Sport and Biomotor Sciences
ورزش و علوم زیست حرکتی

مقایسه حداکثر اکسیداسیون چربی و Fat_{max} بین مردان سالمند فعال و غیرفعال

مهرداد فتحی[1]*، بهنام روزبه [2]، مهدی سیفی رضوانی [3]

۱- دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دکتری بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور مشهد، مشهد، ایران

* نشانی نویسنده مسئول: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

Email: Mfathei@um.ac.ir

وصول: ۱۳۹۷/۶/۱۲ **اصلاح:**۱۳۹۷/۱۰/۰۵ **پذیرش:** ۱۳۹۷/۱۲/۲۶

چکیده

مقدمه و هدف: هدف از این پژوهش، مقایسه حداکثر اکسیداسیون چربی و شدتی از فعالیت ورزشی که حداکثر اکسیداسیون چربی در آن رخ می‌دهد(Fat_{max})، بین مردان سالمند فعال و غیرفعال بود.

روش‌شناسی: ۱۰ مرد سالمند سالم که فعالیت ورزشی منظم داشتند (حداقل ۱۰ سال گذشته، حداکثر اکسیژن مصرفی ۴/۵۲±۴۴/۶۴ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) و ۱۰ مرد سالمند سالم که فعالیت ورزشی منظم نداشتند (حداقل ۱۰ سال گذشته، حداکثر اکسیژن مصرفی ۳/۲۵±۳۰/۹۲ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)، به‌عنوان آزمودنی این پژوهش انتخاب شدند، سپس آزمودنی‌ها ساعت هشت تا ۱۰صبح در حالت ناشتا، آزمون فعالیت ورزشی فزاینده شامل؛ فعالیت با مراحل سه‌دقیقه‌ای را روی نوارگردان تا مرحله خستگی انجام دادند. مقدار حداکثر اکسیداسیون چربی و Fat_{max} از طریق کالری‌سنجی غیرمستقیم با استفاده از دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی و با کمک معادلات عنصرسنجی محاسبه شد. به‌منظور مقایسه متغیرها، آزمون آماری تی مستقل در سطح $p<0.05$، استفاده شد.

یافته‌ها: میزان اکسیداسیون چربی در دامنه‌ای از شدت‌ها، حداکثر اکسیداسیون چربی و Fat_{max} در افراد سالمند فعال به‌طور معنی‌داری بیشتر از غیرفعال، بود ($p<0.05$). اما، میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در دامنه‌ای از شدت‌ها به‌طور معنی‌داری در افراد سالمند فعال نسبت به غیرفعال، کمتر بود ($p<0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، مشخص شد که وضعیت آمادگی جسمانی بهتر در افراد سالمند فعال، با میزان اکسیداسیون چربی بیشتر و اکسیداسیون کربوهیدرات کمتر، همراه است. به‌علاوه در افراد سالمند میزان حداکثر اکسیداسیون چربی و Fat_{max} کاهش می‌یابد، اما با تمرین ورزشی منظم می‌توان تا حدی از این کاهش جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: حداکثر اکسیداسیون چربی، Fat_{max} ، وضعیت آمادگی جسمانی، مردان سالمند.

مقدمه

افزایش سن با تغییرات در ترکیب بدن همراه است که شامل کاهش توده خالص بدن و افزایش چربی بدن می‌باشد. این تغییر در ترکیب بدن به‌عنوان یک عامل خطرزا برای بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت در نظر گرفته می‌شود(۱). مطالعات نشان دادند که با افزایش سن، تجمع چربی در بخش مرکزی و فوقانی بدن افزایش می‌یابد که از دلایل آن می‌توان کاهش متابولیسم پایه و سطح فعالیت بدنی را نام برد(۲). این افزایش در توده چربی در افراد سالمند می‌تواند نتیجه عدم تعادل بین دریافت چربی و استفاده از چربی به‌عنوان سوبسترا

باشد(۳). تغییر در استفاده از چربی به‌عنوان سوبسترا که باعث افزایش سطوح چربی بدن در افراد سالمند می‌شود ممکن است تا حدی به دلیل کاهش در انتقال و اکسیداسیون چربی باشد(٤). هم‌چنین مشخص شده، اکسیداسیون چربی در افراد سالمند در مقایسه با افراد جوان در شرایط بعد از صرف غذا، استراحت و در طی فعالیت ورزشی با شدت متوسط، کمتر است(۳،۵). برای مثال سیال و همکاران[1](٦) نشان دادند که در طی ٦۰ دقیقه فعالیت ورزشی زیربیشینه با شدت ۵۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max})، میزان ظهور اسیدهای چرب آزاد در خون و هم‌چنین اکسیداسیون چربی در افراد سالمند نسبت به افراد جوان، کمتر و اکسیداسیون کربوهیدرات بیشتر است. هاگبرگ و همکاران[2](۷) نشان دادند که مردان تمرین‌کرده جوان، میزان اکسیداسیون چربی و انرژی مصرفی بیشتری و غلظت اسیدهای چرب پلاسمای کمتری در پاسخ به ٦۰ دقیقه فعالیت ورزشی با شدت ۷۰ درصد VO_{2max} در مقایسه با مردان سالمند تمرین‌کرده دارند. واضح است که این موضوع به دلیل VO_{2max} بیشتر آزمودنی‌های تمرین‌کرده جوان در مقایسه با سالمند بوده است.

