مجله‌ی غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی شهید بهشتی
دوره‌ی هجدهم، شماره‌ی ۳، صفحه‌های ۲۱۲ ـ ۲۰۵ (مرداد ـ شهریور ۱۳۹۵)

مقاله‌ی پژوهشی

تاثیر فعالیت تناوبی اندام فوقانی و تحتانی بر اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در مردان سالمند

دکتر مینو باسامی[۱]، دکتر خسرو ابراهیم[۲]، بهزاد محمودی[۲]

۱) دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران، ۲) گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، **نشانی مکاتبه‌ی نویسنده‌ی مسئول:** تهران، انتهای اتوبان حکیم ورودی غربی درب ورزشگاه آزادی، روبروی هتل المپیک، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دکتر مینو باسامی؛ e-mail: mbassami@yahoo.co.uk

چکیده

مقدمه: هدف از این تحقیق بررسی تاثیر فعالیت تناوبی اندام فوقانی و تحتانی بر اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در مردان سالمند بود. مواد و روش‌ها: تعداد ۹ مرد سالمند با میانگین سنی ۶۶/۱±۳/۹۱ سال و میانگین نمایه‌ی توده‌ی بدن ۲۵/۹±۲ کیلوگرم بر متر مربع به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. پس از تعیین VO_{2max} برای دو فعالیت اندام فوقانی و تحتانی، داوطلبین در دو جلسه مجزا و به فاصله یک هفته، دو پروتکل فعالیت تناوبی اندام فوقانی و تحتانی را انجام دادند. پروتکل فعالیت تناوبی شامل ۴ وهله ۵ دقیقه‌ای فعالیت، به ترتیب با شدت‌های ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصد VO_{2max} روی دوچرخه‌ی کارسنج دستی و دوچرخه‌ی کارسنج پایی بود و بین وهله‌های فعالیت، ۴ وهله ۲/۵ دقیقه‌ای استراحت فعال به ترتیب با شدت‌های ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد VO_{2max} داشتند. گازهای تنفسی پیش از فعالیت، در ده دقیقه‌ی اول، ده دقیقه‌ی دوم و ده دقیقه‌ی سوم طی فعالیت و طی ۳۰ دقیقه ریکاوری جمع آوری و برای محاسبه اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات استفاده شدند. یافته‌ها: تغییرات اکسیداسیون چربی طی جلسه فعالیت تناوبی با کارسنج پایی به طور معنی‌داری بالاتر از جلسه‌ی کارسنج دستی بود (P<۰/۰۵). تغییرات اکسیداسیون کربوهیدرات طی دو جلسه فعالیت تناوبی با کارسنج پایی و کارسنج دستی تفاوت معنی‌داری داشتند (P=۰/۰۰۹) و میزان آن در جلسه‌ی کارسنج پایی، تنها طی ۳۰ دقیقه ریکاوری متعاقب فعالیت بالاتر از جلسه کارسنج دستی بود. نتیجه‌گیری: با توجه به افزایش بیشتر سوخت چربی و کربوهیدرات طی فعالیت تناوبی اندام تحتانی در افراد سالمند، این نوع فعالیت در مقایسه با فعالیت اندام فوقانی برای سوخت بیشتر چربی بدن این افراد توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: اندام فوقانی، اندام تحتانی، سوخت چربی، سوخت کربوهیدرات، سالمند

دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۱۰ـ دریافت اصلاحیه: ۹۵/۴/۵ ـ پذیرش مقاله: ۹۵/۴/۸

مقدمه

افزایش جمعیت سالمندان[i] که نتیجه‌ای از کاهش زاد و ولد، بهبود وضعیت بهداشت و افزایش امید به زندگی است، ضرورت توجه به مشکلات این قشر را روز افزون کرده است.[۱] فعالیت بدنی ناکافی مسئول تقریبا ۲۰ درصد همه‌ی مرگ و میرهای مرتبط با بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان روده و دیابت شناخته شده است.[۲] افراد سالمند با کاهش توده‌ی عضلانی مواجه هستند که بیشتر به دلیل عدم فعالیت بدنی، بیکاری و بازنشستگی و به طور کل توجه نکردن به فعالیت بدنی اتفاق می‌افتد.[۳] به همین دلیل، فعالیت بدنی اغلب برای افراد سالمند به عنوان وسیله‌ای برای کاهش خطر بیماری‌های قلبی و عروقی، حفظ وزن و افزایش استقلال در انجام فعالیت‌های روزمره توصیه می‌شود.[۴]

i -Elderly

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

یکی از مشکلاتی که با افراد افزایش سن، با آن روبه رو می‌شوند، افزایش چربی شکمی یا چربی احشایی است که مکانیزم آن شامل کاهش HDL و بالا رفتن تری‌گلیسرید است که باعث افزایش حمل اسیدهای چرب به کبد می‌شود. این افزایش اسیدهای چرب کبد، محرکی برای تولید تری‌گلیسرید، گلوکونئوژنز کبدی و کاهش رهاسازی انسولین و در نتیجه، تجمع چربی در ناحیه شکمی است. هم‌چنین افزایش چربی احشایی، باعث افزایش ترشح آپولیپوپروتئین B، افزایش ساخت LDL و کاهش ترشح لیپوپروتئین لیپاز می‌شود که نتیجه‌ی آن حذف تری‌گلیسریدهای کوچک غنی از چربی و در نهایت افزایش تری‌گلیسرید سرم است، اولین قدم در درمان، تغییر شیوه‌ی زندگی به صورت یک رژیم کم کربوهیدرات و چربی همراه با فعالیت بدنی است که باعث افزایش حساسیت به انسولین و افزایش ظرفیت ذخیره‌ی گلیکوژن از طریق افزایش GLUT4 است.[۵] هم‌چنین در افراد سالمند، با وجود افزایش اسید چرب آزاد (NEFA) و غلظت مالونیل کوانزیم A (MCOA)، اکسیداسیون چربی کاهش پیدا می‌کند.[۶-۷] افزایش NEFA در گردش خون، با ایجاد اختلال در عملکرد انسولین، برداشت گلوکز خون توسط عضلات را کاهش می‌دهد که این اختلال در برداشت گلوکز خون را می‌توان دلیلی برای مقاومت به انسولین در عضلات دانست.[۸]

