تمرینات FATmax، بهترین نوع تمرین ورزشی برای بهبود ترکیب چربی‌های بدن

فرشته شهیدی: استادیار و متخصص فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
***سودا محرم زاده**: دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی قلب و عروق، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (*نویسنده مسئول).
S.moharamzadeh@srttu.edu

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۲

چکیده

زمینه و هدف: اضافه وزن وچاقی از جمله ناهنجاری‌های بدنی است که می‌تواند از جوانب مختلف، سلامتی را تهدید کند. در مطالعات مختلف انجام گرفته در این زمینه، فعالیت منظم ورزشی (تمرین ورزشی) به عنوان عاملی برای بهبود ترکیب بدن و آمادگی قلبی- تنفسی در افراد دچار اضافه وزن و چاقی معرفی شده است. با این حال، میزان شدت فعالیت، به عنوان یکی از اصول تمرین، در تجویز تمرینات با هدف کاهش وزن، هنوز چالش برانگیز است. مطالعات بسیاری با هدف تعیین بهترین شدت تمرینی برای دستیابی به بیشترین میزان چربی سوزی انجام شده است که تحت عنوان FAT_{max} شناخته می‌شود. این مقاله سعی در مرور مطالعاتی دارد که در مورد فواید شدت‌های مختلف تمرینی تحقیق کرده و نتایج خود را گزارش کرده‌اند.

روش کار: این مطالعه به صورت مروری به تحقیقاتی می‌پردازد که تاثیرات تمرینات با شدت FAT_{max} را بررسی کرده اند. به این منظور کلیه مطالعات مرتبط با عناوین مورد بحث، صرف نظر از سال انجام آن‌ها، استفاده شده است و تنها مقالاتی مورد استناد قرار گرفته اند که در مجلات دارای ضریب تأثیر بیشتر از یک انتشار یافته‌اند.

یافته‌ها: بر طبق تعریف ارائه شده در بیشتر مطالعات، FAT_{max} بیانگر شدتی از فعالیت ورزشی است که بیشترین متابولیسم چربی در آن اتفاق می‌افتد و در هر فردی متفاوت و قابل اندازه گیری است. بر طبق بررسی نتایج مطالعات، FAT_{max} به طور متوسط در شدت بین ۳۹٪ تا ۶۵٪ VO_{2max} اتفاق می‌افتد و می تواند از ژنتیک، جنسیت، ترکیب بدن، سطح فعالیت بدنی و رژیم غذایی افراد تأثیر بپذیرد. تعیین شدت FAT_{max}، قبل از تجویز تمرین، هم در افراد سالم و هم در بیماران، به آگاهی فرد تمرین دهنده از وضعیت متابولیک وزشکار و کنترل بهتر آن جهت سهولت در نیل به هدف تمرین، بسیار کمک کننده خواهد بود. علی رغم مؤثر بودن این روش تمرینی، هنوز پرسش‌های بسیاری مطرح است، ازجمله اینکه آیا این نوع تمرینات بر دیگر تمرینات، مانند تمرینات تناوبی شدید ارجحیت دارد یا خیر، که پاسخ به آن ها تحقیقات بیشتری در این زمینه می‌طلبد.

نتیجه‌گیری: مرور مطالعات نشان می‌دهد که یافتن شدت FAT_{max} در هر فرد می‌تواند به طراحی بهینه تمرین با هدف چربی سوزی کمک مؤثری کند. با این حال بیشتر مطالعات انجام شده در این زمینه روی افراد سالم و افراد دارای اضافه وزن متوسط انجام شده است. این مطالعه مروری نشان داد که برای اظهار نظر قطعی درباره ارجحیت تجویز تمرینات FAT_{max}، نسبت به سایر پروتکل های تمرینی، هنوز نتایج کافی در دست نیست و بهتر است مطالعاتی با هدف مقایسه این نوع تمرینات با انواع پروتکل های تمرینی، بر روی اقشار مختلف و همچنین بررسی دقیق تر نتایج بیولوژیک تمرینات FAT_{max} طراحی و انجام شود.

کلیدواژه‌ها: FATmax، متابولیسم چربی، تمرینات تداومی

مقدمه

اضافه‌وزن و چاقی، ازجمله ناهنجاری‌های بدنی است که هم‌زمان می‌تواند به صورت‌های مختلف سلامتی را تهدید کند. همچنین دیگر عوامل تهدیدکننده سلامتی در کنار اضافه‌وزن، به‌طور قوی با توسعه و پیشرفت بیماری‌های قلبی، پرفشار خونی، دیابت نوع ۲، بیماری‌های تنفسی، انواع خاصی از سرطان، ناهنجاری‌های تناسلی و استئوآرتریت مرتبط هستند (۱، ۲). در مطالعات انجام شده، فعالیت منظم ورزشی (تمرین ورزشی)، به‌عنوان عاملی برای بهبود ترکیب بدن (۳) و آمادگی قلبی- تنفسی، در افراد دچار اضافه‌وزن و چاقی معرفی شده است (۴). همه این مطالعات بیان می‌کنند که فعالیت ورزشی با شدت متوسط، حداقل به‌عنوان بخشی از برنامه تمرینی این افراد باید قرار گیرد. در برنامه‌های کنترل وزن، فعالیت ورزشی به‌تنهایی، یا به همراه رژیم غذایی تجویز می‌شود. زمانی که فعالیت ورزشی تنها مداخله است، هدف اصلی معمولاً کاهش چربی بدن می‌باشد و زمانی که با رژیم غذایی ترکیب می‌شود،

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]

اغلب هدف، مبارزه با کاهش اکسیداسیون چربی است که اغلب با کاهش وزن مشاهده می‌شود (۵). شدت فعالیت ورزشی برای هر فرد، معمولاً با VO_{2max} یا HR_{max} مشخص می‌شود؛ اما اینکه چه شدتی از فعالیت ورزشی برای توصیه به این افراد مطلوب است، با وجود مطالعات بسیار هنوز هم جای بحث دارد. این مقاله سعی در مرور مطالعاتی دارد که در مورد فواید شدت تمرینی، تحت عنوان FAT_{max}، تحقیق کرده و نتایج خود را گزارش کرده‌اند و تلاش می‌شود مباحثی که در این زمینه هنوز جای مطالعه و تحقیق دارد بیان شود.