از طرفی نتایج نشان دادند که فعالیت بدنی منظم، از تغییرات متابولیسم مرتبط با افزایش سن جلوگیری می‌کند(۳). مشخص شده است که تمرینات ورزشی می‌تواند اکسیداسیون چربی در عضله اسکلتی را در شرایط استراحت و فعالیت ورزشی افزایش دهد و درنتیجه باعث کاهش توده چربی بدن و چاقی شود که به تبع آن میزان بیماری‌های مرتبط با آن کاهش می‌یابد(۸-۱۱). در یک تحقیق که افراد سالمند با افراد جوان مقایسه شده بودند، نقص در اکسیداسیون چربی در طی فعالیت ورزشی، بعد از ١٦ هفته تمرین استقامتی از بین رفت(۸). فرارا و همکارانش[3](۸) نشان دادند که در مقایسه با افراد جوان، اکسیداسیون چربی در استراحت به‌طور معنی‌داری در افراد سالمند غیرفعال پایین‌تر است، اما در افراد سالمند تمرین‌کرده تفاوتی مشاهده نکردند. درنهایت، تمرین استقامتی به‌عنوان یک محرک برای اکسیداسیون چربی در استراحت و فعالیت ورزشی در افراد سالمند پیشنهاد شده است(۹).

کربوهیدرات و چربی دو منبع اصلی سوخت بدن در هنگام استراحت و فعالیت ورزشی هستند. دو عامل تعیین‌کننده مهم در اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات، شدت و مدت فعالیت ورزشی هستند. چندین مطالعه رابطه بین شدت فعالیت ورزشی و اکسیداسیون چربی را در افراد جوان توصیف کرده‌اند، به این صورت که میزان اکسیداسیون چربی از شدت کم تا متوسط افزایش و وقتی‌که شدت بیشتر می‌شود، کاهش می‌یابد(١٤-١٢). اگرچه، وقتی‌که فعالیت ورزشی برای دوره طولانی ادامه می‌یابد، سهم چربی به‌عنوان منبع انرژی نیز افزایش می‌یابد(۱۵)؛ اما با افزایش شدت فعالیت ورزشی، میزان اکسیداسیون کربوهیدرات افزایش می‌یابد. بااین‌حال، درباره رابطه بین شدت فعالیت ورزشی و میزان اکسیداسیون سوبسترا در افراد سالمند فعال و غیرفعال، اطلاعات کمی دردسترس می‌باشد و اکثر تحقیقات فقط در سه یا چهار شدت مجزا، این رابطه را بررسی کرده‌اند. از یک نظر، تمرکز مطالعه حاضر بر این رابطه می‌باشد. بیشترین میزان چربی که فرد در طی فعالیت بدنی جهت تولید انرژی مصرف می‌کند را حداکثر اکسیداسیون چربی[4](MFO) و شدتی از فعالیت که بیشترین میزان اکسیداسیون چربی در آن شدت رخ می‌دهد را Fat_{max}[5] می‌نامند(۱۲،۱٦). در تحقیقات پیشین اثر متغیرهای مختلف بر MFO و Fat_{max} بررسی شده است، اما اثر افزایش سن که با کاهش اکسیداسیون چربی همراه است، موضوعی است که کمتر موردتوجه قرار گرفته است.

وضعیت آمادگی جسمانی افراد، درجایی که افراد تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده جوان در سطوح متفاوتی از شدت فعالیت ورزشی به اوج اکسیداسیون چربی می‌رسند، عامل مهم دیگری است، به این معنی که اوج اکسیداسیون چربی در افراد تمرین‌کرده استقامتی در شدت‌های بالاتر فعالیت ورزشی روی می‌دهد. به‌علاوه، نتایج مطالعات گذشته در مورد اثر وضعیت آمادگی جسمانی بر MFO و Fat_{max}، ضدونقیض بوده است. به‌طوری‌که آچتن و همکاران[6](۱۳) تفاوت معنی‌داری در Fat_{max} افراد با VO_{2max} بالا و پایین مشاهده نکردند. استیسن و همکاران[7](۱۷) نیز تفاوتی بین افراد تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده در میزان MFO و Fat_{max} را گزارش نکردند؛ اما نوردبی و همکاران[8](۱۸) نشان دادند که MFO و Fat_{max} در افراد تمرین‌کرده نسبت به تمرین‌نکرده بیشتر است. لیما و

1. Sial et al
2. Hagberg et al
3. Ferrara et al
4. Maximal Fat Oxidation
5. Fat Maximal (Fatmax)
6. Achten et al
7. Stisen et al
8. Nordby et al

همکاران[1] (۱۹) دریافتند، Fat_{max} در افرادی که VO_{2max} بیشتری دارند، بالاتر است. لذا این فرض شکل گرفت که فعالیت ورزشی منظم با افزایش ظرفیت اکسیداتیو از طریق افزایش تعداد و اندازه میتوکندری، افزایش آنزیم‌های درگیر در اکسیداسیون چربی و افزایش چگالی مویرگی می‌تواند از کاهش میزان اکسیداسیون چربی در افراد سالمند فعال جلوگیری کند. هم‌چنین در مطالعات پیشین که افراد نوجوان و جوان را مقایسه کرده بودند، مشخص شد که با افزایش سن و بلوغ میزان MFO و Fat_{max} کاهش می‌یابد، اما میزان MFO و Fat_{max} در افراد سالمند بررسی نشده است. این موضوع ممکن است به افراد سالمندی که می‌خواهند به‌منظور کاهش چربی بدن فعالیت ورزشی داشته باشند، کمک کند. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، تعیین و مقایسه میزان اکسیداسیون سوبسترا، MFO و Fat_{max} در مردان سالمند فعال و غیرفعال می‌باشد.