فعالیت بدنی با کاهش غلظت مالونیل کوآنزیم A سبب بهبود اکسیداسیون چربی می‌شود.[۹] فعالیت‌های ورزشی مختلفی وجود دارند که بر اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات تاثیر دارند. یکی از فعالیت‌هایی که در سال‌های اخیر بسیار مورد پژوهش قرار گرفته و بر متابولیسم تاثیر به سزایی دارد فعالیت تناوبی است. فعالیت تناوبی با تحریک هورمون‌های تحریک‌کننده‌ی لیپولیز، یعنی هورمون‌های رشد و کاتکولامین‌ها، و هم‌چنین آنزیم‌های درگیر در این فرایند موجب افزایش لیپولیز در افراد می‌شود.[۱۰،۱۱] نشان داده شده است که در فعالیت‌های بیشینه و زیر بیشینه، در فعالیت اندام فوقانی و تحتانی، اختلافات فیزیولوژیکی وجود دارد.[۱۲] دلیل اصلی اختلافات فیزیولوژیکی این دو نوع فعالیت به حجم توده‌ی عضلانی درگیر در فعالیت نسبت داده شده است.[۱۲] کانگ[i] و همکارانش در بررسی تفاوت سوخت و ساز چربی و و کربوهیدرات در شدت‌های مختلف در اندام تحتانی و فوقانی در دانشجویان مشاهده کردند که اکسیداسیون کربوهیدرات در اندام تحتانی در شدت ۸۰ درصد VO_{2max} بیشتر از کار با شدت ۴۰ درصد است، اما در اندام فوقانی در شدت‌های مختلف تفاوتی در اکسیداسیون کربوهیدرات مشاهده نمی‌شود.[۱۳]

با توجه به این که بسیاری از سالمندان با افزایش سن، به دلیل کم تحرکی، با کاهش توده‌ی عضلانی، افزایش توده‌ی چربی و مختل شدن متابولیسم چربی و کربوهیدرات مواجه می‌شوند و این که قادر به انجام هرگونه فعالیت، به ویژه فعالیت اندام تحتانی به دلیل ترس از افتادن و آسیب‌های استخوانی نیستند، و از آنجایی که فعالیت تناوبی در مقایسه با سایر فعالیت‌ها موثرترین نوع فعالیت در اثرگذاری بر مصرف انرژی، سوخت چربی و کاهش عوامل خطرزا است،[۱۴] این سوال مطرح می‌شود که آیا آن طور که در فعالیت تداومی نشان داده است، در پاسخ به فعالیت تناوبی اندام تحتانی و فوقانی هم اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات متفاوت خواهد بود یا به دلیل ماهیت تناوبی بودن و ریکاوری‌های پس از هر وهله، این پاسخ‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. ما در جستجوی خود به مطالعه‌ای در این زمینه برخورد نکردیم، و به همین منظور تحقیق حاضر طراحی شد تا تاثیر دو پروتکل فعالیت تناوبی با اندام فوقانی و اندام تحتانی بر متابولیسم سوبسترا را در افراد سالمند با هم مقایسه کند.

مواد و روش‌ها

نمونه‌ها

۹ مرد سالمند بین ۶۰ تا ۷۰ سال با میانگین و انحراف معیار ۳/۹۱±۶۶/۱۱ سال به طور داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. شرکت‌کنندگان پیش از شروع مطالعه در هیچ‌گونه فعالیت ورزشی منظمی شرکت نمی‌کردند و از سلامت عمومی برخوردار بودند. در شروع مطالعه، شرکت‌کنندگان پرسش‌نامه‌ی سلامت و سابقه‌ی پزشکی را تکمیل کردند و هم‌چنین با تکمیل رضایت‌نامه شرکت در تحقیق، رضایت کتبی و داوطلبانه خود را برای شرکت در مطالعه اعلام کردند. ویژگی‌های عمومی و جسمانی داوطلبین در جدول ۱ آورده شده‌اند.

i -Kang

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۱- ویژگی‌های عمومی داوطلبین*

قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	درصد چربی	نمایه‌ی توده‌ی بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	حداکثر اکسیژن مصرفی با کارسنج دستی (میلی‌لیتر کیلوگرم/دقیقه)	حداکثراکسیژن مصرفی با دوچرخه ارگومتر (میلی‌لیتر کیلوگرم/دقیقه)
۱۷۱/۷±۳/۴	۷۴±۷/۱۵	۶۶/۱±۳/۹	۲۸/۲±۲/۳	۲۵/۱±۲	۱۸/۲±۳/۶	۲۳/۹±۲/۵

*اعداد به صورت میانگین±انحراف معیار بیان شده‌اند.

طرح تحقیق

طرح تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با آزمون مکرر بود. پس از آشنایی و امضای فرم رضایت نامه، حداکثر اکسیژن مصرفی داوطلبین با دوچرخه کارسنج پایی و کارسنج دستی تعیین شد. بعد از اندازه‌گیری‌های اولیه، آزمودنی‌ها دو جلسه دیگر در آزمایشگاه حضور پیدا کردند. در آن‌ها فعالیت تناوبی را بر روی دوچرخه‌ی کارسنج پایی و کارسنج دستی در دو جلسه‌ی مجزا و با فاصله یک هفته اجرا کردند. از داوطلبین خواسته شد تا ۴۸ ساعت پیش از آزمون هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشته باشند.

تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی

برای تعیین $Vo_{2\ max}$، داوطلبین در دو جلسه‌ی مجزا (فاصله‌ی هر جلسه با جلسه‌ی آتی ۳ روز بود)، راس ساعت ۸ صبح به ترتیب برای تعیین $Vo_{2\ max}$ اندام تحتانی و $Vo_{2\ max}$ اندام فوقانی به آزمایشگاه مراجعه کردند و سپس پس از ۵ دقیقه گرم کردن با مقاومت سبک روی دوچرخه‌ی کارسنج پایی و کارسنج دستی و انجام حرکات کششی، آزمون ورزشی فزاینده را تا واماندگی بر روی دوچرخه کارسنج پایی انجام دادند، به این صورت که با مقاومت ۵۰ وات شروع به رکاب زدن کردند و هر ۲ دقیقه ۲۵ وات به مقاومت تا رسیدن به واماندگی اضافه می‌شد. حین آزمون، Vo_2 و Vco_2 به طور پیوسته از طریق دستگاه تجزیه و تحلیل گاز جمع‌آوری می‌شد. ضربان قلب هم پیوسته توسط نوار دور سینه (Polar) از روش بدون اتصال به دستگاه منتقل می‌شد.[۱۵] آزمون با رسیدن به یکی از ۳ معیار به پایان می‌رسید: ۱- رسیدن Vo_2 به یکنواختی با وجود افزایش مقاومت، ۲- رسیدن نسبت تبادل تنفسی به ۱/۱ یا بیشتر از آن و ۳- ثبت ضربان قلب حداکثر با استفاده از فرمول (سن-۲۲۰).

برنامه فعالیت تناوبی

داوطلبین در حالت ناشتا ساعت ۸ صبح به آزمایشگاه فیزیولوژی مراجعه کردند و پس از ۵ دقیقه گرم کردن، ۳۰ دقیقه فعالیت تناوبی را به شکلی انجام دادند که شامل ۴ مرحله ۵ دقیقه‌ای فعالیت، به ترتیب با شدت‌های ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصد Vo_{2max} بود که بین وهله‌های فعالیت، ۴ وهله‌ی ۲/۵ دقیقه‌ای استراحت فعال به ترتیب با شدت‌های ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد $Vo_{2\ max}$ داشتند. در طول فعالیت داوطلبین به دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی متصل بودند و حجم اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن دفع شده بر حسب لیتر در دقیقه و نسبت تبادل تنفسی (RER) توسط دستگاه ۵ دقیقه قبل از فعالیت (سطوح استراحتی)، سه بار در طول فعالیت در ده دقیقه‌ی اول، ده دقیقه‌ی دوم و ده دقیقه‌ی سوم و هم‌چنین ۳۰ دقیقه ریکاوری پس از فعالیت، جمع‌آوری و برای محاسبه سوخت چربی و کربوهیدرات استفاده شدند. میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات با توجه به فرمول زیر محاسبه شد:[۱۶]

اکسیداسیون کربوهیدرات (g/min) = Vo2 × (RER – ۰/۷۰۷) /۰/۲۹۳×۰/۷۴۶

اکسیداسیون چربی (g/min) = Vo_2×(۱/۰– RER)/۰/۲۹۳×۲/۰۱۹

تحلیل آماری

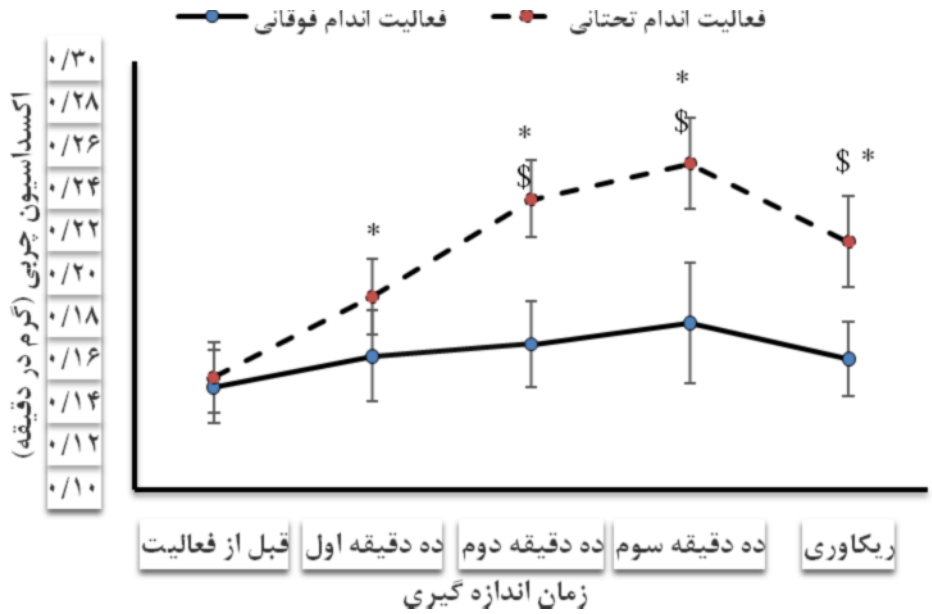
داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۷ تحلیل شدند. طبیعی بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف-اسمیرنف بررسی شد. برای مقایسه‌ی پاسخ اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات به فعالیت تناوبی اندام فوقانی و تحتانی از آزمون تحلیل واریانس مکرر (۲×۳) استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن تفاوت‌ها، برای تعیین محل تفاوت از آزمون تعقیبی بانفرونی استفاده شد. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

