



## تاثیر زمان اجرای تمرین بر میزان MFO، FATmax و MFotime در زنان با وزن طبیعی و دارای اضافه وزن

نیکو خسروی<sup>۱</sup>، هادی روحانی<sup>۲\*</sup>، سمانه غفاری<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۳

### چکیده

**هدف:** هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر زمان اجرای تمرین بر میزان حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO)، شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی (FATmax) و زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی (MFotime) و ارتباط آن با شاخص های ترکیب بدن در زنان با وزن طبیعی و دارای اضافه وزن بود. **روش شناسی:** چهارده دانشجوی ۲۰-۳۰ ساله در دو گروه با وزن طبیعی (تعداد= ۷ نفر، BMI = ۲۲/۹ ± ۲/۰) و اضافه وزن (تعداد = ۷ نفر، BMI = ۲۹/۰ ± ۲/۳) کیلوگرم بر متر مربع) به صورت تصادفی هدفمند انتخاب و در این مطالعه شرکت کردند. آزمودنی ها طی ۲ جلسه با فاصله ۷ روز، یک فعالیت ورزشی فزاینده با مراحل ۳ دقیقه ای را پس از ۹ الی ۱۰ ساعت ناشتایی یکبار در صبح و بار دیگر در عصر اجرا کردند. مقادیر اکسیژن مصرفی و دی اکسید کربن دفعی به صورت نفس به نفس در طول آزمون با استفاده از دستگاه تجزیه تحلیل گازهای تنفسی اندازه گیری و میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات با استفاده از معادلات عنصرسنجی محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها، از آزمون های آماری t وابسته و مستقل به ترتیب برای مقایسه متغیرها بین صبح و عصر و بین دو گروه استفاده گردید.

**یافته ها:** میانگین MFO در نوبت صبح در گروه اضافه وزن به طور معنی داری بیشتر از مقدار آن در گروه با وزن طبیعی بود ( $P < 0.05$ ). همچنین، تفاوت معنی داری بین دو گروه در نوبت عصر مشاهده نشد. بین درصد چربی بدن با MFO در نوبت صبح و عصر رابطه معنی داری وجود نداشت؛ اما بین درصد چربی بدن و MFotime در گروه اضافه وزن در نوبت عصر رابطه معکوس معنی داری وجود داشت ( $P < 0.05$ ,  $r = -0.92$ ). **نتیجه گیری:** بطور کلی به نظر می رسد MFO در حین فعالیت ورزشی در افرادی که درصد چربی بیشتری دارند، بالاتر است. البته این بالاتر بودن در هنگام صبح مشهودتر از عصر است و برای افزایش قابل توجه چربی سوزی در نوبت عصر احتمالاً نیاز به فعالیت شدیدتر و مدت زمان بیشتری است.

**واژگان کلیدی:** حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO)، شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی (FATmax)، زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی (MFotime)، ترکیب بدن، اضافه وزن

۱. استادیار دانشگاه الزهراء، ۲. استادیار پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، ۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی

\*نشانی الکترونیک نویسنده مسئول: h\_rohani7@yahoo.com

## مقدمه

ورزشی با شدت ۲۵-۶۵ درصد اکسیژن مصرفی افزایش ۵ تا ۱۰ برابری اکسیداسیون چربی در طول استراحت را در پی دارد (۹).

از مدت ها قبل توجه محققان به یک عامل درونی مهم به عنوان ساعت زیستی<sup>۳</sup> و تأثیر آن بر وضعیت فیزیولوژیکی و عملکرد بدن جلب شده است. بر این اساس بهترین زمان روز برای فعالیت ورزشی صرف نظر از عواملی چون ماهیت، شدت ورزشی و شرایط محیطی از طریق ریتم های درونی بدن تعیین می شود (۱۵).

ورزش مصرف چربی توسط عضلات اسکلتی را ارتقاء و اکسیداسیون اسیدهای چرب هنگام فعالیت و در نهایت هزینه انرژی را افزایش می دهد (۱۷). چربی و کربوهیدرات سوبستراهای اصلی برای تولید انرژی در هنگام استراحت و در طول فعالیت بدنی به شمار می آیند (۲۶) که باتوجه به مدت، شدت، نوع فعالیت ورزشی، میزان آمادگی جسمانی، ترکیب غذای مصرف شده و روزهای پیش از فعالیت ورزشی، شرایط محیطی و مصرف مکمل ها بر دیگری پیشی می گیرند (۲۵، ۲۹، ۳۲). با افزایش شدت فعالیت، نوع ماده اولیه سوختی و مصرف آن تغییر می یابد. بدین صورت که با افزایش شدت فعالیت بدنی، اکسیداسیون کربوهیدرات خالص افزایش پیدا می کند، در حالی که اکسیداسیون چربی از زمان استراحت تا تقریباً  $VO_{2max}$  ۶۰٪ افزایش و بعد از آن به آرامی کاهش پیدا می کند (۲۶). سهم نسبی اکسایش کربوهیدرات در تأمین انرژی افزایش تصاعدی دارد و به تناسب آن سهم نسبی اکسایش چربی در تأمین انرژی مصرفی کاهش