روش‌شناسی

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی است. ۱۰ مرد سالمند فعال (حداقل ۱۰ سال گذشته) که در هفته حداقل پنج ساعت فعالیت ورزشی منظم شامل دویدن یا دوچرخه‌سواری داشتند و ۱۰ مرد سالمند غیرفعال (حداقل ۱۰ سال گذشته) که فعالیت بدنی منظمی نداشتند، به‌صورت هدفمند غیرتصادفی به‌عنوان نمونه آماری این پژوهش انتخاب شدند. ویژگی‌های جسمی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های جسمی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

متغیرها		میانگین±انحراف معیار
سن	فعال	۵۹/۳±۶۰/۶۲
(سال)	غیرفعال	۶۰/٤±۶/۱۳
قد	فعال	۱۷۷/۷±۱٤/۳۵
(سانتی‌متر)	غیرفعال	۱۶۹/۹±۵۰/۲٤
وزن	فعال	۶۸/۵±۳۱/۷۲
(کیلوگرم)	غیرفعال	۷۷/٤±۶۸/٤۲
شاخص توده بدن	فعال	۲٤/۱±۱۵/۹۱
(کیلوگرم بر مترمربع)	غیرفعال	۲۸/۲±۵۳/۰۰
چربی بدن	فعال	۱۷/۱±۱۱/٤۷
(درصد)	غیرفعال	۲٤/۲±۱۸/۶۰
حداکثر اکسیژن مصرفی	فعال	٤٤/٤±۶٤/۵۲
(میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه)	غیرفعال	۳۰/۳±۹۲/۲۵

با توجه به این‌که میزان VO_{2max} همراه با فعالیت‌های استقامتی افزایش می‌یابد و افراد سالمند تمایل بیشتری به انجام این نوع فعالیت‌های ورزشی دارند، درنتیجه افراد سالمندی که فعالیت‌های استقامتی انجام می‌دادند، به‌عنوان آزمودنی در این تحقیق انتخاب شدند. تمام آزمودنی‌ها، پس از تکمیل پرسش‌نامه سلامت و فرم رضایت‌نامه، برای ارزیابی کامل سلامت، توسط پزشک معاینه شدند. از آزمودنی‌ها خواسته شد که رژیم غذایی معمولی خود را در روز قبل از آزمون رعایت و از تمرین و خوردن قهوه اجتناب کنند. تمام آزمودنی‌ها در شروع اجرای پژوهش دچار هیچ‌گونه بیماری و عارضه‌ای نبودند و سیگار، الکل، مکمل یا داروی خاصی مصرف نمی‌کردند. قبل از دریافت فرم رضایت‌نامه، تمام مراحل اجرایی، خطرات و فواید این طرح پژوهشی به‌صورت شفاهی و کتبی برای آزمودنی‌ها توصیف شد. قبل از آزمون اصلی، طی یک جلسه، ترکیب بدن آزمودنی‌ها با استفاده از روش مقاومت بیوالکتریکی (شرکت اینبادی[2]، مدل ۷۲۰، کشور کرهٔ جنوبی)، اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها ساعت هشت تا ۱۰صبح در حالت ناشتا (حداقل ۱۰ تا ۱۲ ساعت قبل) به آزمایشگاه مراجعه کردند، سپس آزمون فعالیت ورزشی فزاینده شامل؛ فعالیت با مراحل سه‌دقیقه‌ای را روی نوارگردان تا مرحله خستگی به‌منظور تعیین میزان اکسیداسیون سوبسترا، MFO و Fat_{max} انجام دادند. آزمون فعالیت ورزشی روی نوارگردان بر اساس روشی که ونبلز و همکارانش[3] (۲۰۰۵) معرفی کرده‌اند، انجام شد(۲۰). آزمودنی‌ها پس از پنج دقیقه گرم کردن، فعالیت خود را روی نوارگردان با سرعت سه ونیم کیلومتر در ساعت و با شیب یک درصد شروع کردند. سرعت دستگاه هر سه دقیقه، یک کیلومتر در ساعت افزایش یافت تا زمانی که سرعت به پنج ونیم کیلومتر در ساعت رسید. در این نقطه، سرعت ثابت و شیب دستگاه هر سه دقیقه به میزان دو درصد افزایش یافت تا زمانی که نسبت تبادل تنفسی[4] (RER) برابر یک شود. پس‌ازاین مرحله سرعت دستگاه هر دقیقه یک کیلومتر در ساعت افزایش یافت تا فرد به خستگی کامل برسد، هدف از مرحله آخر، رسیدن به VO_{2max} بود(۲۰). معیارهای رسیدن به VO_{2max}، عدم افزایش اکسیژن مصرفی با افزایش شدت فعالیت، RER بالاتر از ۱/۰۵، ضربان قلبی معادل با ۱۰ ضربه کمتر از بیشینه ضربان

1. Lima et al

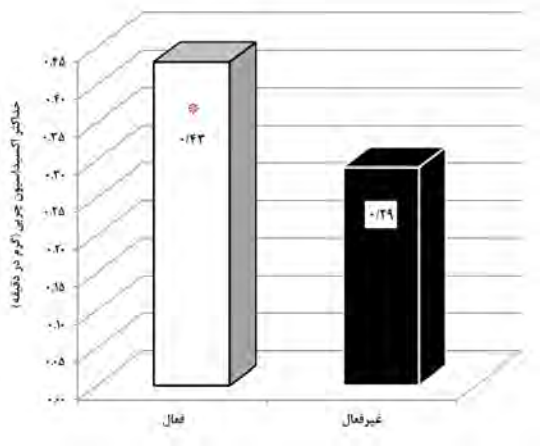
2. Inbody
3. Venables et al
4. Respiratory Exchange Ratio

قلب بود(۱۳). در طول آزمون، حجم اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن دفعی به شیوه نفس به نفس با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر (مدل کوارک پی اف تی[1]، شرکت کاسمِد[2]، کشور ایتالیا) اندازه‌گیری شد. میانگین اکسیژن مصرفی (VO_2) و دی‌اکسید کربن دفعی (VCO_2) در ۳۰ ثانیه پایانی هر مرحله از آزمون تعیین شد. میانگین مقادیر VO_2 در ۳۰ ثانیه پایانی هر مرحله از آزمون محاسبه و با تقسیم کردن آن بر مقدار VO_{2max} به‌عنوان شدت فعالیت در آن مرحله نشان داده شد و به‌صورت درصدی از VO_{2max} بیان شد. برای هر یک از مراحل سه‌دقیقه‌ای، میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات با استفاده از معادلات عنصرسنجی[3] جاکندروپ و والیس[4](۲۰۰۵) محاسبه شد(۲۱). بیشترین میزان اکسیداسیون چربی در بین شدت‌های مختلف، به‌عنوان MFO و شدتی که در آن حداکثر اکسیداسیون چربی رخ داد به‌عنوان Fat_{max} در نظر گرفته شد.