روش کار

FAT_{max} مفهومی نسبتاً جدید است که اگرچه مطالعات مختلفی پیرامون مباحث مرتبط با آن انجام شده است، اما هنوز سؤالات بسیاری در ارتباط با اثرات آن وجود دارد. در این مطالعه مروری، ازکلیه مقالات مرتبط با عناوین مورد بحث، صرف نظر از سال انجام آن‌ها، استفاده شده است و تنها مقالاتی مورد استناد قرار گرفته است که در مجلات دارای ضریب تأثیر بالاتر از یک انتشار یافته‌اند. مقالاتی که روش کار آن‌ها کامل توضیح داده نشده بود از روند بررسی حذف شد. همچنین تأکید بیشتر بر روی مقالاتی بود که به‌طور مستقیم کارآیی این روش تمرینی را سنجیده بودند. عناوین مورد بحث در این مرور، شامل اهمیت چربی سوزی حین فعالیت و تمرین ورزشی، مفهوم FAT_{max}، روش محاسبه شدت FAT_{max}، تجویز تمرین بر اساس FAT_{max}، تمرینات FAT_{max} در افراد چاق و دارای اضافه‌وزن و تمرینات FAT_{max} در برخی بیماری‌ها می‌باشد. در پایان، نتیجه گیری کلی از مجموع مطالعات مورد بررسی و بحث مرتبط با آن رائه شده است.

اهمیت چربی سوزی حین فعالیت و تمرین ورزشی: بقراط می‌نویسد:«چاقی نه تنها خود یک بیماریست، بلکه منادی امراض دیگر نیز هست» (۱). گذشته از این که چاقی یک ناهنجاری است، یکی از مهم‌ترین علل مرگ و میر نیز می‌باشد. در سال ۲۰۰۵ گزارش شد که چاقی با سبقت گرفتن از مصرف سیگار، اولین علت قابل پیشگیری مرگ می‌باشد (۶). همان طور که پیشتر اشاره شد، چاقی می‌تواند به‌عنوان یک عامل مستقل، احتمال ابتلا به بسیاری از بیماری‌ها را افزایش دهد. نشان داده شده است که فعالیت منظم ورزشی، می‌تواند به‌طور معنی‌داری خطر گسترش چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن را کاهش دهد (۱). وانگ (Wang) و همکاران در مطالعه‌ای که بر روی ۱۶۲۸۲ نفر انجام دادند، رفتارهای مرتبط با سلامت را در نجات یافتگان از سرطان و افراد غیر سرطانی مقایسه کردند. آن‌ها مشاهده کردند که بیشتر افرادی که قبلاً دچار سرطان شده بودند، در بسیاری از عوامل سبک زندگی مرتبط با سلامتی، شرایط بهتری نسبت به جامعه غیر سرطانی داشتند؛ مانند مصرف میوه، سبزیجات و توقف مصرف دخانیات. مهم ترین تفاوت بین افراد نجات یافته از سرطان و افراد سالم درصد چربی بدن و سطح فعالیت بدنی آن‌ها بود (۷).

به دلیل اهمیت فعالیت منظم ورزشی در بهبود ترکیب بدن و کاهش درصد چربی و همچنین از آنجا که بیشتر بیماری‌ها به سطوح بالای تری‌گلیسیرید خون و اختلال در ترکیب چربی بدن مرتبط هستند (۸)، مطالعات انجام شده طی دهه اخیر، بدنبال یافتن نوع و شدتی از فعالیت ورزشی بوده‌اند که می‌تواند بیشترین تأثیر را بر اکسیداسیون چربی داشته باشد.

مفهوم FAT_{max}: از نظر کمی، مهم‌ترین سوبسترا برای اکسیده شدن حین فعالیت ورزشی گلوکز است (۹). حداکثر میزان اکسیداسیون گلوکز حین فعالیت ورزشی، حدوداً دو برابر بیشتر از چربی است (۱۰). با این حال، فعالیت ورزشی ممکن است به‌طور معنی‌داری استفاده از چربی را در بدن به چند روش افزایش دهد:

- زمانی که فعالیت ورزشی سنگین و طولانی مدت باشد (بیش از یک ساعت)، به‌طوری که به تخلیه گلیکوژن منجر شود، از آن مرحله به بعد اکسیداسیون چربی به تدریج افزایش می‌یابد (۱۱).
- پس از فعالیت ورزشی بسیار شدید، گاهی اوقات مشاهده می‌شود که اکسیداسیون چربی به‌طور جبرانی افزایش می‌یابد. در برخی از

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]

جدول ۱- تأثیر برخی هورمون‌ها بر اکسیداسیون چربی و تعادل سوبسترا‌ها طی فعالیت ورزشی (۱۴)

هورمون	اثر
اپی نفرین	افزایش اکسیداسیون گلوکز در عضله، افزایش لیپولیز (beta effect)
نوراپی نفرین	افزایش اکسداسیون چربی در عضله
هورمون رشد (GH)	تحریک لیپولیز و کتوژنز، تحریک برداشت تری‌گلیسرید در کبد و عضله به وسیله‌ی افزایش بیان لیپوپروتئین لیپاز (LPL) و متعاقباً افزایش ذخایر چربی، افزایش اکسیداسیون چربی در کل بدن و استفاده بی هوازی از گلوکز و کاهش اکسیداسیون گلوکز، افزایش $Lipox_{max}$
IGF-I	مداخله در بسیاری از اعمال آنابولیکی هورمون رشد، تحریک عضله برای سنتز پروتئین، بهبود ذخایر گلیکوژن و افزایش لیپولیز
اینترلوکین ۶ (IL-6)	آدیپوکاین و میوکاینی که به عنوان سنسور انرژی عمل می‌کند و کینازهای فعال شونده بوسیله AMP را فعال کرده و دسترسی به گلوکز، لیپولیز و اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد
کورتیزول	افزایش ادیپوژنز و لیپولیز، کاهش برداشت گلوکز غیروابسته به انسولین
بتا اندورفین	کند کردن لیپولیز به وسیله‌ی نالوکسان
آدیپونکتین	افزایش اکسیداسیون چربی عضله از طریق فسفوریلاسیون AMPK
لپتین	افزایش اکسیداسیون چربی عضله و کاهش برداشت چربی توسط عضله و بنابراین کاهش ذخایر چربی درون سلولی عضله

نوشته‌ها، مقدار آن به بزرگی اکسیداسیون چربی حین فعالیت ورزشی متوسط ذکر شده است و نه بیشتر (۱۲, ۱۳). این مسئله بدین معنی است که این نوع اکسیداسیون چربی پس از فعالیت ورزشی ممکن است وجود داشته باشد، اما بعید به نظر می‌رسد که دوام داشته باشد و اغلب کاملاً آهسته است. به گفته وارن (Warren) و همکاران، بدون شک یک وهله فعالیت ورزشی موجب چربی سوزی خواهد شد، اما مهم‌ترین مسئله، احتمالاً یافتن محدوده‌ای است که در آن، چربی به بیشترین مقدار اکسیده می‌شود (۱۴).