چاقی با افزایش خطر بروز مقاومت انسولینی، پرفشارخونی، دیابت شیرین نوع ۲ و بیماری های عروق کرونری همراه است (۳). افزایش متابولیسم چربی، به روش های گوناگون در کاهش علائم بیماری های متابولیکی مثل چاقی و دیابت نوع ۲ نقش بالقوه دارد یا سبب کاهش عوامل خطرزای قلبی - عروقی می شود (۸، ۳۱). فعالیت بدنی در قالب تمرین های منظم غالباً برای کاهش وزن، بهبود سلامتی و تناسب اندام اشخاص چاق توصیه می شود (۱۴). اگرچه کاهش وزن از طریق کاهش کالری دریافتی، احتمالاً بیش تر از افزایش کالری مصرفی از طریق ورزش تأثیر دارد، ولی تحقیقات نشان داده اند کاهش وزن از طریق ورزش مفیدتر از کاهش وزن از طریق رژیم غذایی به تنهایی است (۳۳).

فعالیت ورزشی موجب تحریک لیپولیز تری گلیسریدهای درون عضلانی می شود که به صورت اسیدهای چرب مستقیماً، توسط میتوکندری ها اکسید می گردند (۲۳). هر دو این عوامل موجب افزایش اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت بدنی می شود. در افراد سالم هنگام استراحت، اکسیداسیون اسیدهای چرب سهم چشمگیری را در تأمین کل انرژی بدن دارد (۸). فعالیت ورزشی از طریق افزایش جریان خون در بافت چربی، افزایش فعالیت آنزیم های مهم لیپولیتیکی نظیر لیپاز حساس به هورمون<sup>۱</sup> (HSL) و لیپوپروتین لیپاز<sup>۲</sup> (LPL)، موجب افزایش ورود اسیدهای چرب به جریان خون و در نتیجه افزایش اکسیداسیون چربی می شود (۹). براساس نتایج تحقیقات انجام گرفته، فعالیت

### 3. Biological Clock

1. Hormone Sensitive Lipase
2. Lipoprotein Lipase

می یابد، هرچند با افزایش شدت فعالیت از کم به متوسط، میزان مطلق اکسایش چربی افزایش و با بالا رفتن شدت فعالیت کاهش می یابد (۲۷).

در کنار عوامل متعدد و مهمی نظیر شدت، مدت، نوع، تکرار، تغذیه و محیط که در گذشته توجه زیادی به آن ها شده بود، توجه به یک عامل مهم محیطی تحت عنوان ساعت زیستی و درصد چربی بدن و تأثیر آن ها بر وضعیت فیزیولوژیکی و در نتیجه بر عملکرد بدن ضروری است (۱۳). بسیاری از متغیرهای فیزیولوژیکی همچون دمای مرکزی، ضربان قلب، فشارخون، شاخص های متابولیکی و هورمون ها تحت تأثیر فعالیت بدنی قرار می گیرند و فعالیت بدنی نیز بر آن ها تأثیر می گذارد، دارای ریتم های شبانه روزی درون زاد (به علت ساعت بدنی) و برون زاد (به علت شیوه زندگی فردی و محیطی) هستند. براساس یافته های بری و یانگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۶)، لیپولیز و حتی لیپوژنز از چرخه شبانه روزی تبعیت می کند (۲، ۱۶). در تحقیقات انجام گرفته بر روی ژن های کد گذاری شده، آنزیم های درگیر در ورود اسیدهای چرب به میتوکندری، مشخص شد که برخی آنزیم ها و پروتئین های درگیر در لیپولیز، دارای تغییرات روزانه هستند (۱۶).

در این راستا، غیاث و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که میزان اکسیداسیون چربی در ورزشکاران استقامتی در صبح بالاتر است (۵). اما باسامی و همکاران (۱۳۸۹) (۱) و خسروی و همکاران (۱۳۹۰) (۲) تفاوت معنی داری در میزان اکسیداسیون چربی حین فعالیت زیربیشینه یا مرحله ای فزاینده روی نوارگردان بین صبح و عصر مشاهده نکردند. با این وجود، در زمینه تأثیر زمان فعالیت در روز بر حداکثر اکسیداسیون چربی،

تحقیقات اندکی صورت گرفته است. از سوی دیگر، مطالعات مختلفی ارتباط بین چربی بدن و اکسیداسیون چربی را نشان داده اند (۳۶).

باتوجه به تحقیقات انجام شده در زمینه ریتم شبانه روزی برخی هورمون ها و آنزیم های متابولیکی از جمله لیپوپروتئین لیپاز (۱، ۲، ۸) و وجود ریتم شبانه روزی متابولیسم چربی (۱۶)، این فرضیه وجود دارد که حداکثر میزان اکسیداسیون چربی و همچنین شدت نسبی رخداد MFO ممکن است در صبح و عصر متفاوت باشد. مشخص نمودن این مسئله برای افرادی که چربی اضافی دارند و به دنبال یافتن راهی کارآمد برای کنترل وزن و کاهش چربی بدن هستند اهمیت زیادی دارد. لذا هدف از این پژوهش بررسی تأثیر زمان فعالیت ورزشی بر میزان MFO و FATmax در زنان با وزن طبیعی و دارای اضافه وزن بود.