یافته‌ها

میانگین‌ها (±انحراف معیار) مربوط به اکسیداسیون چربی در زمان‌های مختلف پیش از فعالیت تناوبی، ده دقیقـــه‌ی اول، دوم و سوم طی فعالیت و ریکاوری متعاقب آن بـــرای جلسه‌ی کارسنـج دستی به ترتیب ۰/۱۴۸±۰/۰۱۶، ۰/۱۶۲±۰/۰۱۸، ۰/۱۶۸±۰/۰۱۸، ۰/۱۷۸±۰/۰۲۱ و ۰/۱۶۱±۰/۰۲۱ گرم در دقیقه و برای جلسه‌ی کارسنج پایی به ترتیب ۰/۱۵۲±۰/۰۱۷، ۰/۱۹۰±۰/۰۲۱، ۰/۲۳۵±۰/۰۲۰، ۰/۲۵۲±۰/۰۲۸ و ۰/۲۱۵±۰/۰۱۷ گرم در دقیقه بود.

نتایج تحلیل واریانس مکرر (۲×۳) نشان داد که تغییرات اکسیداسیون چربی، طی دو جلسه فعالیت تناوبی با کارسنج پایی و کارسنج دستی تفاوت معنی‌داری دارند (P=۰/۰۰۱، $F_{۴,۳۲}$=۴۳). آزمون تعقیبی نشان داد که میزان اکسیداسیون چربی در جلسه‌ی کارسنج پایی به طور معنی‌داری بالاتر از جلسه‌ی کارسنج دستی بود (P<۰/۰۵). مقایسه‌ی داده‌های زمان‌های مختلف طی فعالیت بدنی، صرف‌نظر از اینکه در اندام فوقانی و یا تحتانی بود، نشان داد که در وهله‌های مختلف طی فعالیت تناوبی میزان اکسداسیون چربی افزایش معنـــی‌داری دارد و طی ریکاوری متعـــاقب فعالیت، کاهش می‌یـــابد (P=۰/۰۰۱ , $F_{۴,۳۲}$ =۱۰۷).(نمودار ۱)



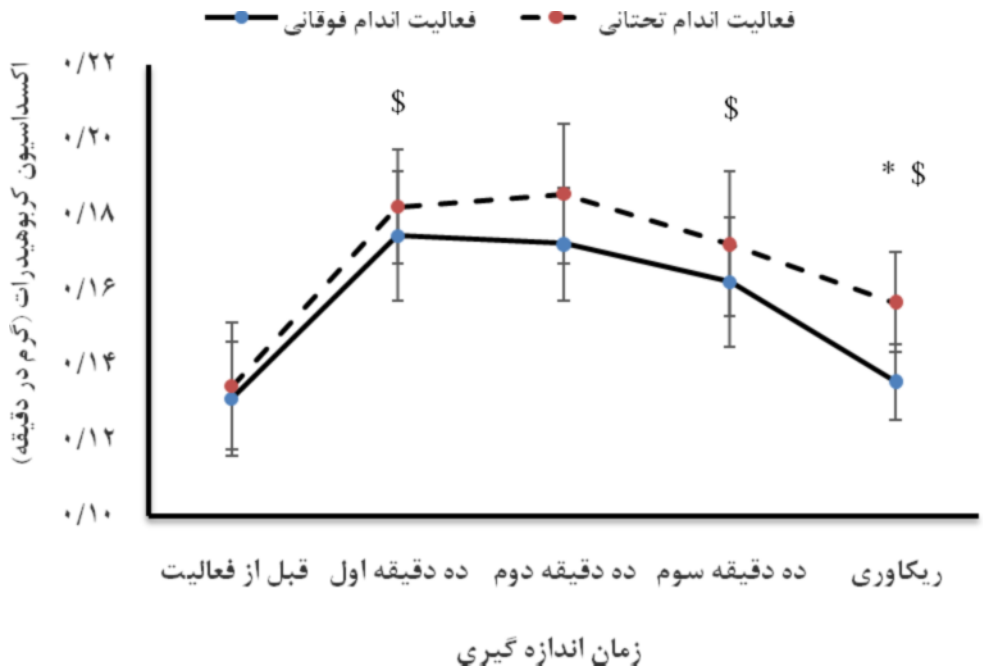
نمودار ۱- اکسیداسیون چربی در زمان‌های مختلف فعالیت با دوچرخه‌ی کارسنج پایی و کارسنج دستی. * نشانگر تفاوت معنی‌دار بین دو جلسه و $ نشان‌دهنده بین زمان‌ها است.

میانگین‌های (±انحراف معیار) مربوط به اکسیداسیون کربوهیدرات در زمان‌های مختلف پیش از فعالیت تناوبی، ده دقیقه اول، دوم و سوم طی فعالیت و ریکاوری متعاقب آن، برای جلسه‌ی کارسنج دستی به ترتیب ۰/۱۳۱±۰/۰۱۷، ۰/۱۷۴±۰/۰۱۵، ۰/۱۷۲±۰/۰۱۸، ۰/۱۶۲±۰/۰۱۹ و ۰/۱۳۶±۰/۰۱۳ گرم در دقیقه و برای جلسه‌ی کارسنج پایی به ترتیب ۰/۱۳۴±۰/۰۱۵، ۰/۱۸۲±۰/۰۱۷، ۰/۱۸۶±۰/۰۱۵، ۰/۱۷۲±۰/۰۱۷ و ۰/۱۵۷±۰/۰۱۰ گرم در دقیقه بود.