از آزمون کالموگراف- اسمیرنف جهت تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. تفاوت‌های بین‌گروهی در میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات، MFO و Fat_{max} با استفاده از آزمون پارامتریک تی استودنت مستقل تعیین گردید. نتایج پژوهش در سطح $p \leq 0/05$ بررسی گردید. نرم‌افزار SPSS (نسخه۱۸) جهت تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها استفاده شد.

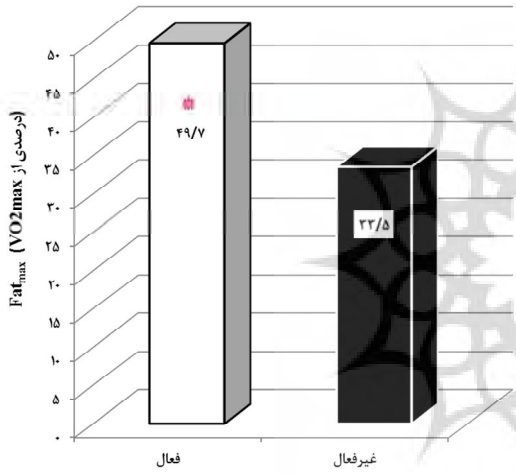
یافته‌ها

نتایج مقایسه میزان VO_{2max} بین سالمندان فعال و غیرفعال نشان داد که سالمندان فعال، به‌طور معنی‌داری VO_{2max} بالاتری نسبت به سالمندان غیرفعال داشتند ($p< 0.05$؛ جدول۲). هم‌چنین میزان MFO در افراد سالمند فعال به‌طور معنی‌داری نسبت به افراد سالمند غیرفعال بالاتر بود ($p< 0.05$؛ نمودار ۱). در این پژوهش، Fat_{max}، در افراد سالمندی که فعالیت ورزشی منظم داشتند و فعال بودند، به‌طور معنی‌داری نسبت به سالمندان غیرفعال در شدت بالاتری رخ داد ($p< 0.05$؛ نمودار ۲). به‌علاوه میزان اکسیداسیون چربی در دامنه‌ای از شدت‌ها، به‌طور معنی‌داری در افراد سالمند فعال نسبت به غیرفعال بالاتر بود ($p< 0.05$؛ نمودار ۳). درنهایت، میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در دامنه‌ای از شدت‌ها، به‌طور معنی‌داری در افراد سالمند فعال نسبت به غیرفعال کمتر بود ($p< 0.05$؛ نمودار ٤).



*تفاوت معنی‌دار با گروه سالمند غیرفعال

نمودار ۱- مقایسه MFO بین سالمندان فعال و غیرفعال



*تفاوت معنی‌دار با گروه سالمند غیرفعال

نمودار ۲- مقایسه Fat_{max} بین سالمندان فعال و غیرفعال

بحث نتیجه‌گیری

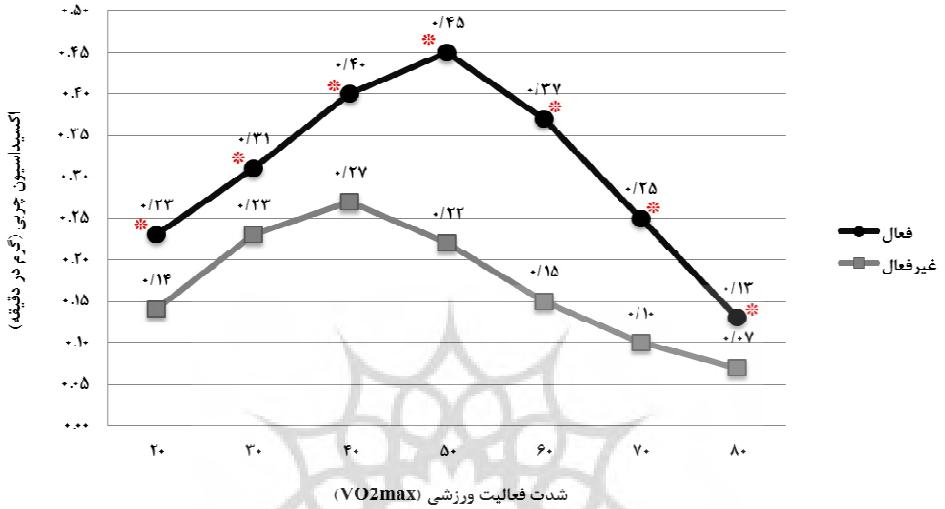
میزان VO_{2max} در سالمندان فعال و غیرفعال در این پژوهش به ترتیب ٤٤/٦٤±٤/٥٢ و ۳۰/۹۲±۳/۲۵ (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) بود و مشخص شد که VO_{2max} به‌طور معنی‌داری در سالمندان فعال نسبت به غیرفعال بیشتر است. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که VO_{2max} در مردان و زنان با توجه به سطح فعالیت بدنی تقریباً ۱۰٪ به ازای هر دهه افزایش سن، کاهش می‌یابد(۲۲). تمرینات منظم و شدید ممکن است که این کاهش در VO_{2max} را در افراد جوان و میان‌سال تا ۵۰٪ کم کند، اما در افراد سالمند این‌گونه نمی‌باشد و افراد سالمند با تمرینات منظم فقط می‌توانند تا ۱۰٪ از این کاهش VO_{2max} در هر دهه را کاهش دهند. اما در تحقیقات بسیاری مشخص شده است