## روش پژوهش

### نمونه آماری

پس از فراخوان عمومی در دانشگاه الزهراء، ارزیابی سلامت عمومی با استفاده از پرسشنامه و اندازه گیری قد و وزن و محاسبه BMI افراد مراجعه کننده صورت پذیرفت و تعداد ۱۴ دانشجوی دختر با وزن طبیعی (n=7) و دارای اضافه وزن ( $BMI > 25$ ;  $n=7$ ) به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. رضایت نامه شرکت در پژوهش از آزمودنی ها اخذ شد و با استفاده از روش ثبت ۳ روزه رژیم غذایی، وضعیت رژیم غذایی آزمودنی ها بررسی شد که رژیم طبیعی (۶۵٪~ کربوهیدرات، ۱۵٪~ چربی، ۲۰٪~ پروتئین)

(۲۵) آنان تایید شد. مشخصات آزمودنی ها در

جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات آزمودنی ها

ویژگی	وزن طبیعی	اضافه وزن
سن (سال)	۲۳/۴ ± ۲/۶	۲۳/۳ ± ۵/۴
قد (سانتی متر)	۱۶۴/۳ ± ۷/۹	۱۶۳/۴ ± ۴/۶
وزن (کیلوگرم)	۶۲/۴ ± ۹/۵	۷۷/۲ ± ۴/۵*
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۲/۹ ± ۲/۰	۲۹/۰ ± ۲/۳*
چربی بدن (درصد)	۲۹/۶ ± ۳/۳	۳۷/۷ ± ۲/۷*
VO <sub>2</sub> max (میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	۳۰/۵ ± ۴/۱	۲۸/۳ ± ۴/۰

\* تفاوت معنی دار بین دو گروه ( $p < 0.01$ ).

## روش اجرا

قبل از شروع آزمون ها، آزمودنی ها طی یک جلسه با وسایل و شیوه اندازه گیری آشنا شدند و درصد چربی بدن با استفاده از روش مقاومت زیست الکتریکی از طریق دستگاه تجزیه تحلیل ترکیب بدنی (مدل BOCA X1، شرکت NUMAD، کره جنوبی) برآورد شد. قد و وزن بدن آزمودنی ها اندازه گیری و شاخص توده بدن (BMI) نیز محاسبه شد. هر آزمودنی، آزمون صبح و عصر را در دو روز جداگانه با فاصله ۷ روز انجام داد. آزمون صبح در ساعت ۸ الی ۱۰ انجام شد و آزمون عصر در ساعت ۱۶ الی ۱۸ انجام شد. آزمودنی ها پس از ۹ الی ۱۰ ساعت گرسنگی (شبانه برای آزمون صبح و روزانه برای آزمون عصر) قبل از هر آزمون به آزمایشگاه مراجعه کردند و از همگی خواسته شده بود حداقل یک روز قبل آزمون ها از فعالیت شدید اجتناب کنند و ۱۲ ساعت قبل انجام آزمون از خوردن قهوه و

چای خودداری کنند. در روز اجرا هر یک از آزمودنی ها پس از گرم کردن اولیه، فعالیت فزاینده خود را روی نوارگردان (مدل Pulsar med 3p، شرکت  $\text{h/p/cosmos}$ ، آلمان) با سرعت ۳/۵ کیلومتر بر ساعت و با شیب ۱٪ شروع کردند. سرعت دستگاه هر سه دقیقه ۱ کیلومتر بر ساعت افزایش یافت تا حدی که به سرعت ۷/۵ کیلومتر بر ساعت رسید. از آن پس، شیب دستگاه هر سه دقیقه به میزان ۲٪ افزوده شد تا زمانی که RER برابر یک شد. در نهایت تا رسیدن به خستگی کامل، سرعت دستگاه هر دقیقه ۱ کیلومتر بر ساعت افزایش یافت (۱۹). اندازه گیری نفس به نفس در طول آزمون با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر (مدل PowerCube، شرکت GANSHORN، آلمان) انجام شد. ضربان قلب نیز به طور پیوسته با استفاده از ضربان سنج سینه ای (Polar<sup>®</sup>, T.34، فنلاند) ثبت گردید. برای هر یک از این مراحل، میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه شد (۹).

$$\text{معادله (۱)} \quad 4/585 \times \text{VCO}_2 - 3/226 \times \text{VO}_2 = \text{اکسیداسیون کربوهیدرات (گرم در دقیقه)}$$

$$\text{معادله (۲)} \quad 1/695 \times \text{VO}_2 - 1/701 \times \text{VCO}_2 = \text{اکسیداسیون چربی (گرم در دقیقه)}$$

### یافته‌های پژوهش

مقادیر میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است. میانگین MFO در نوبت صبح در گروه اضافه وزن به طور معنی داری بیشتر از مقدار آن در گروه با وزن طبیعی بود. این تفاوت در عصر نیز مشاهده شد اما از لحاظ آماری معنی دار نبود. همچنین، میانگین MFO (فقط در گروه اضافه وزن) در نوبت صبح بالاتر از مقدار آن در نوبت عصر بود. FATmax در گروه با وزن طبیعی در نوبت صبح تمایل زیادی به کاهش داشت اما معنی دار نبود. همچنین، تفاوت معنی داری بین دو گروه در نوبت عصر مشاهده نشد.