نتایج تحلیل واریانس مکرر نشان داد که تغییرات اکسیداسیون کربوهیدرات، طی دو جلسه فعالیت تناوبی با کارسنج پایی و کارسنج دستی تفاوت معنی‌داری دارند ($F_{۴,۳۲}$ =۴/۰۵ , P= ۰/۰۰۹). آزمون تعقیبی نشان داد که میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در جلسه کارسنج پایی تنها در دوره ریکاوری متعاقب فعالیت به طور معنی‌داری بالاتر از جلسه کارسنج دستی بود (P<۰/۰۵). مقایسه‌ی داده‌های زمان‌های مختلف طی فعالیت تناوبی، صرف‌نظر از فوقانی یا

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

تحتانی بودن آن، نشان داد که در دو ده دقیقه اول طی فعالیت تناوبی، میزان اکسیداسیون کربوهیدرات افزایش معنی‌داری دارد، در حالی که طی ده دقیقه آخر فعالیت تناوبی و ریکاوری متعاقب آن کاهش می‌یابد ($P=۰/۰۰۱$، $F_{۴,۳۲}=۵۹$). (نمودار ۲)



نمودار ۲- اکسیداسیون کربوهیدرات در زمان‌های مختلف فعالیت با دوچرخه کارسنج پایی و کارسنج دستی* نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو جلسه و $ نشان‌دهنده تفاوت بین زمان‌ها می‌باشد.

بحث

یکی از یافته‌های مهم این تحقیق این بود که متابولیسم چربی و کربوهیدرات طی فعالیت اندام فوقانی و تحتانی تحت تاثیر فعالیت تناوبی قرار می‌گیرد و نسبت به حالت استراحت دارای افزایش است که این مقدار افزایش برای اکسیداسیون چربی در فعالیت تناوبی اندام فوقانی (کارسنج دستی) ۱۴/۵ درصد و در فعالیت تناوبی اندام تحتانی (کارسنج پایی) ۴۰ درصد و برای اکسیداسیون کربوهیدرات این مقدار افزایش در فعالیت تناوبی اندام فوقانی ۱ درصد و در فعالیت تناوبی اندام تحتانی ۱۶ درصد بود.

در فعالیت تناوبی اندام تحتانی، میانگین‌های مربوط به اکسیداسیون چربی از دقیقه‌ی اول تا دقیقه‌ی ۳۰ به صورت تدریجی افزایش یافت که حداکثر آن در دقیقه ۳۰ رخ داد و در دوره ریکاوری کاهش چشمگیری داشت. در فعالیت تناوبی اندام فوقانی، میانگین‌های مربوط به اکسیداسیون چربی از دقیقه‌ی اول تا دقیقه‌ی ۳۰، همانند اندام تحتانی، دارای روند افزایشی بود، با این تفاوت که این افزایش خیلی کمتر از فعالیت تناوبی اندام تحتانی بود و پس از پایان فعالیت در دوره ریکاوری کاهش پیدا کرد. احتمال می‌رود یکی از دلایل این افزایش تدریجی اکسیداسیون چربی، کاهش ذخایر گلیکوژن عضله و افزایش ترشح هورمون رشد (GH) باشد که یکی از محرک‌های اصلی لیپولیز به شمار می‌رود. هم‌چنین به دلیل درگیر بودن گروه عضلات بزرگتر و اکسیژن مصرفی بیشتر، اکسیداسیون چربی در فعالیت تناوبی اندام تحتانی بیشتر از اندام فوقانی بود.[۱۷] ارومبسی[i] و همکارانش نشان دادند که لیپولیز، پس از فعالیت مقاومتی تناوبی در افراد تمرین کرده، ۷۵ درصد افزایش پیدا می‌کند[۱۸] که همسو با تحقیق حاضر است. هم‌چنین نشان داده شده است که فعالیت مقاومتی تناوبی با فاصله استراحتی کوتاه و شدت متوسط (۵۰ درصد حداکثر قدرت) سبب افزایش فعالیت تری اسیل گلیسرول لیپاز[۱] می‌شود و تحریک‌کننده‌ی قوی هورمون رشد و کاتکولامین است،[۱۹] و این هورمون‌ها تحریک کننده اصلی لیپولیز هستند.[۲۰،۲۱] فرايد[ii] و همکارانش نشان

i -Ormsbee
ii -Fried

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

دادند که در طی فعالیت استقامتی، غلظت هورمون رشد، اپی نفرین و نور اپی نفرین، نسبت به جلسه کنترل، افزایش معنی-داری داشت. هم‌چنین غلظت انسولین (مهارکننده لیپولیز) نسبت به جلسه کنترل طی فعالیت استقامتی کاهش معنی‌داری داشت.[۲۲] بنابراین با کاهش غلظت انسولین، میزان غلظت cAMP افزایش و متعاقب آن پروتئین کیناز A فعال می‌شود که این پروتئین سبب افزایش فعالیت HSL، و در نتیجه افزایش تجزیه‌ی چربی و افزایش سوخت چربی می‌شود.[۲۳،۲۴] بنابراین بر اساس پیشینه، احتمال می‌رود یکی از دلایل اصلی افزایش سوخت چربی طی فعالیت استقامتی، افزایش هورمون رشد باشد. هم‌چنین کاهش انسولین و افزایش کاتکولامین‌ها، می‌توانند از دلایل دیگر افزایش لیپولیز و سوخت چربی طی این نوع فعالیت‌ها باشد. باسامی[i] و همکارانش نشان دادند که اکسیداسیون چربی در سالمندان، با افزایش شدت ورزش کاهش می‌یابد و بیان کردند که تحریک بیشتر مسیر گلیکوژنولیز و جذب گلوکز در عضله و هم‌چنین مهار ورود زنجیره اسیدهای چرب به داخل میتوکندری و کاهش کارنیتین در دسترس به دلیل افزایش فرآورده‌های گلیکولیتیک و کاهش pH، توضیح احتمالی دیگری برای کاهش اکسیداسیون چربی در ورزش با شدت بالا است.[۲۵] اما در تحقیق حاضر، در شدت‌های ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی که شدت متوسط است و متعاقب آن ریکاوری فعال با شدت‌های پایین، افزایش ۴۰ درصدی سوخت چربی مشاهده شد.