1. Quark PFT
2. Cosmed
3. Etoichiometric Equations
4. Jeukendrup and Wallis

جدول ۲. مقایسه حداکثر اکسیژن مصرفی بین سالمندان فعال و غیرفعال

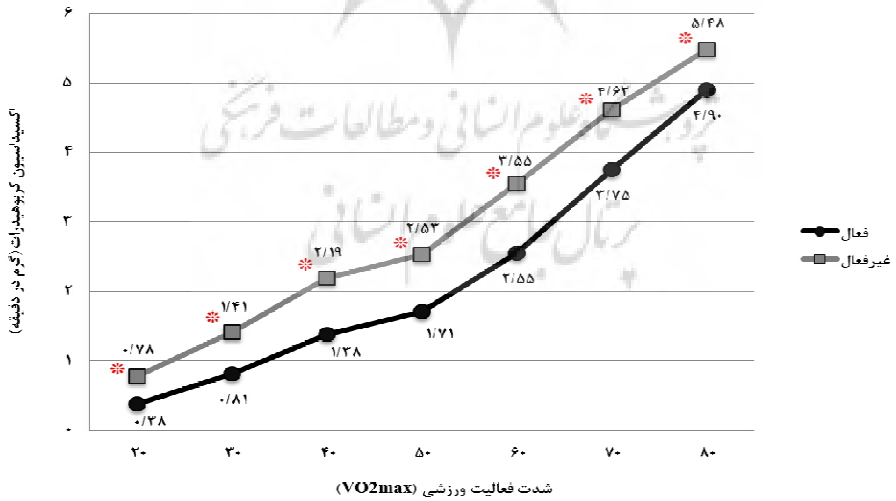
شاخص	گروه‌ها	آماره‌های مرکزی	معنی‌داری	
		میانگین± انحراف معیار	tمقدار	Sig
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	فعال	٤٤/٤±٦٤/٥٢*	۷/۸۰	۰/۰۰۱
	غیرفعال	۳۰/۹۲ ۳±/۲۵		

*تفاوت معنی‌دار با گروه سالمند غیرفعال



*تفاوت معنی‌دار با گروه سالمند فعال

نمودار ۳- مقایسه میزان اکسیداسیون چربی در دامنه‌ای از شدت‌ها بین سالمندان فعال و غیرفعال



*تفاوت معنی‌دار با گروه سالمند فعال

نمودار ٤_ مقایسه میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در دامنه‌ای از شدت‌ها بین سالمندان فعال و غیرفعال

که افراد سالمند می‌توانند با انجام تمرینات منظم، همانند افراد جوان و میان‌سال سیستم قلبی تنفسی خود را بهبود ببخشند و VO_{2max} خود را افزایش دهند(۲۲). افزایش توان هوازی ممکن است به دلیل افزایش حجم ضربه‌ای یا برداشت و جذب بیشتر اکسیژن خون توسط سلول‌ها، افزایش تعداد و حجم میتوکندری، توسعه شبکه مویرگی، افزایش غلظت هموگلوبین در خون و تغییرات ریوی باشد(۲۲،۲۳). بنابراین طبق اصل ویژگی تمرین انجام تمرینات هوازی موجب افزایش توان هوازی و بهبود عملکرد قلبی عروقی در تمام سنین می‌شود. در این راستا، در مطالعه‌ای مشخص شد که میزان VO_{2max} افراد سالمند غیرفعال، بعد از ٦ ماه تمرین هوازی با شدت متوسط، به‌طور معنی‌داری بهبود یافت(۲۳). هم‌چنین در تحقیق، کارول و همکارانش[1](۲٤) مشخص شده است که افراد سالمند که تمرینات ورزشی منظم انجام می‌دهند، VO_{2max} بالاتری نسبت به افراد سالمند غیرفعال دارند. به‌طورکلی تحقیقات بسیاری بهبود استقامت قلبی عروقی را در افراد سالمند که تمرینات منظم هوازی انجام می‌دادند، نشان دادند(۲۵). بنابراین نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات گذشته همسو بوده است و مشخص شد که افراد سالمند که فعالیت ورزشی منظم انجام می‌دهند، VO_{2max} بالاتر و درنتیجه آمادگی قلبی عروقی بهتری نسبت به افراد سالمند غیرفعال دارند.