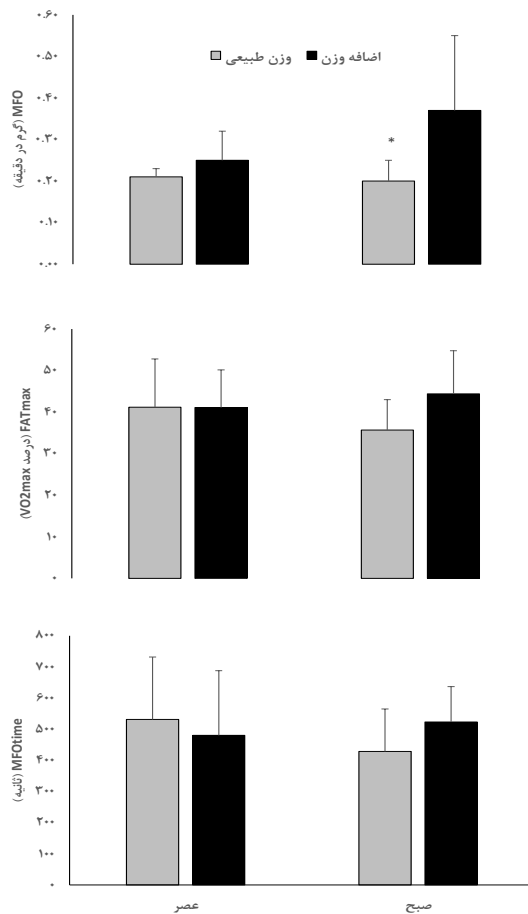
### روش آماری

برای توصیف داده ها از میانگین و انحراف استاندارد و برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین بیشینه اکسیداسیون چربی و همچنین شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بین دو زمان متفاوت روز از آزمون t همبسته و برای مقایسه بین دو گروه نیز از آزمون t مستقل استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و در سطح آلفای کوچکتر و برابر ۰/۰۵ انجام گردید.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	زمان	وزن طبیعی	اضافه وزن
MFO (گرم بر دقیقه)	صبح	۰/۲۰±۰/۰۵	۰/۳۷±۰/۱۸*
	عصر	۰/۲۱±۰/۰۲	۰/۲۵±۰/۰۷
FATmax (%VO <sub>2</sub> max)	صبح	۳۵/۷±۷/۳	۴۴/۴±۱۱/۶
	عصر	۴۱/۲±۱۰/۴	۴۱/۱±۹/۱
زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی (MFOtime) (ثانیه)	صبح	۴۲۸/۶±۱۳۶/۱	۵۲۲/۹±۱۱۴/۰
	عصر	۵۳۱/۴±۲۰۰/۳	۴۸۰/۰±۲۰۷/۹
	مقایسه درون گروهی	p=۰/۶۶۵	p=۰/۱۵
	مقایسه درون گروهی	p=۰/۲۶	p=۰/۶۰
	مقایسه درون گروهی	p=۰/۲۸	p=۰/۶۴

\* تفاوت معنی دار بین دو گروه (p<۰/۰۵)



شکل ۱. نمودار مربوط به مقادیر میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش؛ \*، تفاوت معنی دار با گروه اضافه وزن

در زمان یکسان ( $p < 0.05$ ).

زمان های دیگر بالاتر است. اما باسामी و همکاران (۲۰۰۵) (۱) و خسروی و همکاران (۱۳۹۰) (۲) نشان دادند که بین میزان اکسیداسیون چربی در نوبت صبح و عصر تفاوت معنی داری وجود ندارد. هرچند، میزان بالاتر اما غیرمعنی دار اکسیداسیون چربی در عصر مشاهده شده است. عوامل متعددی می توانند موجب این ناهمخوانی ها شوند از جمله تفاوت در جنسیت آزمودنی ها، تفاوت در BMI آزمودنی ها، تفاوت در ساعات انجام آزمون در صبح و عصر و این که در پژوهش حاضر تفاوت بین دو گروه با BMI های متفاوت سنجیده شده است. به عنوان مثال، باسामी و همکاران (۲۰۰۵) (۱) ارزیابی عصر را در ساعت ۲۰ و خسروی و همکاران (۱۳۹۰) (۲) در ساعت ۱۹ الی ۲۰، و یا تویوکا و همکاران (۲۰۰۳) (۳۵) ارزیابی صبح را در ساعت ۶ صبح انجام دادند در حالی که در پژوهش حاضر، ارزیابی عصر در ساعت ۱۶ الی ۱۸ و ارزیابی صبح نیز در ساعت ۸ الی ۱۰ صورت گرفته است. از آنجایی که عوامل هورمونی در فرآیند لیپولیز موثر هستند و هورمون کورتیزول یکی از هورمون های متابولیکی است که اثر آن وابسته به زمان می باشد لذا تغییرات شبانه روزی این هورمون و احتمالاً هورمون های دیگر در ساعات مختلف روز ممکن است منشاء این تفاوت نتایج باشد. چون، اوج غلظت کورتیزول در ساعات اولیه صبح ۶ الی ۹ می باشد و در طول روز میزان آن کاهش یافته و در زمان ۱۸ الی ۲۱ عصر دوباره به اوج خود می رسد اما این میزان نسبت به زمان صبح کم تر است.