در فعالیت تناوبی اندام تحتانی، میانگین‌های مربوط به اکسیداسیون کربوهیدرات از دقیقه‌ی اول تا دقیقه‌ی دهم افزایش یافت و از دقیقه‌ی ۱۰ تا دقیقه‌ی ۳۰ میزان اکسیداسیون به طور تدریجی کاهش پیدا کرد و در ۳۰ دقیقه ریکاوری با سرعت بیشتری کاهش یافت. در فعالیت تناوبی اندام فوقانی اکسیداسیون کربوهیدرات، همانند اندام تحتانی، طی ده دقیقه‌ی اول افزایش یافته و از دقیقه‌ی ۱۰ تا دقیقه‌ی ۳۰، میزان اکسیداسیون کربوهیدرات به طور تدریجی کاهش پیدا کرد و در ۳۰ دقیقه‌ی ریکاوری با سرعت بیشتری این کاهش ادامه پیدا کرد. علت افزایش اولیه‌ی اکسیداسیون کربوهیدرات، احتمالاً کسر اکسیژن در ابتدای فعالیت است، چرا که جذب اکسیژن در ابتدای فعالیت به سرعت به میزان یکنواختی مورد نیاز نمی‌رسد و در فعالیت با شدت متوسط حدود ۳ دقیقه زمان صرف می‌شود تا به حالت یکنواختی برسد. از وهله‌ی دوم به بعد، میزان اکسیژن مصرفی بیشتر شده و به حالت یکنواختی می‌رسد؛ بنابراین میزان اکسیداسیون چربی افزایش و اکسیداسیون کربوهیدرات کاهش پیدا می‌کند و با روندی مشابه ادامه می‌یابد.[۲۶]

در تحقیق کانگ و همکارانش هنگام فعالیت اندام تحتانی، اکسیداسیون کربوهیدرات در سرعت ۸۰ پدال در دقیقه بیشتر از سرعت ۴۰ پدال در دقیقه، بود ولی تفاوتی در اکسیداسیون چربی در دو سرعت پدال مشاهده نشد[۱۳] که همسو با تحقیق حاضر است. از آنجایی که در فعالیت روی دوچرخه‌ی کارسنج پایی، توده عضلات بیشتری نسبت به دوچرخه‌ی کارسنج دستی درگیر می‌شوند، لذا مقادیر Vo_{2max}هنگام فعالیت روی دوچرخه‌ی کارسنج پایی نسبت به کارسنج دستی بیشتر است، ولی اکسیژن مصرفی هنگام فعالیت با دست در مقایسه با پا بالاتر است. این تفاوت، در جریان فعالیت سبک کم می‌شود، ولی با بالارفتن شدت کار، افزایش می‌یابد که ناشی از انقباض‌های عضلانی در این قبیل فعالیت‌ها است.[۱۳] مطالعات پیشین بیان می‌کنند زمانی که فعالیت روی دوچرخه‌ی کارسنج پایی و کارسنج دستی انجام می‌شود، اکسیداسیون چربی طی فعالیت اندام فوقانی کمتر از فعالیت تحتانی است.[۲۹-۲۷] در مطالعه حاضر، زمانی که اکسیداسیون چربی، بین دو جلسه فعالیت تناوبی اندام فوقانی و تحتانی بررسی شد، اکسیداسیون چربی در فعالیت اندام تحتانی بیشتر از فعالیت اندام فوقانی بود. آلبرگ[ii] و همکارانش، علت پایین‌تر بودن اکسیداسیون چربی طی فعالیت اندام فوقانی را تولید بیشتر لاکتات به دلیل تحریک بیشتر گلیکوژنولیز بیان کردند.[۲۷] تولید بیشتر لاکتات می‌تواند به دلیل وضعیت تمرینی عضلات و ترکیب تارهای عضلات فعال طی فعالیت اندام فوقانی و تحتانی باشد.[۲۷] در سایر مطالعات نیز، میزان لاکتات به طور قابل توجهی در فعالیت اندام فوقانی بیشتر از فعالیت اندام تحتانی بود. مساله‌ی مهم در مقایسه‌ی فعالیت اندام فوقانی و تحتانی، وضعیت تمرینی اندام‌ها است.[۳۰] زمانی که عضلات دست کمتر از عضلات پا تمرین کرده باشند، انتظار می‌رود که ظرفیت آنزیم‌های اکسیداتیو کمتری داشته باشند.[۲۷] در بسیاری از مطالعات، حداکثر اکسیژن مصرفی طی فعالیت اندام فوقانی ۳۰ تا ۵۰ درصد کمتر از فعالیت اندام تحتانی است و این تا حدودی به