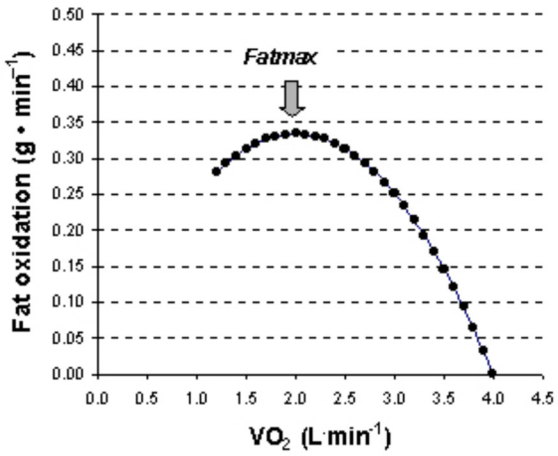
• فعالیت ورزشی ممکن است به گونه‌ای باشد که از چربی به‌عنوان منبع اصلی انرژی خود استفاده کند. طی حالت پایدار فعالیت ورزشی اجرا شده با شدت پایین، معمولاً مقادیر معنی‌داری چربی اکسیده می‌شود (۱۵). فعالیت ورزشی در حالت پایدار در این شدت، می‌تواند موجب اکسیداسیون چربی به میزان ۴۰۰ تا بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در دقیقه شود (۱۶, ۱۷).

• فعالیت منظم ورزشی در طولانی مدت ممکن است توانایی اکسیداسیون چربی را در حالت استراحت افزایش دهد و بنابراین تعادل مصرف سوبسترا را تا ۲۴ ساعت، به سمت اکسیداسیون مقادیر بالاتر چربی جابجا کند (۱۸). علی رغم اثر بخشی معنی‌دار چنین تمریناتی بر کاهش وزن، تعریف انواع فعالیتی که می‌تواند تا ۲۴ ساعت اکسیداسیون چربی را افزایش دهد، هنوز بسیار محتاطانه است (۱۵).

اولین بار در سال ۲۰۰۱ مفهوم اکسیداسیون بیشینه چربی برای شدت ویژه‌ای از فعالیت ورزشی مطرح شد (۵). بر اساس این تعریف، شدتی از فعالیت ورزشی که در آن بالاترین سطح از اکسیداسیون چربی به دست می‌آید، «FAT_{max}» (۵)، «$LIPOX_{max}$» (۱۹) یا «$FATOX_{max}$» (۲۰) نامیده می‌شود.

اولین بار در سال ۱۹۳۹، کریستنسن و هانسن مشاهده کردند که تغییر در شدت تمرین، موجب تغییر در مصرف سوبسترا می‌شود (۲۱). با افزایش شدت فعالیت ورزشی، سهم نسبی کربوهیدرات به‌عنوان سوخت افزایش می‌یابد و هم‌زمان سهم نسبی اکسیداسیون چربی کاهش خواهد یافت. با این حال، به بیان درست‌تر اکسیداسیون کربوهیدرات متناسب با افزایش شدت فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد، درحالی که اکسیداسیون چربی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد (۵). گزارش شده است که در شدت فعالیت ورزشی زیر ۲۵٪VO_{2max}، بیشترین منبع انرژی عضله را چربی تشکیل می‌دهد، در حالی که گلیکوژن هنوز نقشی در تأمین انرژی ندارد (۲۲). بالاتر از این سطح گلیکوژن به سرعت به منبع غالب انرژی تبدیل می‌شود، اما اکسیداسیون چربی نیز همچنان درحال افزایش است تا به نقطه FAT_{max}

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]



شکل ۱- منحنی اکسیداسیون چربی بر اساس شدت فعالیت ورزشی (VO2)

می‌رسد. در شدت‌های بالاتر از این سطح، میزان اکسیداسیون چربی کاهش می‌یابد (شکل ۱). برای چنین کاهشی علل مختلفی ذکر شده است (۱۰) که یکی از مهم‌ترین آن‌ها ممکن است تغییرات هورمونی باشد (جدول ۱) (۱۵). با این حال سازوکار دقیق هنوز مشخص نیست (۱۰).

برخی از مطالعات نشان داده‌اند که FAT_{max} در شدت بین ۳۹٪ تا ۶۵٪ VO_{2max} اتفاق می‌افتد و ممکن است بر اساس ژنتیک، جنسیت، ترکیب بدن، سطح فعالیت بدنی و رژیم غذایی افراد متفاوت باشد (۱۶, ۱۷, ۲۵-۲۳).

روش محاسبه شدت FAT_{max}: همان‌طور که پیشتر گفته شد، با تغییر شدت فعالیت ورزشی از کم تا متوسط، میزان خالص اکسیداسیون چربی افزایش می‌یابد و با بیشتر شدن شدت فعالیت از این مقدار، از مقدار اکسیداسیون چربی کاسته می‌شود. به این منظور، برای یافتن شدتی از فعالیت که در آن بیشترین میزان اکسیداسیون چربی اتفاق می‌افتد، از یک آزمون فزاینده ورزشی، معمولاً بر روی نوار گردان یا چرخ کارسنج استفاده می‌شود. در مطالعات مختلف، مدت زمان هر سطح و میزان افزایش شدت از سطحی به سطح دیگر، متفاوت بود. البته چنین به نظر می‌رسد که با توجه به استفاده از ابزار اندازه‌گیری مستقیم اکسیژن مصرفی (دستگاه تجزیه کننده گازهای تنفسی-respiratory gas analyzer)، اصل فزاینده بودن آزمون و دارا بودن زمان کافی هرسطح برای رسیدن به حالت پایدار مصرف انرژی، کفایت می‌کند. با این حال، در نظر داشتن آمادگی بدنی افراد شرکت کننده در آزمون، برای تعدیل شدت نقطه شروع و شیب افزایش شدت، امری منطقی است. آزمون‌های انجام شده معمولاً دارای دو قسمت، یکی تا رسیدن RER Respiratory (Exchange Ratio-RER) به یک و دیگری تا رسیدن به واماندگی است. داده‌های به دست آمده در قسمت اول برای محاسبه حداکثر اکسیداسیون چربی (Maximal Fat Oxidation-MFO) استفاده شده و برای محاسبه VO_{2max} بخش دوم آزمون اجرا می‌شود. میانگین میزان VO2 و VCO2 در لحضات پایانی هر سطح، ثبت می‌شود که این بازه زمانی، بسته به مدت زمان هر سطح، ممکن است از ۱۵ ثانیه (۲۶) تا ۳ دقیقه (۲۷) متفاوت باشد. سپس برای اندازه گیری میزان اکسیداسیون چربی از معادل استوکیومتری، با فرض قابل اغماض بودن میزان دفع نیتروژن، استفاده می‌شود:

معادله ۱:

$$FAT_{max} = 1.67*VO2 - 1.67*VCO2$$

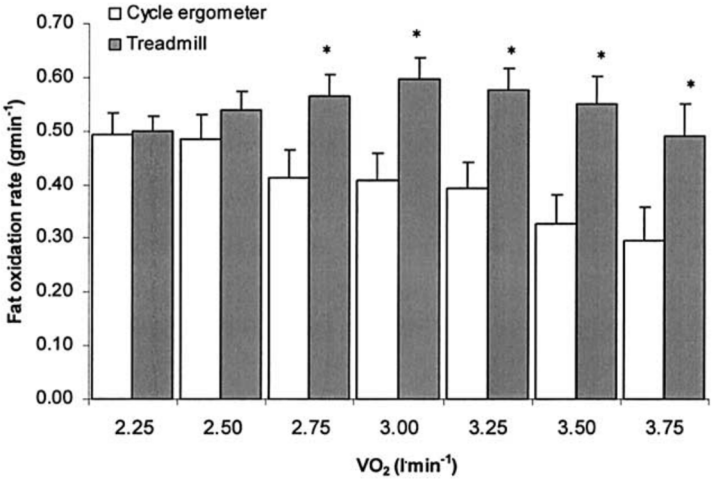
که در آن عدد ثابت ۱/۶۷ برابر حجم VO2 و VCO2 به هنگام اکسیداسیون یک گرم چربی است (۲۸). پس از محاسبه FAT_{max} برای هر سطح و به دست آوردن بیشترین مقدار آن، دامنه ضربان قلب برای شدت FAT_{max} و میانگین ضربان قلب برای مدتی که VO2 و VCO2 در آن سطح

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]

ثبت شده بود، محاسبه می‌شود. از آن پس می‌توان شدت به دست آمده را بر اساس درصدی از VO_{2max} یا HR_{max} بیان کرد.

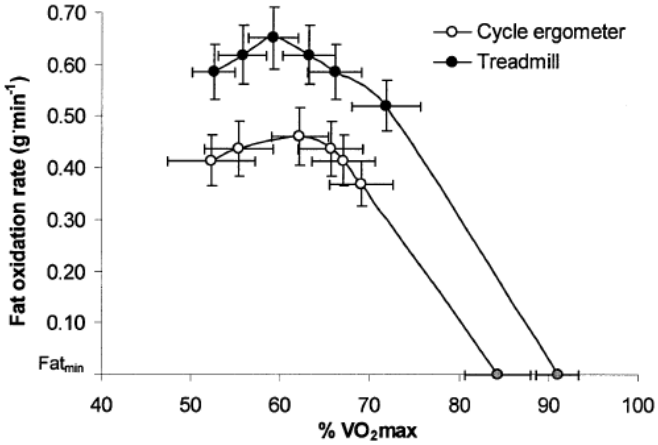
یکی از اولین مطالعاتی که در جهت تعیین شدت FAT_{max} انجام شد، مطالعه آکتن و همکاران بود (۲۷). در این مطالعه آزمون فزاینده طراحی شده بر روی دوچرخه ثابت انجام می‌شد و به این صورت بود که با ۹۵ وات شروع می‌شد، هر سطح ۵ دقیقه طول می‌کشید و پس از این مدت، ۳۵ وات به شدت افزوده می‌شد تا زمانی که نسبت تبادل تنفسی (RER) به یک برسد. پس از آن به ازای هر ۲ دقیقه، به همان میزان بر شدت آزمون اضافه می‌شد تا زمانی‌که آزمودنی به واماندگی برسد. نموداری که آکتن و همکاران از رابطه اکسیداسیون چربی و شدت فعالیت به دست آوردند مشابه نتایج مطالعه پیشین آن‌ها بود (۵). در مطالعه دیگری که همان گروه یک سال بعد، در سال ۲۰۰۳ انجام دادند، تفاوت انجام آزمون بر روی نوار گردان و دوچرخه را مقایسه کردند (۲۹). به این منظور دو پروتکل مختلف برای آزمون، یکی بر روی نوار گردان و دیگری بر روی دوچرخه طراحی شد. پروتکل دوچرخه مشابه مطالعه قبل بود، با این تفاوت که مدت زمان هر سطح از ابتدا تا زمان واماندگی ۳ دقیقه بود. در این مطالعه اعلام شد که تغییر انجام شده در پروتکل، بر پایه نتایج به دست آمده از مطالعه قبل بود، به‌طوری که بر اساس نتایج، مدت زمان ۳ دقیقه برای هر سطح و همچنین ماهیت فزاینده بودن آزمون، اثری بر مقدار بیشینه اکسیداسیون چربی یا تعیین شدت فعالیت متناسب با آن ندارد (۲۷). آزمون نوارگردان، به صورت گرم کردن با سرعت ۵/۵ کیلومتر بر ساعت و ۶/۵ کیلومتر بر ساعت با شیب ۱٪ به مدت سه دقیقه، شروع با ۷/۵ کیلومتر بر ساعت با شیب ۱٪ و اضافه شدن شیب به میزان ۲٪ در هر سطح تا رسیدن RER به یک، بود. نتایج مطالعه آنان نشان داد که میزان اکسیداسیون چربی طی دویدن در مقایسه با دوچرخه سواری به‌طور معنی‌داری بیشتر است (۰/۰۵± ۰/۶۵ در مقابل ۰/۰۵±۰/۴۷ گرم بر لیتر). با این حال شدتی از فعالیت که در آن FAT_{max} به دست میاید، در دو آزمون دوچرخه و نوار گردان تفاوتی نداشت (۳/۱±۶۲/۱ در مقابل ۲/۸±۵۹/۲ درصد VO_{2max}، به ترتیب) (اشکال ۲ و ۳).

