano AL, Critchley J, Graham IM, Hobbs FD, et al. Bridging science and health policy in cardiovascular disease: Focus on lipid management. A report from a session held during the 7th international symposium on multiple risk factors in cardiovascular diseases: prevention and intervention--health policy, in Venice, Italy, on 25 October 2008. *Atheroscler Suppl* 2009; 10(1):3-21.
18. Zhang L, Qin LQ, Liu AP, Wang PY. Prevalence of risk factors for cardiovascular disease and their associations with diet and physical activity in suburban Beijing, China. *J Epidemiol* 2010; 20(3):237-43.

19. Raffaelli C, Milanese C, Lanza M, Zamparo P. Water-based training enhances both physical capacities and body composition in healthy young adult women. *Sport Sci Health* 2016; 12(2):195-207.
20. Sporis G, Ruzic L, Nedic A. The effects of aqua aerobic on patients with type II diabetes mellitus. *Hrvat Sports Vijesnik* 2013; 28(1):33-8.
21. Kasprzak Z, Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Effects of regular physical exercises in the water on the metabolic profile of women with abdominal obesity. *J Hum Kinet* 2015; 41(1):71-9.
22. Haghighi AH, Yaghoubi M, Hosseini KS. The effect of eight weeks of aerobic training with green tea on serum lipid profile and fat percent in obese and overweight women. *Med J Mashhad Univ Med Sci* 2013; 56(4):211-8. (Persian).
23. Gaeini A, Veysi M, Sheykh AV, Sourì R. The effect of incremental aerobic training on A & B Apo protein in non-athlete men. *Res Sport Sci* 2011; 4(11):123-31. (Persian).
24. Boussuges A, Gavarry O. Exercise on land or in water? *Int J General Med* 2012; 5:313-6.
25. Wiesner S, Birkenfeld AL, Engeli S, Haufe S, Brechtel L, Wein J, et al. Neurohumoral and metabolic response to exercise in water. *Horm Metab Res* 2010; 42(5):334-9.
26. Kantyka J, Herman D, Roczniok R, Kuba L. Effects of aqua aerobics on body composition, body mass, lipid profile, and blood count in middle-aged sedentary women. *Hum Movement* 2015; 16(1):9-14.
27. Alberti K, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 1998; 15(7):539-53.
28. Leger LA, Lambert J, Martin P. Validity of plastic skinfold caliper measurements. *Hum Biol* 1982; 5(3):667-75.
29. de Castro JA, de Lima TR, Silva DA. Body composition estimation in children and adolescents by bioelectrical impedance analysis: a systematic review. *J Bodywork Movement Ther* 2017; 3(2):10-5.
30. Hagner-Derengowska M, Kaluzny K, Kochanski B, Hagner W, Borkowska A, Czamara A, et al. Effects of Nordic Walking and Pilates exercise programs on blood glucose and lipid profile in overweight and obese postmenopausal women in an experimental, nonrandomized, open-label, prospective controlled trial. *Menopause* 2015; 22(11):1215-23.
31. Rostamian M, Bijeh N. The effect of short-term aerobic exercise and green tea consumption on MFO, Fatmax, body composition and lipid profile in sedentary postmenopausal women. *Int J Appl Exer Physiol* 2017; 6(1):21-31.
32. Zoppini G, Targher G, Zamboni C, Venturi C, Cacciatori V, Moghetti P, et al. Effects of moderate-intensity exercise training on plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction in older patients with type 2 diabetes. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2006; 16(8):543-9.
33. Alam S, Stolinski M, Pentecost C, Boroujerdi MA, Jones RH, Sonksen PH, et al. The effect of a six-month exercise program on very low-density lipoprotein apolipoprotein B secretion in type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab* 2004; 89(2):688-94.
34. Shahrjerdi M, Shavandi A, Golpayegani M, Sheykh Hosseini R. The effect of endurance and resistance trainings on blood glucose, quality of life and mental health in women with diabetes 2. *J Diabetes Metab* 2009; 9(1):35-44. (Persian).
35. Koozehchian MS, Nazem F, Kreider RB, Roberts WJ, Best TM, Rong Y, et al. The role of exercise training on lipoprotein profiles in adolescent males. *Lipids Health Dis* 2014; 13:95.
36. Ketabipour SM, Koushkie JM. Effect of aquatic aerobic training on serum A and B apoproteins and lipoproteins in obese and normal weight menopause women. *Arak Med Univ J* 2014; 17(8):44-52. (Persian).
37. Safari Farsani F, Azamian Jazi A. Effects of aerobic exercise on lipid profile and apoprotein A and B in overweight women. The Sixth National Conference on Physical Education and Sport Sciences Students, Institute of Physical Education and Sport Sciences, Tehran, Iran; 2011. (Persian).