اما این یافته از نظر تفاوت میزان حداکثر اکسیداسیون چربی بین دو گروه (اضافه وزن و وزن طبیعی) با نتیجه پژوهش آستروپ و

بین درصد چربی با FATmax آزمودنی ها در نوبت صبح برای همه آزمودنی ها ( $r=0/51$ )،  $p=0/07$ ، گروه با وزن طبیعی ( $r=-0/43$ )،  $p=0/33$  و گروه اضافه وزن ( $r=-0/21$ )،  $p=0/65$ ) رابطه معنی دار وجود نداشت. همچنین، بین درصد چربی با FATmax آزمودنی ها در نوبت عصر نیز برای همه آزمودنی ها ( $r=-0/16$ )،  $p=0/58$  و گروه اضافه وزن ( $r=-0/13$ )،  $p=0/78$  و همچنین در گروه با وزن طبیعی ( $r=-0/48$ )،  $p=0/28$  رابطه معنی داری مشاهده نشد. علاوه بر این، بین درصد چربی با زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی آزمودنی ها در نوبت عصر برای همه آزمودنی ها ( $r=-0/42$ )،  $r=0/13$ ،  $p=0/13$  و گروه وزن طبیعی ( $r=-0/24$ )،  $p=0/60$  رابطه معنی داری وجود نداشت اما در گروه اضافه وزن ( $r=-0/92$ )،  $p=0/004$  رابطه معنی داری مشاهده شد.

### بحث و نتیجه گیری

همان طور که یافته های پژوهش حاضر نشان داد، بین حداکثر اکسیداسیون چربی آزمودنی ها در نوبت عصر تفاوت معنی داری یافت نشد اما در نوبت صبح تفاوت معنی دار گردید. با وجود این که افراد اضافه وزن میزان حداکثر اکسیداسیون چربی بالاتری نسبت به افراد گروه وزن طبیعی هم در نوبت صبح و هم در نوبت عصر داشتند، اما فقط در نوبت صبح این میزان از لحاظ آماری معنی دار بود.

گیات و همکاران (۱۳۸۵) (۵)، تویوکا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) (۳۵) و استاوینوها و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) (۳۴) نیز مشابه این مطالعه دریافتند که میزان حداکثر اکسیداسیون چربی در صبح نسبت به

و همچنین ورزشکاران استقامتی در شدت فعالیت بدنی بالاتری نسبت به افراد چاق به آستانه لاکتات می‌رسند (۱۲). این یافته با پژوهش حاضر همسو نیست زیرا در پژوهش حاضر FATmax در افراد گروه اضافه وزن بیش تر از گروه طبیعی بود. یکی از دلایل احتمالی این ناهمخوانی می‌تواند تفاوت در آزمودنی‌ها باشد، پژوهش فوق‌روزی ورزشکاران استقامتی و افراد چاق غیر فعال انجام گرفت اما پژوهش حاضر افراد با وزن طبیعی و اضافه وزن انجام شد که همه افراد فعالیت بدنی تفریحی انجام می‌دادند.

نتایج پژوهش کین-ایسلر<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) در بررسی تأثیر زمان روز بر غلظت لاکتات نیز نشان داد که زمان روز تأثیری بر غلظت لاکتات ندارد و لاکتات به وسیله شدت تمرین و رژیم غذایی تغییر می‌کند (۲۲). بر اساس یافته پژوهش حاضر، بین درصد چربی بدن و حداکثر اکسیداسیون چربی در افراد با وزن طبیعی و اضافه وزن چه در نوبت صبح و چه در نوبت عصر رابطه معنی‌داری وجود نداشت. بلیز و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) (۱۳) نیز با بررسی رابطه بین درصد چربی و حداکثر اکسیداسیون چربی در ۱۴ زن با درصد چربی ۱۸/۶ تا ۳۰، ارتباطی بین درصد چربی و حداکثر اکسیداسیون چربی مشاهده نکرد. در حالی که دیگران (۱۰، ۲۸، ۳۶) رابطه معکوسی را بین این دو متغیر گزارش کرده‌اند.