در مطالعه دیگری، آزمون طراحی شده جهت اندازه گیری MFO بر روی نوارگردان، به این صورت بود: سطح اول با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت و شیب ۱٪ به مدت سه دقیقه؛ زمان و شیب ثابت و افزایش سرعت به ۴، ۶ و ۶/۵ به ترتیب در سطوح دوم تا چهارم و اجرای آزمون تا رسیدن RER به یک (۲۶). به‌طور کلی، برای تعیین FAT_{max} ازآزمون ورزشی فزاینده با سطح‌های طولانی مدت و شیب افزایش شدت کوتاه باید استفاده کرد (۳۰). برای سنجش اعتبار آزمون‌های اینچنین FAT_{max}، آزمون فزاینده با ۴

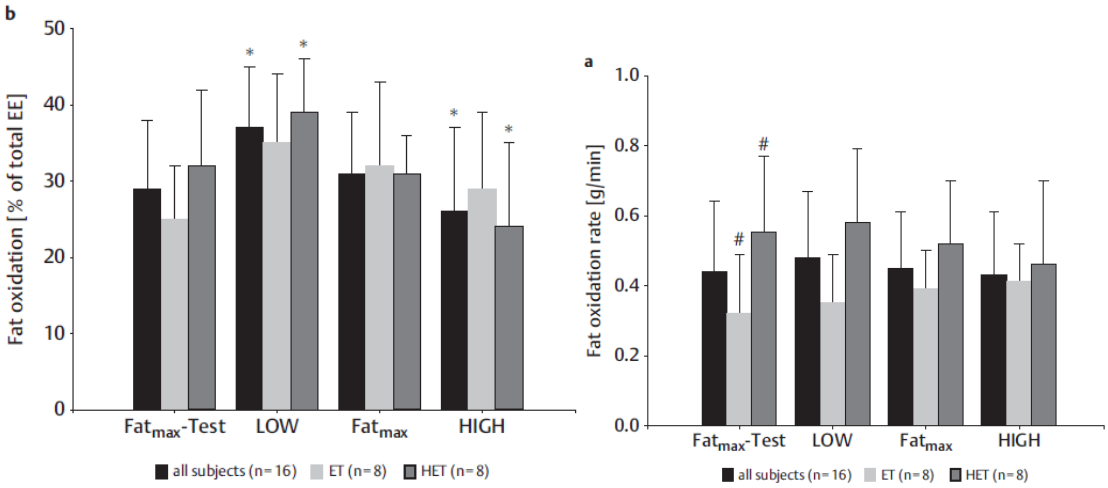


شکل ۲- میانگین اکسیداسیون چربی طی آزمون دوچرخه و نوارگردان بین ۵۰٪ تا ۸۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی. تعداد= ۱۲؛ * تفاوت معنی دار بین دو نوع آزمون.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]



شکل ۳- اکسیداسیون چربی نسبت به شدت فعالیت، بیان شده به صورت درصد حداکثر اکسیژن مصرفی طی پروتکل دوچرخه و نوارگردان. تعداد=۱۲



شکل ۴- a) اکسیداسیون چربی برحسب گرم بر دقیقه. تفاوت معنی دار بین گروه *HET و **ET در آزمون FAT_{max}. b) اکسیداسیون چربی بر حسب درصد هزینه انرژی کل. تفاوت بین افراد HET در دو جلسه LOW و HIGH.

* High Endurance Trained، ** Endurance trained

تا ۶ آزمون ورزشی طولانی مدت با شدت ثابت، متناظر با بار کاری هر سطح از آزمون فزاینده، قبل از رسیدن به RER برابر یک، مقایسه می‌شود (۲۷).

تجویز تمرین بر اساس FAT_{max}: چنانچه پیشتر گفته شد، هدف از تعیین FAT_{max}، یافتن شدتی است که بتوان تمرینات تداومی استقامتی را در آن شدت انجام داد و به بیشترین سطح چربی‌سوزی دست یافت؛ اما پرسشی که باقی می‌ماند این است که آیا تعمیم شدت به‌دست آمده در آزمون کوتاه مدت، به جلسات تمرینی بلند مدت، نتایج یکسانی از لحاظ اکسیداسیون چربی و هزینه انرژی دارد و آیا سطح آمادگی بدنی فرد، تفاوتی در این شدت ایجاد می‌کند؟ شویندلینگ و همکاران، مطالعه‌ای در جهت پاسخ به این سوال انجام دادند (۳۰). آن‌ها پس از تعیین FAT_{max}، سه جلسه یک ساعته فعالیت تداومی، با شدت پایینتر از FAT_{max}، FAT_{max} و بالاتر از FAT_{max}، در دو گروه با آمادگی هوازی متوسط (Endurance -ET Trained) و بالا (High Endurance -HET Trained) طراحی و اجرا کردند. نتایج مطالعات آن‌ها در شکل ۴ آورده شده است. همان طوری که در شکل مشاهده می‌شود، میزان اکسیداسیون چربی بر حسب گرم بر دقیقه، به‌طور کلی در گروه HET بهتر از گروه ET است. با این حال، زمانی که میزان اکسیداسیون چربی به صورت درصدی از

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]

کل هزینه انرژی در نظر گرفته شد، بین دو گروه تفاوتی نبود. هرجند در شدت های بالاتر و پایین‌تر از FAT_{max}، بین گروه ها تفاوتمعنی داری وجود داشت.

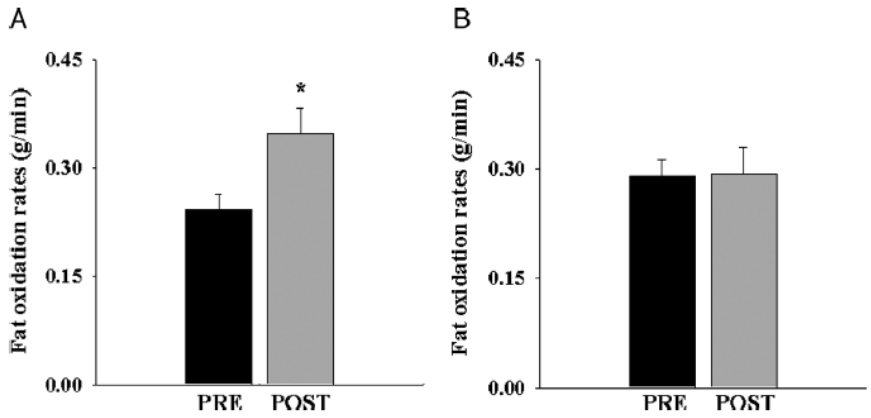
افزایش مقدار اکسیداسیون چربی و رساندن آن به حد بیشینه، یکی از اهداف رایج ورزش، چه به صورت قهرمانی و چه تفریحی، می‌باشد. با این‌حال، ضرورت تمرین منظم ورزشی با هدف سوزاندن چربی در برخی از گروه‌ها بیشتر احساس می‌شود. از آن جمله می‌توان به افراد چاق یا دارای اضافه‌وزن، بیماران دچار به عوارض چاقی، بیماران سندروم متابولیک، افراد مبتلا به دیابت نوع ۲، برخی بیماران قلبی- عروقی و سرطانی اشاره کرد. تاکنون تقریباً در تمام این زمینه‌ها مطالعاتی انجام شده است و تقریباً در هیچ قشری، مطالعات به اندازه‌ای قوی و مکرر نیستند که بتوان نظر قطعی درباره برتری تمرینات FAT_{max} نسبت به سایر تمرینات داد. در قسمت بعد برخی از مطالعات به تفکیک گروه‌های مورد مطالعه، بررسی می‌شود.