میزان MFO در این پژوهش، در سالمندان فعال و غیرفعال به ترتیب ۰/۰٦±۰/٤۳ و ۰/۰٤±۰/۲۹ (گرم در دقیقه) بود و مشخص شد که MFO به‌طور معنی‌داری در سالمندان فعال نسبت به غیرفعال بیشتر است. تحقیقات پیشین نشان دادند، ظرفیت اکسیداسیون اسیدهای چرب در افرادی که از آمادگی هوازی بالایی برخوردارند، افزایش می‌یابد و وابستگی به متابولیسم کربوهیدرات کاهش می‌یابد(۲٦). هم‌چنین فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو عضله افراد تمرین‌کرده نسبت به افراد بی‌تحرک بالاتر است(۲٦،۲۷). از طرف دیگر، افراد تمرین‌کرده استقامتی، درصد تارهای کندانقباض بیشتری نسبت به افراد تمرین‌نکرده دارند که این امر، ظرفیت اکسیداسیون هوازی را در آن‌ها بیشتر می‌کند. بنابراین علت اختلاف در مقادیر MFO در افراد فعال و غیرفعال احتمالاً درنتیجه تفاوت‌ها در میزان آمادگی اولیه افراد بوده است. میزان MFO در سالمندان فعال در این پژوهش با مطالعات آچتن و همکاران(۱٦)، آدریانو و همکاران[2](۱۹)، خسروی و همکاران(۲۸) تقریباً همسو است. از طرفی میزان MFO در افراد غیرفعال با گزارش‌های قبلی ارائه‌شده توسط محبی و همکاران(۲۹،۳۰)، رامی و همکاران(۳۱)، تقریباً همسو می‌باشد. اما این نکته قابل به ذکر است که آزمودنی‌های این تحقیقات افراد جوان غیرفعال، با و بدون اضافه‌وزن بوده‌اند و به دلیل این‌که میزان MFO در افراد سالمند تابه‌حال موردبررسی قرار نگرفته بود، این مقایسه انجام شد. هم‌چنین میزان MFO در این پژوهش از مطالعات آچتن، جاکندروپ و همکاران[3](۱۲،۱۳) کمتر بود. تفاوت‌های فردی ازجمله سطح آمادگی و سن، از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر میزان MFO می‌باشند که می‌تواند تفاوت بین این مطالعه و مطالعات دیگر را توجیه کند(۱۳،۱۹).

از دیگر نتایج پژوهش حاضر این بود که Fat_{max}، در سالمندان فعال و غیرفعال به ترتیب در شدت‌های ۳/۸۳±٤۹/۷ درصد و ۳/٤۰±۳۳/۵۰ درصد VO_{2max} رخ داد و مشخص شد که Fat_{max} به‌طور معنی‌داری در سالمندان فعال نسبت به غیرفعال بیشتر است. یعنی شروع در کاهش اکسیداسیون چربی در افراد غیرفعال در شدت‌های پایین‌تر اتفاق می‌افتد و آزمودنی‌ها زودتر به منابع کربوهیدراتی وابسته می‌شوند. در مطالعه حاضر، میزان Fat_{max} در افراد سالمند فعال نسبت به آزمودنی‌های جوان و میان‌سال فعال در مطالعات دیگر کمتر می‌باشد(۱۲،۱۳،۱٦،۱۹،۳۲). هم‌چنین، میزان Fat_{max} در افراد سالمند غیرفعال کمتر از افراد جوان و میان‌سال غیرفعال می‌باشد(۲۰،۲۹،۳۰،۳۳). به‌طورکلی در بازبینی که آچتن و همکارانش (۲۰۰٤) انجام دادند، گزارش شد که میزان Fat_{max} در افراد تمرین‌کرده بین شدت ۵۹ تا ٦٤ درصد VO_{2max} و در افراد تمرین‌نکرده بین شدت ٤۷ تا ۵۲ درصد VO_{2max} رخ می‌دهد(۳٤). نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش سن باعث کاهش میزان Fat_{max} می‌شود و اگر فرد تمرین منظم نداشته باشد این کاهش بسیار زیاد خواهد بود، هم‌چنین مشخص شد که تمرینات منظم می‌تواند تاحدی از کاهش Fat_{max} در افراد سالمند، جلوگیری کند. درواقع تحقیقات بسیاری نشان دادند که تمرین استقامتی می‌تواند به‌طور معنی‌داری اکسیداسیون چربی را در طی فعالیت ورزشی زیربیشینه افزایش دهد. داده‌هایی از مطالعات مقطعی و طولی از این نکته حمایت می‌کنند که تمرین اتکا به کربوهیدرات را به‌عنوان منبع انرژی

1. Carroll et al

2. Adriano et al
3. Jeukendrup

کاهش و درنتیجه اکسیداسیون چربی را در فعالیت زیربیشینه افزایش می‌دهد(۳٤). این افزایش در اکسیداسیون چربی در افراد سالمند نیز مشاهده شده است(۹،۳۵). به نظر نمی‌رسد این افزایش اکسیداسیون چربی ناشی از تمرین استقامتی، به دلیل افزایش لیپولیز کل بدن یا بخشی از بدن باشد و درنتیجه میزان در دسترس بودن اسیدهای چربی آزاد به‌عنوان یک دلیل برای افزایش اکسیداسیون چربی در نظر گرفته نمی‌شود. از طرفی شواهد نشان می‌دهند که بیان ژن و مقدار پروتئین انتقال‌دهنده‌های اسیدچرب در غشاء مایوسیت‌ها (FABP، FAT/CD36) افزایش می‌یابد. مهم‌ترین سازگاری که در بدن در طی تمرین استقامتی رخ می‌دهد، افزایش فعالیت آنزیم کارنیتین پالمیتول ترانسفراز-۱ (CPT-1) می‌باشد که به‌عنوان آنزیم محدودکننده میزان اکسیداسیون چربی شناسایی شده است(۳٤).

همچنین در این پژوهش مشخص شد که سالمندان فعال در مقایسه با سالمندان غیرفعال در تمام شدت‌های فعالیت ورزشی میزان اکسیداسیون چربی بیشتری داشتند. زیرا همان‌طور که اشاره شد، افراد تمرین‌کرده نسبت به افراد تمرین‌نکرده به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی، توانایی بالاتری در میزان اکسیداسیون چربی دارند. شدت فعالیت ورزشی همواره به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات شناخته شده است. تغییر جهت در استفاده از سوبسترا با افزایش شدت صورت می‌گیرد(۱۲،۱٤،۲۰،۳۲،۳٦). این موضوع نیز در پژوهش حاضر مشاهده شد. هنگامی‌که شدت تمرین از کم تا متوسط افزایش می‌یابد، سرعت لیپولیز، مقدار جریان خون بافت چربی و جریان خون عضله افزایش می‌یابد که باعث افزایش دسترسی عضلات به اسید چرب می‌شود. زمانی که شدت به مقدار بسیار زیاد افزایش می‌یابد، اکسیداسیون کربوهیدرات به‌طور برجسته-ای افزایش خواهد یافت(۱٤). زیرا افزایش در چرخه گلیکولیتیک از انتقال اسید چرب با زنجیره طولانی به داخل میتوکندری جلوگیری می‌کند و بنابراین اکسیداسیون اسید چرب کاهش می‌یابد(۱٤،۳۷). در مطالعه حاضر، مقدار اکسیداسیون چربی روی نوارگردان از شدت ۲۰ تا تقریباً ۵۰٪ VO_{2max} در افراد فعال و ۲۰ تا تقریباً ۳۵٪ VO_{2max} در افراد غیرفعال، افزایش یافت و به مقدار بیشینه خود رسید، افزایش بیشتر درشدت فعالیت ورزشی با کاهش در اکسیداسیون چربی همراه بود.