همکاران (۱۱) (۱۹۹۲) همسو می‌باشد. آنها در پژوهشی میزان اکسیداسیون چربی را در زنان چاق ( $BMI > 30$ ) کیلوگرم بر متر مربع) و در زنان با وزن طبیعی ( $BMI < 25$ ) کیلوگرم بر متر مربع) بررسی کرد. نتیجه پژوهش نشان داد که زنان چاق میزان اکسیداسیون چربی بالاتری نسبت به زنان با وزن طبیعی دارند. زمانی که مقایسه بین دو گروه انجام شد، زنان چاق در طول ۲۴ ساعت، اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات بالاتری داشتند. این یافته بیان‌کننده این است که در دسترس بودن بیش تر چربی می‌تواند موجب اکسیداسیون چربی بیش تری شود. همچنین زنان چاق وزن بیش تری را نسبت به زنان لاغر از دست می‌دهند (۱۱). در پژوهش حاضر نیز زنان گروه اضافه وزن حداکثر اکسیداسیون چربی بیش تری نسبت به زنان گروه وزن طبیعی داشتند. با این وجود، بین شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی در زنان طبیعی و دارای اضافه وزن در نوبت صبح و در نوبت عصر تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. با وجود این که میزان شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی در گروه اضافه وزن هم در نوبت صبح و هم در نوبت عصر بیش تر از گروه وزن طبیعی بود اما این میزان از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

نتایج بیرچر و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) در بررسی رابطه بین اکسیداسیون چربی و آستانه لاکتات روی ورزشکاران استقامتی و افراد چاق نشان داد، بیش ترین میزان اکسیداسیون چربی در ورزشکاران استقامتی در شدت ۷۵ درصد  $VO_{2max}$  و در افراد چاق در شدت ۶۵ درصد  $VO_{2max}$  بود که این میزان در ورزشکاران استقامتی بالاتر می‌باشد



با توجه به اینکه، برخی از این مطالعات (۱۰، ۲۸، ۳۶)، بر خلاف مطالعه حاضر، روی مردان انجام گرفته، احتمالاً جنسیت آزمودنی‌ها یکی از عوامل موثر در مشاهده این یافته است؛ چرا که، مطالعات اخیر نشان داده اند که MFO در مردان و زنان متفاوت است و نوع و شدت ورزشی نیز روی آن اثر می‌گذارد (۲۴). با این وجود، بین درصد چربی بدن و شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی (و البته، زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی) آزمودنی‌ها فقط در نوبت عصر برای گروه اضافه وزن رابطه معنی‌دار معکوسی مشاهده شد. بر این اساس، هر چه میزان درصد چربی در گروه اضافه وزن بالاتر می‌رود FATmax در این گروه پایین‌تر می‌آید. هر چند زمانی که FATmax به صورت کلی بین دو گروه مقایسه شد، میزان FATmax در گروه اضافه وزن نسبت به گروه وزن طبیعی بیش‌تر بود ولی این میزان از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید.

همان‌طور که روحانی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش شدت فعالیت، میزان اکسایش چربی تا حداکثر مقدار آن در شدت FATmax بالا می‌رود و در شدت‌های بالاتر از FATmax میزان آن افت می‌کند (۴). یکی از دلایل احتمالی این مسئله می‌تواند، پایین بودن آمادگی جسمانی افراد چاق باشد. هر اندازه VO2max بالاتر باشد، آمادگی بدنی بالاتر است در نتیجه مقادیر اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت بدنی افزایش می‌یابد (۲۴، ۳۰). به احتمال زیاد، میزان FATmax درست پایین‌تر از شدتی است که میزان گلیکولیز شروع به افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌کند. در مطالعات گذشته مشاهده شده است که میزان گلیکولیز با افزایش شدت فعالیت از ۴۰ تا ۷۰ درصد

VO2max افزایش یافته و میزان اکسیداسیون اسیدهای چرب زنجیره بلند کاهش می‌یابد (۶، ۱۹). این موضوع بیانگر آن است که افزایش میزان گلیکولیز، اکسیداسیون چربی را به واسطه مهار آنزیم کارنیتین پالمیتیل ترانسفراز-۱ و انتقال اسیدهای چرب به داخل میتوکندری با میانجی‌گری کارنیتین مهار می‌کند. به علاوه، چندین پژوهش گزارش داده اند که کاهش در میزان ظهور اسیدهای چرب به داخل جریان خون در طی فعالیت شدید اشاره به کاهش بسیج اسید چرب دارد. این موضوع ممکن است با کاهش میزان لیپولیز یا کاهش جریان خون به بافت چربی مرتبط باشد (۲۰، ۲۱). زیرا اکسیداسیون چربی به طور مستقیم با میزان گلیکولیز و پاسخ لاکتات در ارتباط می‌باشد و FATmax با نقطه تجمع شروع لاکتات ارتباط دارد (۶، ۷، ۱۲، ۲۴). آجتن و جوکندروپ (۲۰۰۴) به این نتیجه رسیدند که نقطه شروع تجمع لاکتات در شدتی از فعالیت است که حداکثر اکسیداسیون چربی در آن نقطه (FATmax) اتفاق می‌افتد. طبق گفته این پژوهشگران با افزایش شدت فعالیت، جریان گلیکولیتیکی افزایش پیدا می‌کند. افزایش جریان گلیکولیتیکی با کاهش میزان اکسیداسیون چربی و افزایش تجمع لاکتات همراه می‌باشد. آن‌ها در نتایج خود ارتباط معنی‌داری بین FATmax و نقطه شروع تجمع لاکتات مشاهده کردند (۷).