i -Bassami

ii -Ahlborg

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

دلیل حجم کمتر عضلات دست در مقایسه با پا است،[۳۰] هم‌چنین عضلات دست در مقایسه با عضلات پا درصد تارهای گلیکولیتیک بیشتری دارند.[۳۱] تفاوت اکسیژن خون سرخرگی و سیاهرگی در فعالیت اندام فوقانی کمتر از فعالیت اندام تحتانی است که نشان‌دهنده استفاده‌ی کمتر از اکسیژن طی فعالیت بالاتنه است که خود می‌تواند به دلیل چگالی مویرگی کمتر، به کارگیری تارهای تند انقباض و کارآمد بودن کمتر تنظیم جریان خون موضعی است.[۲۷،۳۱] هم‌چنین، از آنجایی که چگالی مویرگی در عضلات بالاتنه کمتر از عضلات پایین تنه می‌باشد، می‌تواند عامل محدودکننده‌ای برای اکسیداسیون اسیدهای چرب طی فعالیت اندام فوقانی باشد.[۲۷،۳۱،۳۲] نچتل[i] و همکارانش نشان دادند که توده‌ی عضلانی محدود، طی فعالیت بالاتنه روی سوخت مواد تاثیر می‌گذارد. زمانی که سوخت مواد، طی ورزش دست و پا در افراد سالم مقایسه شد، دیده شد که عضلات کوچکتر دست در مقایسه با پا کمتر به استفاده از چربی وابسته هستند[۳۳] که با تحقیق حاضر همخوانی دارد. آرا[ii] و همکارانش مشاهده کردند که در گروهی که در گذشته چاق بودند با یک ترکیب بدنی ثابت، در مقایسه با گروه شاهد با ترکیب بدنی مشابه، ظرفیت افزایش یافته برای اکسیداسیون چربی طی فعالیت اندام تحتانی حفظ شد، اما در مورد فعالیت اندام فوقانی این گونه نبود.[۳۴] در مطالعه‌ی حاضر نیز اکسیداسیون چربی طی فعالیت تناوبی اندام فوقانی کمتر از فعالیت تناوبی اندام تحتانی بود و احتمالاً تولید لاکتات در فعالیت تناوبی اندام فوقانی بیشتر است که باعث مهار لیپولیز و جابه‌جایی اسیدهای چرب آزاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

از یافته‌های این مطالعه نتیجه‌گیری می‌شود که اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در هر دو فعالیت تناوبی اندام فوقانی و فعالیت تناوبی اندام تحتانی در سالمندان افزایش می‌یابد که این افزایش در فعالیت اندام تحتانی بیشتر از فعالیت اندام فوقانی است. بنابراین، برای افزایش سوخت چربی در افراد سالمند اجرای فعالیت اندام تحتانی در مقایسه با فعالیت اندام فوقانی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری: بدین وسیله از تمامی داوطلبین که در این مطالعه شرکت کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

i-Knechtle
ii-Ara

References

1. Kamrani Ahmed Ali. Characteristics of falls in elderly nursing home residents. Journal of the elderly. Welfare and Rehabilitation Sciences University of Oregon 1385; 2: 102-105.
2. Khalid, A. The effect of exercise on physiological and functional capability of the elderly. And longevity. The publication Move 2000; 5: 87-107.
3. Ara I, Larsen S, Stallknecht B, Guerra B, Morales-Alamo D, Andersen JL, et al. Normal mitochondrial functions and increased fat oxidation capacity in leg and arm muscles in obese. Int J Obes (lond) 2011; 35: 99-108.
4. Kruger J, Carlson SA, Buchner D. How active are older Americans? Prev Chronic Dis 2007; 4: A53.
5. Bechtold M, Palmer J, Valtos J, Iasiello C, Sowers J. Metabolic Syndrome in the Elderly. Curr Diab Rep 2006; 6: 64-71.
6. Ritov VB, Menshikova EV, He J, Ferrell RE, Goodpaster BH. Kelley DE. Deficiency of subsarcolemmal mitochondria in obesity and type 2 diabetes. Diabetes 2005, 54: 8-14.
7. Bandyopadhyay GK, Yu JG, Ofrecio J, Olefsky JM. Increased malonyl-CoA levels in muscle from obese and type 2 diabetic subjects lead to decreased fatty acid oxidation and increased lipogenesis; thiazolidinedione treatment reverses these defects. Diabetes 2006; 55: 2277-85.
8. Bonen A, Dohm GL, van Loon LJ. Lipid metabolism, exercise and insulin action. Essays in Biochem 2006; 42: 47-59.
9. Brandou F, Dumortier M, Garandeau P, Mercier J, Brun JF. Effects of a two-month rehabilitation program on substrate utilization during exercise in obese adolescents. Diabetes Metab 2003; 29: 20-7.
10. Gravholt CH, Schmitz O, Simonsen L, Bulow J, Christiansen JS, Moller N. Effects of a physiological GH pulse on interstitial glycerol in abdominal and femoral adipose tissue. Am J Physiol 1999; 277: E848-54.
11. Quisth V, Enoksson S, Blaak E, Hagstrom-Toft E, Arner P, Bolinder J. Major differences in noradrenaline action lipolysis and blood flow rates in skeletal muscle and adipose tissue in vivo Diabetologia 2005; 48: 946-53.
12. Ara I, Larsen S, Stallknecht B, Guerra B, Morales-Alamo JL. Normal mitochondrial function and increased fat oxidation capacity in leg and arm muscles in obese Int J Obes (lond) 2011; 35: 99-108.
13. Kang J, Hoffman J R, Wendell M, Walker H, Hebert M. Effect of contraction frequency on energy expenditure and substrate utilisation during upper and lower body exercise. Br J Sports Med 2004; 38: 31-5.
14. Monteiro AG, Alveno DA, Prado M, Monteiro GA, Ugrinowitsch C, Aoki MS, et al. Acute physiological responses to different circuit training protocols. J Sports Med Phys Fitness 2008; 48: 438-42.
15. Bakhtiar RIS B, Hajizadeh B, AsgharAbbasi. Cardiovascular and metabolic responses duringin elemental exercise on fatigue and its relation within ending creasing exercise feet karate young professionals. Life Science Sports Winter 2008; 3: 57-76.
16. Alan Robert Smith. A six week modified sprint interval training program incorporating extended exercise bouts