درنهایت این پژوهش نشان داد که سالمندان فعال در مقایسه با سالمندان غیرفعال در تمام شدت‌های فعالیت ورزشی میزان اکسیداسیون کربوهیدرات کمتری داشتند. مطالعات نشان دادند که کاهش در اکسیداسیون چربی در حین فعالیت بدنی به یک افزایش جبرانی اکسیداسیون کربوهیدرات برای حفظ تولید انرژی، نیاز دارد(۳۸). در مطالعه حاضر، کمتربودن اکسیداسیون چربی در افراد سالمند غیرفعال با افزایش اکسیداسیون کربوهیدرات، همراه بود.

نتیجه‌گیری کلی از این پژوهش را می‌توان این‌گونه بیان کرد که افراد سالمندی که تمرینات ورزشی منظمی دارند، VO_{2max}، MFO و Fat_{max} بالاتری دارند و با این‌که همراه با افزایش سن میزان اکسیداسیون چربی، MFO و Fat_{max} کاهش می‌یابد، اما با تمرین ورزشی منظم می‌توان تا حدی از این کاهش جلوگیری کرد. به‌علاوه افراد سالمند فعال اگر باهدف کاهش وزن فعالیت می‌کنند، بهتر است با شدت تقریباً ۵۰٪ VO_{2max} تمرین کنند. هم‌چنین افراد سالمند غیرفعال بهتر است برای کاهش درصد چربی بدن و بهبود کیفیت زندگی و کاهش بیماری‌های مزمن، تمرینات خود را با شدت تقریباً ۳۵٪ VO_{2max} شروع کنند و به‌تدریج شدت فعالیت خود را به ۵۰٪ VO_{2max} نزدیک کنند.

منابع

1. Short KR, Vittone JL, Bigelow ML, Proctor DN, Rizza RA, Coenen-Schimke JM, et al. Impact of aerobic exercise training on age-related changes in insulin sensitivity and muscle oxidative capacity. Diabetes. 2003; 52(8):1888-96.
2. R Risinga PAT, S Snitkera & E Ravussina. Decreased ratio of fat to carbohydrate oxidation with increasing age in Pima Indians. J Am Coll Nutr. 1996; 15(3): 309-12.
3. MORIO BFjea. Muscle fatty acid oxidative capacity is a determinant of whole body fat oxidation in elderly people. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2001; 6(280): 143-9.
4. Calles-Escandon J, Arciero PJ, Gardner AW, Bauman C, Poehlman ET. Basal fat oxidation decreases with aging in women. J Appl Physiol. 1995; 78(1): 266-71.
5. Bassami M, Ahmadizad S, Doran D, MacLaren DP. Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained and untrained older males. Eur J Appl Physiol. 2007; 101(4): 525-32.