### نتیجه‌گیری

بطور کلی به نظر می‌رسد میزان حداکثر اکسیداسیون چربی در حین فعالیت ورزشی چه در نوبت صبح و چه در نوبت عصر در افرادی که در صد چربی بیشتری دارند، بالاتر است که رسیدن به این میزان چربی سوزی، در نوبت عصر احتمالاً نیاز به

فعالیت شدیدیتر و مدت زمان بی شتری دارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر حداکثر اکسیداسیون چربی برای گروه های با وزن طبیعی و همچنین دارای اضافه وزن چه در نوبت صبح و چه در نوبت عصر در دامنه شدت فعالیت حدوداً بین ۳۰ تا ۵۵ درصد

VO<sub>2</sub>max رخ می دهد. با این حال، زمانی که هدف از تمرین کاهش وزن است و افرادی که فقط یک بار در روز می توانند فعالیت بدنی داشته باشند، بهتر است در نوبت صبح فعالیت را انجام دهند.

## منابع

۱. باسامی مینو، احمدی زاد سجاده، دان مک لارن، (۱۳۸۹)، تأثیر زمان روز بر سوخت و ساز چربی در طی فعالیت بدنی زیر بیشینه و دوره بازیافت، فیزیولوژی ورزشی، ۷: ۱۷۳-۱۹۰.
۲. خسروی نیکو، سوری رحمن، شاهقلیان سمیه، (۱۳۹۰)، تأثیر زمان فعالیت در روز بر شاخص های حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO, FAT max, MFO time) در زنان جوان سالم، علوم زیستی و ورزشی، ۱۱: ۷۵-۸۸.
۳. دمیرچی ارسلان، مهربانی جواد، (۱۳۸۸)، شیوع چاقی، اضافه وزن و پرفشاری خون و عوامل خطرزای مرتبط با آن ها در مردان بزرگسالان، المپیک، ۱۷: ۸۷-۱۰۴.
۴. روحانی هادی، دمیرچی ارسلان، حسن نیا صادق، روحانی زهرا، (۱۳۸۸)، مقایسه میزان اکسایش چربی در دامنه شدت های فعالیت دوییدن دانشجویان پسر غیرورزشکار، المپیک، ۴۴: ۱۲۱-۱۳۰.
۵. غیاث مجید، کرباسیان عباس، حیدری مقدم رشید، (۱۳۸۵)، بررسی تغییرات کورتیزول پلازما در ورزشهای استقامتی، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ۱۴: ۳۶-۴۰.
۶. محبی حمید، دمیرچی ارسلان، روحانی هادی، شادمهری سعیده، (۱۳۸۹)، مقایسه حداکثر اکسیداسیون چربی MFO در دانشجویان زن و مرد غیر ورزشکار، المپیک، ۵۰: ۴۳-۵۲.
7. Achten J, and Jeukendrup A. (2004). Relation between plasma lactate concentration and fat oxidation rates over a wide range of exercise intensities, *Int j sports med.* 25: 32-37.
8. Achten J, and Jeukendrup AE. (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet, *Nutrition.* 20: 716-727.
9. Achten J, Venables MC, and Jeukendrup AE. (2003). Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities, *Metabolism.* 52: 747-752.
10. Amani A, Somchit M, Konting MM, and Kok LY. (2010). Relationship between body fat percent and maximal oxygen uptake among young adults. *J Am Sci.* 6: 1-4.
11. Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, Madsen J, Gluud C, Bennett P, and Svenstrup B. (1992). The contribution of body composition, substrates, and hormones to the variability in energy expenditure and substrate utilization in premenopausal women, *J Clin Endo Metab.* 74: 279-286.
12. Bircher S, and Knechtle B. (2004). Relationship between fat oxidation and lactate threshold in athletes and obese women and men. *J sports sci med.* 3: 174.
13. Blaize AN, Body fat has no apparent effect on the maximal fat oxidation rate in young fit normal to overweight women. 2011, Miami University.
14. Bogdanis GC, Vangelakoudi A, and Maridaki M. (2008). Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women, *J sports sci med.* 7: 525.
15. Braun B, and Horton T. (2001). Endocrine regulation of exercise substrate utilization in women compared to men, *Exer sport sci rev.* 29: 149-154.