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

dose not invariance maximal cardiac output. Electronic Thesis and Dissertation Repository 2013 Paper 1707.
17. Koonen DP, Glatz JF, Bonen A, Luiken JJ. Long-chain fatty acid uptake and FAT/CD36 translocation in heart and skeletal muscle. Biochimi Biophys Acta 2005; 1736: 163-80.
18. López-Bermejo A, Chico-Julià B, Fernàndez-Balsells M, Recasens M, Esteve E, Casamitjana R, et al. Serum visfatin increases with progressive -cell deterioration. Diabetes 2006; 55: 2871-5.
19. Saga T, Okita K, Takada S, Omokawa M, Kadoguchi T, Yokota T, et al. Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. Eur J Appl Physiol 2012; 112: 3915–20.
20. Ormsbee MJ, Thyfault JP, Johnson EA, Kraus RM, Choi MD, Hickner RC. Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. J Appl Physiol 2007: 102, 1767-72.
21. Hatzinikolaou CA, Fatouros I, Petridou A, Jamurtas A, Avloniti A, Douroudos I, et al. Adipose tissue lipolysis is unregulated in lean and obese men during acute resistance exercise. Diabetes Carev 2008; 31: 1397-9.
22. Fried SK, Russell CD, Grauso NL, Brolin RE. Lipoprotein lipase Regulation by Insulin and Glucocorticoid in Subcutaneous and mental Adipose Tissue of Obese Women and Men. J Clin Invest 1993; 92: 2191-8.
23. Davis MA, Williams PE, Chrrington AD. Effect of glucagon on hepatic lactate metabolism in the conscious dog. Am J Physiol 1985; 248: E463-70.
24. Taskinen MR, Nikkila EA. Lipoprotein lipase of adipose tissue and skeletal muscle in human obesity. Response to glucose and to semi starvation. Metabolism 1981; 30: 810-7.
25. Bassami M, Ahmadizad S, Doran D, Maclaren DP. Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained an untrained older males. Eur J Appl Physiol 2007; 101: 525-32.
26. Hughson RL. Alterations in the oxygen deficit-oxygen debt relationships with beta-adrenergic receptor blockade in man. J Physiol 1984; 349: 375-87.
27. Ahlborg G, Jensen-Urstad M. Metabolism in exercising arm vs. leg muscle. Clin Physiol 1991; 11: 459-68.
28. Helge JW, Damsgaard R, Overgaard K, Andersen JL, Donsmark M, Dyrskohg SE, et al. Low-intensity training dissociates metabolic from aerobic fitness. Scand J Med Sci Sports 2008; 18: 86-94.
29. Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, Angelucci J. Physiological responses to upper body exercise on an arm and a modified leg ergometer. Med Sci Sports Exerc 1999; 31: 1453-9.
30. Helge JW. Arm and leg substrate utilization and muscle adaptation after prolonged low-intensity training. Acta-physiologica, 2010; 199: 519-28.
31. Pendergast DR. Cardiovascular, respiratory, and metabolic responses to upper body exercise. Medicine and science in sports and exercise 1989; 21(5 Suppl): S121-5.
32. Phillips V. Effects of Exercise Training Modalities on Fat Oxidation in Overweight and Obese Women (Doctoral dissertation, University of Otago). 2009.
33. Knechtle, B, Müller G, Knecht H. Optimal exercise intensities for fat metabolism in hand bike cycling and cycling. Spinal cord 2004; 42: 564-72.
34. Ara I, Larsen S, Stallknecht B, Guerra B, Morales-Alamo D, Andersen JL, et al. Normal mitochondrial function and increased fat oxidation capacity in leg and arm muscles in obese humans. Int J Obes (Lond) 2011; 35: 99-108.

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

Original Article

The Effect of Interval Exercise Upper and Lower Limb Activity on Fat and Carbohydrate

Bassami M[1], Ebrahim KH[2], Mahmodi B[2]

[1]Faculty of sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, [2]Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, I.R. Iran

e-mail: mbassami@yahoo.co.uk

Received: 30/01/2016 **Accepted**: 28/06/2016

Abstract

Introduction: The aim of this study was to investigate the effects of upper and lower body activities on fat and carbohydrate oxidation in the elderly. Materials and Methods: Nine elderly men (age, 66.1±3.91y; body mass index, 25.09±2 kg/m²) participated voluntarily in this study. After determining the upper and lower body VO2max, subjects performed two interval exercise trials with one week interval. Interval exercise included 4 stages of 5-min activity respectively, at an intensity of 55, 60, 65, and 70% VO2max on hand ergometer and bicycle ergometer. Each stage was followed by 2.5 min of activity performed at 25, 30, 35, and 40% VO2max. Respiratory gases were collected before exercise at the 1st 10-min, 2nd 10-min, 3rd 10-min and 30-min recovery and used to calculate fat and carbohydrate oxidation. Results: Changes in fat oxidation during interval exercise with cycle ergometer was significantly (P<0.05) higher than arm-cranking. However, changes in carbohydrate oxidation during interval exercise with cycle ergometer and arm-cranking were significantly (P=0.009) different. Post-hoc analysis showed that carbohydrate oxidation during 30-min recovery was higher in the cycle ergometer trial than arm-cranking. Conclusion: Based on findings, there is more increase in fat and carbohydrate oxidation during lower body interval exercise in elderly individuals, compared to upper body exercise, and this type of exercise is recommended for better fat oxidation.

Keywords: Upper extremities, Lower extremities, Fat oxidation, Carbohydrate oxidation, Elderly

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]