6. Sial S, Coggan AR, Carroll R, Goodwin J, Klein S. Fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly and young subjects. Am J Physiol. 1996; 271(6 Pt 1): E983-9.
7. Hagberg JM, Seals DR, Yerg JE, Gavin J, Gingerich R, Premachandra B, et al. Metabolic responses to exercise in young and older athletes and sedentary men. J Appl Physiol. 1988; 65(2):900-8.
8. Ferrara CM, Goldberg AP, Ortmeyer HK, Ryan AS. Effects of aerobic and resistive exercise training on glucose disposal and skeletal muscle metabolism in older men. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2006; 61(5):480-7.
9. Poehlman ET, Gardner AW, Arciero PJ, Goran MI, Calles-Escandon J. Effects of endurance training on total fat oxidation in elderly persons. J Appl Physiol. 1994; 76(6):2281-7.
10. Pruchnic R, Katsiaras A, He J, Kelley DE, Winters C, Goodpaster BH. Exercise training increases intramyocellular lipid and oxidative capacity in older adults. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2004; 287(5):E857-62.
11. Solomon TP, Sistrun SN, Krishnan RK, Del Aguila LF, Marchetti CM, O'Carroll SM, et al. Exercise and diet enhance fat oxidation and reduce insulin resistance in older obese adults. J Appl Physiol. 2008; 104(5):1313-9.
12. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34(1): 92-7.
13. Achten J, Jeukendrup AE. Maximal fat oxidation during exercise in trained men. Int J Sports Med. 2003; 24(8):603-8.
14. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Gastaldelli A, Horowitz JF, Endert E, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. Am J Physiol. 1993; 265(3 Pt 1): E380-91.
15. Klein S, Coyle EF, Wolfe RR. Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. Am J Physiol. 1994; 267(6 Pt 1): E934-40.
16. Achten J, Jeukendrup AE. The effect of pre-exercise carbohydrate feedings on the intensity that elicits maximal fat oxidation. J Sports Sci. 2003; 21(12): 1017-24.
17. Stisen AB, Stougaard O, Langfort J, Helge JW, Sahlin K, Madsen K. Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women. Eur J Appl Physiol. 2006; 98(5):497-506.
18. Nordby P, Saltin B, Helge JW. Whole-body fat oxidation determined by graded exercise and indirect calorimetry: a role for muscle oxidative capacity? Scand J Med Sci Sports. 2006; 16(3): 209-14.
19. Lima-Silva AE, Bertuzzi RC, Pires FO, Gagliardi JF, Barros RV, Hammond J, et al. Relationship between training status and maximal fat oxidation rate. J Sports Sci Med. 2010; 9(1):31-5.
20. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. J Appl Physiol. 2005; 98(1):160-7.
21. Jeukendrup AE, Wallis GA. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. Int J Sports Med. 2005; 26 Suppl 1:S28-37.
22. Hawkins S, Wiswell R. Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. Sports Med. 2003; 33(12):877-88.
23. Strasser B, Keinrad M, Haber P, Schobersberger W. Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults- a randomized controlled trial. Wien Klin Wochenschr. 2009; 121(23-24):757-64.
24. Carroll JF, Convertino VA, Pollock ML, Graves JE, Lowenthal DT. Effect of 6 months of exercise training on cardiovascular responses to head-up tilt in the elderly. Clin Physiol. 1995; 15(1): 13-25.
25. Bouaziz W, Schmitt E, Kaltenbach G, Geny B, Vogel T. Health benefits of endurance training alone or combined with diet for obese patients over 60: a review. Int J Clin Pract. 2015; 69(10): 1032-49.
26. Maclaren D, Morton J. Biochemistry for Sport and Exercise Metabolism: John Wiley & Sons, Azar 14, 1390 AP - Science - 264 pages.
27. Jeukendrup AE. Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. Biochem Soc Trans. 2003; 31(Pt 6):1270-3.
28. Khosravi N, Souri R, Shahgholian S. The Effect of Time of Day on Fat Oxidation Indexes (MFO, Fat max, MFO time) in Healthy Young Women. Sport Biosciences. 2012(11):75-88. (Persian).
29. Mohebbi H, Azizi M. Maximal fat oxidation at the different exercise intensity in obese and normal weight men in the morning and evening. J of Human Sport & Exercise. 2011; (6)1: 49-58.
30. Mohebbi H, Azizi M, Tabari E. Effect of time of day on MFO and FATmax during exercise in obese and normal weight women. Physical Education and Sport. 2011; 9(1):69-79.
31. Rami M, Habibi A, Shakerian S. Maximal Fat Oxidation during exercise in trained Male students. Int J of Sport Studies. 2012; 2(7): 334-9.
32. Achten J, Venables MC, Jeukendrup AE. Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. Metabolism: Clinical and Experimental. 2003; 52(6):747-52.
33. Rohani H, Safari musavi SS, Golamian S, Farzaneh E. Comparison of maximal fat oxidation and Fatmax in trained and untrained women. Exercise Physiology. 2015; 7(28): 31-44.(Persian).
34. Achten J, Jeukendrup AE. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. Nutrition. 2004; 20(7-8):716-27.
35. Sial S, Coggan AR, Hickner RC, Klein S. Training-induced alterations in fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly subjects. Am J Physiol. 1998; 274(5 Pt 1): E785-90.
36. Sidossis LS, Gastaldelli A, Klein S, Wolfe RR. Regulation of plasma fatty acid oxidation during low- and high-intensity exercise. Am J Physiol. 1997; 272(6 Pt 1): E1065-70.
37. Phillips SM, Green HJ, Tarnopolsky MA, Heigenhauser GF, Hill RE, Grant SM. Effects of training duration on substrate turnover and oxidation during exercise. J Appl Physiol. 1996; 81(5):2182-91.
38. Horowitz JF, Mora-Rodriguez R, Byerley LO, Coyle EF. Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise. Am J Physiol. 1997; 273(4 Pt 1):E768-75.

Comparison of maximal fat oxidation and Fat_{max} between active and inactive elderly men

Mehrdad Fathi [1], Behnam Roozbeh [2], Mahdi Seyfi rezvani[3]*

1. Associate professor of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Ph.D., Exercise Biochemistry and Metabolism, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. M.S, Exercise physiology, Payame Noor University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 2018/9/3 **Revised:** 2018/12/26 **Accepted:** 2019/3/17

∗Correspondence Email:

Mfathei@um.ac.ir

Abstract

Introduction: The aim of this study was to compare maximal fat oxidation and the exercise intensity that elicit maximal fat oxidation (Fat_{max}) between active and inactive elderly men.

Methods: 10 healthy elderly men that had regular exercise (at least 10 past years, VO_{2max} 44.64±4.52 ml.kg.min) and 10 healthy elderly men that hadn't any regular exercise (at least 10 past years, VO_{2max} 30.92±3.25 ml.kg.min), were selected as the subjects of this study. Then, the participants performed an incremental exercise test at 8 to 10 am in the fasting state, including activity with 3 minutes stages on a treadmill to exhaustion. The amount of maximal fat oxidation and Fat_{max} were measured through the indirect calorimetry method using the gas analysis system with the aim of the stoichiometric equation. To compare the variables, the independent t-test ($p>0.05$) was used.

Results: Fat oxidation rate in the range of intensities, maximal fat oxidation and Fat_{max} in active elderly men was significantly higher than inactive elderly men ($p<0/05$). But, the Carbohydrate oxidation rate in the range of intensities was significantly lower in the active compared to inactive elderly ($p<0/05$).

Conclusion: In general, it was found that a better state of fitness in active elderly associated with higher fat oxidation and lower carbohydrate oxidation in the range of intensities. Moreover the amount of maximal fat oxidation and Fat_{max} decrease in the elderly, but this decrease can partly be prevented with regular exercise.

Key Words: Maximal fat oxidation, Fat_{max}, State of fitness, Elderly men.