تمرینات FAT_{max} در افراد چاق و دارای اضافه‌وزن: بدون شک یکی از اصلی‌ترین گروه‌های هدف، برای تجویز تمرینات FAT_{max}، افراد چاق یا دارای اضافه‌وزن هستند. پیرامون اثرات چنین تمریناتی در این افراد مطالعات مختلفی انجام شده است. در مطالعه‌ای که ونابلس و جکندراپ بر روی مردان چاق میانسال سالم انجام دادند، تأثیر دو نوع تمرین تداومی با شدت FAT_{max} و تمرین تناوبی ایزوکالریک که به صورت توازن متقابل در دو وهله ۴ هفته‌ای، با ۶ هفته استراحت بین دو وهله را بر برخی متغیرهای متابولیکی سنجیدند (۳۱). آن‌ها نشان دادند که برنامه تمرینی تداومی با شدت FAT_{max} نسبت به برنامه تمرینی تناوبی با شدت متوسط، برای افزایش اکسیداسیون چربی در بزرگسالان چاق دارای برتری‌هایی است، ازجمله اینکه میزان اکسیداسیون چربی پس از تمرین تداومی –برعکس تمرین تناوبی- افزایش یافت (شکل ۵).

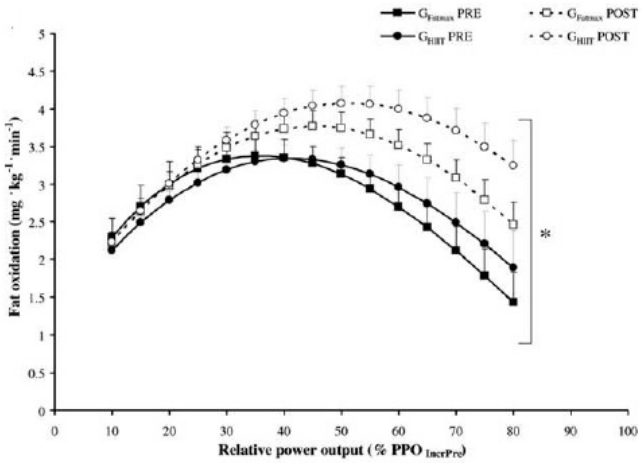
در مطالعه تقریباً مشابه دیگری که اخیراً بر روی ۲۰ مرد، با چاقی درجه دو و سه انجام شده است، دو نوع تمرین تناوبی شدید HIIT و تمرین تداومی با شدت FAT_{max}، به مدت دو هفته، از لحاظ برخی سازگاری‌های متابولیک و هوازی مقایسه شدند (۳۲). میزان اکسیداسیون چربی در هر دو گروه در اثر تمرین افزایش پیدا کرده بود که این افزایش مستقل از کاهش وزن بود (شکل ۶). با این‌حال، تمرین FAT_{max}، دارای مزایای اضافه‌تری، ازجمله کاهش سطح انسولین و کاهش اسیدچرب غیر استریفید استراحتی بود.

تان و همکاران نشان دادند که ۸ هفته تمرین FAT_{max}، در زنان جوان دچار اضافه‌وزن می‌تواند توده چربی بدن، غلظت تری‌گلیسرید و غلظت کلسترول تام را کاهش و حداکثر اکسیژن مصرفی را افزایش دهد (۳۳). آن‌ها بار دیگر در سال ۲۰۱۴، طی مطالعه‌ای اثرات مثبت ۱۰ هفته تمرین FAT_{max} را بر ترکیب بدن و متابولیسم چربی، این‌بار در زنان اضافه‌وزن میانسال بررسی کردند (۲۶). بر اساس مشاهدات آنان، وزن بدن، درصد چربی، توده چربی بر حسب کیلوگرم، چربی شکمی، دورکمر، تری‌گلیسرید، کلسترول تام، لپتین سرم و قند خون در آزمودنی‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین سطح لیپوپروتئین لیپاز خون و میزان حداکثر اکسیداسیون چربی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. علی‌رغم اینکه تان و همکاران یک مطالعه مشابه را در دو گروه سنی مختلف از زنان انجام داده و نتایج مشابه دریافت کردند، اما مقایسه نظری بین این دو گروه انجام ندادند. تان و همکاران در سال ۲۰۱۵، همین مطالعه را در پسران چاق ۱۰-۸ ساله انجام داده و تأثیرات را با گروه همگن لاغر در شرایط آزمایشی برابر مقایسه کردند. تأثیرات در آزمودنی‌های چاق مشابه مطالعه پیشین بود (۲۶)، به‌جز اینکه توده خالص بدنی نیز در هر دو گروه چاق و لاغر افزایش یافت. به غیر از این تشابه، هیچ تغییر مشابه دیگری بین دو گروه چاق و لاغر از لحاظ ترکیب بدن نبود. در این مطالعه نیز مقایسه‌ای بین گروه‌های سه مطالعه، انجام نشده بود و به نظر می‌رسد مقایسه دقیق تأثیر افزایش سن بر چنین تأثیری از تمرینات FAT_{max}، جای تحقیق بیشتری دارد. همچنین، علی‌رغم اینکه مطالعاتی از این دست بر روی

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]



شکل ۵- مقدار مطلق اکسیداسیون چربی طی ۳۰ دقیقه فعالیت ورزشی با ۵۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی قبل از تمرین، قبل و پس از تمرین تداومی (A) و تمرین تناوبی (B)



شکل ۶- میانگین اکسیداسیون چربی کل بدن برحسب میلی‌گرم بر دقیقه بر کیلوگرم وزن بدن. *P<0.05 برای اثر زمان.