16. Bray M, and Young M. (2007). Circadian rhythms in the development of obesity: Potential role for the circadian clock within the adipocyte, *obes rev.* 8: 169-181.
17. Deschenes MR, Sharma JV, Brittingham KT, Casa DJ, Armstrong LE, and Maresh CM. (1998). Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses, *Eur J Appl Physiol Occup Physio.* 77: 249-256.
18. Hussain MM, and Pan X. (2009). Clock genes, intestinal transport and plasma lipid homeostasis, *Trends Endocrinol Metab.* 20: 177-185.
19. Jeukendrup A, and Achten J. (2001). Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise, *Eur J Sport Sci.* 1: 1-5.
20. Jeukendrup A, Saris W, and Wagenmakers A. (1998). Fat metabolism during exercise: A review. Part i: Fatty acid mobilization and muscle metabolism, *Int j sports med.* 19: 231-244.
21. Jeukendrup AE, Saris WH, and Wagenmakers AJ. (1998). Fat metabolism during exercise: A review--part iii: Effects of nutritional interventions, *Int J Sports Med.* 19: 371-379.
22. Kin-Isler A. (2006). Time-of-day effects in maximal anaerobic performance and blood lactate concentration during and after a supramaximal exercise. *Isokin Exer Sci,* 14: 335-340.
23. Kjaer M, Howlett K, Langfort J, Zimmerman-Belsing T, Lorentsen J, Bülow J, Ihlemann J, Feldt-Rasmussen U, and Galbo H. (2000). Adrenaline and glycogenolysis in skeletal muscle during exercise: A study in adrenalectomised humans, *J physiol.* 528: 371-378.
24. Knechtle B, Müller G, Willmann F, Kotteck K, Eser P, and Knecht H. (2004). Fat oxidation in men and women endurance athletes in running and cycling, *Int j sports med.* 25: 38-44.
25. Lanham-New SA, Macdonald IA, and Roche HM. (2011). *Nutrition and metabolism*, Wiley.
26. Lima-Silva AE, Bertuzzi RC, Pires FO, Gagliardi JF, Barros RV, Hammond J, and Kiss MA. (2010). Relationship between training status and maximal fat oxidation rate, *J sports sci med.* 9: 31.
27. Martin WH, and Klein S. (1998). Use of endogenous carbohydrate and fat as fuels during exercise. *Proc Nutr Soc,* 57: 49-54.
28. Mittendorfer B, Fields DA, and Klein S. (2004). Excess body fat in men decreases plasma fatty acid availability and oxidation during endurance exercise, *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 286: 354-362.
29. Mougios V. (2006). *Exercise biochemistry, Human Kinetics.*
30. Nordby P, Saltin B, and Helge J. (2006). Whole-body fat oxidation determined by graded exercise and indirect calorimetry: A role for muscle oxidative capacity, *Scand J Med Sci Sports.* 16: 209-214.
31. Powers SK, and Howley ET. (2007). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance.*
32. Powers SK, and Howley ET. (2012). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance.* McGraw-Hill.
33. Ross R, Dagnone D, Jones PJ, Smith H, Paddags A, Hudson R, and Janssen I. (2000). Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men: A randomized, controlled trial, *Ann intern med.* 133: 92-103.

34. Stavinoha MA, Rayspellicy JW, Hart-Sailors ML, Mersmann HJ, Bray MS, and Young ME. (2004). Diurnal variations in the responsiveness of cardiac and skeletal muscle to fatty acids, *Am J Physiol Endocrinol and Metab.* 287: 878-887.
35. Toyooka J, Yoshikawa K, and Adachi T. (1995). Substrate usage during prolonged exercise on morning and evening, *Jpn J Phys Fit Sport.* 44: 419-430.
36. Westerterp KR, Smeets A, Lejeune MP, Wouters-Adriaens MP, and Westerterp-Plantenga MS. (2008). Dietary fat oxidation as a function of body fat, *Am J Clin Nutr.* 87: 132-135.



**The effect of exercise day-time on maximal fat oxidation (MFO), Fatmax and Mfotime in normal and overweight women**

**Khosravi N<sup>1</sup>, Rohani H<sup>2\*</sup>, Ghaffari S<sup>3</sup>**

Received: 3/2/2016

Accepted: 24/8/2016

**Abstract**

**Aim:** The aim of current study was to evaluate the effect of exercise day-time on maximal fat oxidation (MFO), exercise intensity (FATmax) and time (MFOtime) that elicit MFO and their relation to body composition in normal and overweight women.

**Method:** Fourteen 20-30 years old students were randomly selected and participated in two normal weight ( $20 < \text{BMI} < 25 \text{ kg.m}^{-2}$ ) and overweight ( $\text{BMI} > 25 \text{ kg.m}^{-2}$ ) group. The data were analyzed using statistical tests of dependent and paired T-test to compare changes between session results.

**Results:** Mean value of MFO at morning was significantly higher in overweight group than that in normal group ( $p < 0.05$ ). Also, no significant differences were observed between groups at evening. There was no significant relationship between body fat percent and MFO at morning, nor at evening; however, there was a significant negative relationship between body fat percent and MFOtime in overweight group at evening ( $r = -0.92, p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Generally, it seems that maximal fat oxidation during exercise is higher in the people who have more body fat percentage. However, this is evident at morning rather than evening and enhancing fat oxidation at evening may need longer time exercise with higher intensity.

**Keywords:** Maximal Fat Oxidation (MFO), Fatmax, Mfotime, Body Composition, Overweight.

1. Assistant Professor, Alzahra University 2. Assistant Professor, Sport Sciences Research Institute of Iran, 3. MSc in Exercise Physiology

\*Email: h\_rohani7@yahoo.com