گروه‌های مردان و زنان به‌طور مجزا انجام شده است، اما هنوز تأثیر جنسیت، به‌عنوان یک عامل مستقل بر تأثیرپذیری ترکیب بدن و متابولیسم چربی از تمرینات FAT_{max} بررسی نشده است.

تمرینات FAT_{max} در برخی بیماری‌ها: همان طورکه پیشتر اشاره شد، افزایش تجمع چربی در بدن علاوه بر این‌که به‌طور مستقل یک بیماری محسوب می‌شود، علت بسیاری از بیماری‌های دیگر نیز می‌تواند باشد. در این دسته از بیماری‌ها، معمولاً کاهش جربی بدن گامی به‌سوی بهبود سلامت محسوب می‌شود. مفهوم سندروم متابولیک اولین بار در دهه ۱۹۹۰ معرفی شد. مطالعات اندکی پیرامون تأثیر تمرین ورزشی با شدت حداکثر اکسیداسیون چربی بر علائم سندروم متابولیک انجام شده است. از معدود مطالعات انجام شده در این زمینه، تحقیق دومورتیر و همکاران بود (۳۴) که تأثیر تمرینات FAT_{max} را بر حساسیت انسولینی در بیماران سندروم متابولیک بررسی کردند. آنان مشاهده کردند که انجام تمرین به مدت دو ماه، اکسیداسیون چربی، ترکیب بدن و مقاومت انسولینی را در این افراد بهبود می‌دهد. در مطالعه مروری که بیانکی و همکاران انجام دادند، درمان‌های توصیه شده برای رفع علائم سندرم متابولیک را به تفکیک بررسی کردند (۳۵). آنان در توصیه‌ای کلی، فعالیت ورزشی منظم را به‌عنوان درمانی ثابت برای بهبود و حتی رفع سندروم متابولیک پیشناد می‌کنند، اما شدت و نوع تمرین برای دستیابی به بهترین پاسخ هنوز جای سؤال است. به نظر می‌رسد مطالعات برای اظهار نظر قطعی در باره تأثیر تمرینات FAT_{max} بر سندرم متابولیک کافی نیست.

به‌طور کلی، هر ناهنجاری‌ای که در اثر اختلال

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]

در سیستم سوخت و ساز بدن ایجاد می‌شود، از تمرین ورزشی تأثیر مثبت می‌پذیرد. در مطالعه مروری که ساکاموتو و همکاران در سال ۲۰۱۲ انجام دادند، تأثیر تمرینات FAT_{max} را بر روی انواع بیماری‌های متابولیکی، به‌ویژه دیابت نوع ۲، به‌طور کامل بررسی کردند (۳۶). جهت دریافت اطلاعات بیشتر به این مقاله مروری مراجعه شود.

بحث و نتیجه‌گیری

اگرچه از دهه‌ها پیش به فواید و ضرورت تمرین ورزشی در حفظ و ارتقای سلامت عمومی بدن پی برده شده است، اما از همان ابتدای امر، همواره چگونگی فعالیت ورزشی جای پرسش بوده است. مفهوم FAT_{max} به تازگی معرفی شده است و همان طور که انتظار می‌رود، هنوز سؤالاتی بسیاری پیرامون آن وجود دارد. به نظر می‌رسد، برای اظهار نظر قطعی درباره بهترین بودن این شیوه تمرینی، برای بهبود ترکیب چربی بدن، هنوز زود است. علی‌رغم اینکه بهبود ترکیب بدن و کاهش چربی خون، هدف درمانی بسیاری از بیماری هاست، اما تحقیقات عمدتاً بر روی افراد سالم اضافه‌وزن یا چاق انجام شده است. از طرفی حتی در مورد افراد سالم چاق یا اضافه‌وزن، مطالعات، قابل توصیه قطعی نیست، چراکه مطالعات بسیار اندکی، این تمرینات را در کنار انواع دیگر تمرینات قرار داده و نتایج را مقایسه کرده‌اند؛ بنابراین پاسخ پرسش‌هایی از این قبیل که آیا این نوع تمرینات، در بیمارانی که به نحوی چربی اضافه باعث وخیم شدن وضع آن‌ها شده است، بر دیگر تمرینات ارجحیت دارد یا خیر، تحقیقات بیشتری می‌طلبد. از این‌رو پیشنهاد می‌شود که علاقه‌مندان به این مبحث مطالعاتی پیرامون تأثیر این تمرینات بر قشرهای مختلف و البته مقایسه هم‌زمان با تمرینات دیگر طراحی و اجرا کنند.

منابع

1. Haslam D, James W. Obesity Lancet. 366: 1197–1209. Google Scholar, Crossref, Medline. 2005.
2. Zalesin KC, Franklin BA, Miller WM, Peterson ED, McCullough PA. Impact of obesity on cardiovascular disease. Medical Clinics. 2011;95(5):919-37.
3. Kemmler W, von Stengel S, Engelke K, Häberle L, Mayhew JL, Kalender WA. Exercise, body composition, and functional ability: a randomized controlled trial. American journal of preventive medicine. 2010;38(3):279-87.
4. Schjerve IE, Tyldum GA, Tjønna AE, Stølen T, Loennechen JP, Hansen HE, et al. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. Clinical science. 2008;115(9):283-93.
5. Jeukendrup A, Achten J. Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise? European Journal of Sport Science. 2001;1(5):1-5.
6. Mokdad AH, Marks JS, Stroup DF, Gerberding JL. Correction: actual causes of death in the United States, 2000. Jama. 2005;293(3):293-4.
7. Wang Z, McLoone P, Morrison D. Diet, exercise, obesity, smoking and alcohol consumption in cancer survivors and the general population: a comparative study of 16 282 individuals. British journal of cancer. 2015;112(3):572.
8. Association AD. 8. Cardiovascular disease and risk management. Diabetes care. 2016;39(Supplement 1):S60-S71.
9. Friedlander AL, Jacobs KA, Fattor JA, Horning MA, Hagobian TA, Bauer TA, et al. Contributions of working muscle to whole body lipid metabolism are altered by exercise intensity and training. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 2007;292(1):E107-E16.
10. Sahlin K, Sallstedt E, Bishop D, Tonkonogi M. Turning down lipid oxidation during heavy exercise—what is the mechanism. J Physiol Pharmacol. 2008;59(Suppl 7):19-30.
11. Watt M. Steinberg GR, Heigenhauser GJF, Spriet LL, and Dyck DJ. Hormone-sensitive lipase activity and triacylglycerol hydrolysis are decreased in rat soleus muscle by cyclopiazonic acid Am J Physiol Endocrinol Metab. 2003;285:E412-E9.
12. Folch N, Péronnet F, Massicotte D, Duclos M, Lavoie C, Hillaire-Marcel C. Metabolic response to small and large 13 C-labelled pasta meals following rest or exercise in man. British Journal of Nutrition. 2001;85(6):671-80.
13. Melanson EL, Sharp TA, Seagle HM, Donahoo WT, Grunwald GK, Peters JC, et al. Resistance and aerobic exercise have similar effects on 24-h nutrient oxidation. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2002;34(11):1793-800.
14. Warren A, Howden EJ, Williams AD, Fell JW, Johnson NA. Postexercise fat oxidation: effect of exercise duration, intensity, and modality. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2009;19(6):607-23.
15. Brun JF, Romain AJ, Mercier J. Maximal lipid

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]

oxidation during exercise (Lipoxmax): From physiological measurements to clinical applications. Facts and uncertainties. Science & Sports. 2011;26(2):57-71.

16. Achten J, Jeukendrup AE. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. Nutrition. 2004;20(7):716-27.

17. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. Journal of applied physiology. 2005;98(1):160-7.

18. Barwell ND, Malkova D, Leggate M, Gill JM. Individual responsiveness to exercise-induced fat loss is associated with change in resting substrate utilization. Metabolism-Clinical and Experimental. 2009;58(9):1320-8.

19. Perez-Martin A, Mercier J, editors. Stress tests and exercise training program for diabetics-Initial metabolic evaluation. Annales D Endocrinologie; 2001: Masson Editeur 120 Blvd Saint-Germain, 75280 Paris 06, France.

20. Dériaz O. Skeletal muscle low attenuation area and maximal fat oxidation rate during submaximal exercise in male obese individuals. International Journal of Obesity. 2002;26(10):1406.

21. Christensen E HO. Arbeitsfahigkeit und ernahrung Scand Arch Physiol. 1939;81:160-71.

22. Romijn J, Coyle E, Sidossis L, Gastaldelli A, Horowitz J, Endert E, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism. 1993;265(3):E380-E91.

23. Achten J, Jeukendrup AE. The effect of pre-exercise carbohydrate feedings on the intensity that elicits maximal fat oxidation. Journal of Sports Science. 2003;21(12):1017-25.

24. Stisen AB, Stougaard O, Langfort J, Helge JW, Sahlin K, Madsen K. Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women. European journal of applied physiology. 2006;98(5):497-506.

25. Bogdanis GC, Vangelakoudi A, Maridaki M. Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women. Journal of sports science & medicine. 2008;7(4):525.

26. Tan S, Wang J, Cao L, Guo Z, Wang Y. Positive effect of exercise training at maximal fat oxidation intensity on body composition and lipid metabolism in overweight middle-aged women. Clinical physiology and functional imaging. 2016;36(3):225-30.

27. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. Medicine and science in sports and exercise. 2002;34(1):92-7.

28. Frayn K. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. Journal of applied physiology. 1983;55(2):628-34.

29. 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.

30. Schwindling S, Scharhag-Rosenberger F, Kindermann W, Meyer T. Limited benefit of Fatmax-test to derive training prescriptions. International journal of sports medicine. 2014;35(04):280-5.

31. Venables MC, Jeukendrup AE. Endurance training and obesity: effect on substrate metabolism and insulin sensitivity. Medicine and science in sports and exercise. 2008;40(3):495-502.

32. Lanzi S, Codecasa F, Cornacchia M, Maestrini S, Capodaglio P, Brunani A, et al. Short-term HIIT and Fatmax training increase aerobic and metabolic fitness in men with class II and III obesity. Obesity. 2015;23(10):1987-94.

33. Tan S, Wang X, Wang J. Effects of supervised exercise training at the intensity of maximal fat oxidation in overweight young women. Journal of Exercise Science & Fitness. 2012;10(2):64-9.

34. Dumortier M, Brandou F, Perez-Martin A, Fedou C, Mercier J, Brun J. Low intensity endurance exercise targeted for lipid oxidation improves body composition and insulin sensitivity in patients with the metabolic syndrome. Diabetes & metabolism. 2003;29(5):509-18.

35. Bianchi C, Penno G, Romero F, Del Prato S, Miccoli R. Treating the metabolic syndrome. Expert review of cardiovascular therapy. 2007;5(3):491-506.

36. Sakamoto S, Konishi M, Kim HK, Endoh N, Takahashi M, Takagi S, et al. Exercise prescription for fat metabolism disorder-From the viewpoint of fat oxidation rate. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2012;1(3):499-504.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]

Original Article http://rjms.iums.ac.ir

FATmax training, the best manner of training to improve composition of body fat

Fereshteh Shahidi, PhD, Assistant Professor of Sport Physiology, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Science, Shahid Rajaii Teacher Teaching University, Tehran, Iran.
***Sevda Moharamzadeh**, MSc, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Science, Shahid Rajaii Teacher Teaching University, Tehran, Iran (*Corresponding author).
s.moharamzadeh@srttu.edu

Abstract

Background: Overweight and obesity, as physical disorders, can threaten health in different ways. Regular exercise (training) is defined as an improving factor for body composition and cardiorespiratory fitness in overweight and obese people. However, the intensity of exercise, as one of the training principles, for attaining the highest fat burning effect, is still challenged. This paper reviewed the studies that have investigated the benefits of different intensities of exercise on fat burning.

Methods: This paper provides an overview of the researches that have investigated the effects of exercise with intensity of FATmax, disregard the date of published material. Journals with impact factor ≥1 have been documented.

Results: According to most of the studies, FATmax presents an intensity of exercise that the greatest fat metabolism rate occurred in which varies and is measurable in different individuals. According to the results of investigations, FATmax occurs between the range of 39 to 65%VO2max and can be affected by genetics, gender, body composition, physical activity level and diet. It can be helpful to determine FATmax intensity, before exercise prescribing in both healthy and unhealthy individuals. So, the trainer could be aware of metabolic situation of client for better control and reaching the training goal. Although this method of practice is effective, there are a lot of questions in this regard. Whether this type of training is preferred to other exercise protocols, such as high intensity interval training or not, is still unclear and needs more research.

Conclusion: The literature review showed that determining the FATmax intensity can lead to the optimal training design to help effective fat burning. However, many of investigations in this regard are performed on healthy and mild overweight people. This review showed that there is not enough evidence to prefer the FATmax training to other exercise protocols. More studies are needed in different groups to compare this type of training with others, with certain determination of biologic pathways in FATmax training.

Keywords: FATmax, Fat metabolism, Continuous training

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-08]