المپیک
فصلنامه
سال هجدهم – شماره ۲ (پیاپی ۵۰) تابستان ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۹
تاریخ تصویب: ۸۸/۴/۷

مقایسهٔ حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO) در دانشجویان زن و مرد غیرورزشکار

❖ **دکتر حمید محبی؛** استاد دانشگاه گیلان *
❖❖ **دکتر ارسلان دمیرچی؛** دانشیار دانشگاه گیلان
❖❖❖ **هادی روحانی؛** دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزش دانشگاه گیلان
❖❖❖❖ **سعیده شادمهری؛** عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

چکیده: **هدف از تحقیق حاضر عبارت است از مقایسهٔ اکسیداسیون چربی بین دانشجویان زن و مرد غیرورزشکار. ۱۰ مرد و ۱۰ زن غیرورزشکار فعالیت دوی فزاینده‌ای را با مراحل ۳ دقیقه‌ای روی نوارگردان اجرا کردند. در طول آزمون با استفاده از روش کالری‌سنجی غیرمستقیم میزان اکسیداسیون چربی اندازه‌گیری شد. متغیرهای حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO) و شدت متناسب با آن (Fat_{max}) در هر فرد تعیین شد. با آزمون آماری t مستقل میانگین مقادیر بین دو گروه مقایسه شد. میزان مطلق اکسیداسیون چربی (g/min) به‌طور معناداری در همهٔ شدت‌های نسبی فعالیت در مردان بالاتر از زنان بود ($P\leq ۰,۰۵$). اما در میزان نسبی اکسیداسیون چربی (g/min/kg ffm) تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد. میزان MFO در مردان به‌طور معناداری بالاتر از زنان بود (به ترتیب ۰٫۰۷±۰٫۲۶ و ۰٫۰۵±۰٫۱۷ گرم در دقیقه؛ $P\leq ۰,۰۵$). با وجود این، MFO در دو گروه، در شدت‌های یکسانی رخ داد (مردان ۷٫۷±۴۱٫۱ و زنان ۷٫۸±۴۰٫۲ درصد VO_2max). میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در شدت‌های بالاتر از ۴۰ درصد VO_2max در مردان بیشتر از زنان بود و سهم نسبی اکسیداسیون چربی در تأمین انرژی زمان فعالیت بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت. ۵۶ درصد از تغییرات اکسیداسیون چربی به‌واسطهٔ عوامل VO_2max و FFM تبیین شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد مقادیر اکسیداسیون چربی و MFO در مردان نسبت به زنان بیشتر است اما اگر دو گروه از لحاظ آمادگی بدنی و تودهٔ عضلانی همتراز باشند، ممکن است زنان اکسیداسیون چربی بالاتری داشته باشند.**

واژگان کلیدی : تودهٔ بدون چربی، جنسیت، حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO)، Fat_{max}

* **E.mail: mohebbi_h@yahoo.com**

مقدمه

شدت تمرین و فعالیت ورزشی همواره یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات است (۱، ۳، ۵، ۳۰). تغییر جهت در استفاده از سوبسترا با افزایش شدت تمرین صورت می‌گیرد. هنگامی که 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. این امر با افزایش مقادیر مطلق اکسیداسیون چربی همراه است. زمانی که شدت فعالیت به مقدار بسیار زیاد افزایش می‌یابد، اکسیداسیون کربوهیدرات به طور برجسته‌ای زیاد می‌شود، زیرا افزایش گلیکولیتیک از انتقال

Archive of SID
www.SID.ir

اسیدهای چرب زنجیرهٔ بلند به داخل میتوکندری ممانعت به عمل آورد و نهایتاً منجر به کاهش اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌شود (۲۴).

اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت ورزشی در ورزشکاران و در افرادِ علاقه‌مند به کاهش وزن اهمیت بسزایی دارد. افزایش اکسیداسیون چربی در نتیجهٔ برنامهٔ تمرینی سبب می‌شود تا حین فعالیت ورزشی گلیکوژن عضله به عنوان سوخت کمتر استفاده شود (۲۴) و به دنبال آن عملکرد استقامتی بهبود یابد. علاوه بر این، موجب از دست دادن چربی اضافی بدن و حفظ ترکیب بدنی مطلوب می‌شود. مطالعات اخیر نشان داده‌اند هنگام استراحت و در شدت‌های زیربیشینهٔ فعالیت ورزشی، زنان به طور نسبی چربی بیشتر و کربوهیدرات کمتری در مقایسه با مردان مصرف می‌کنند (۱۲، ۲۱). استروژن و پروژسترون احتمالاً از طریق افزایش لیپولیز و محدود کردن تولید و مصرف گلوکز، آثار مستقیمی بر این تفاوت‌ها می‌گذارند (۱۰). همچنین، در زنان در مقایسه با مردان، در شدت‌های نسبتاً مشابه، گلیکوژن مصرفی کاهش می‌یابد و غلظت لاکتات کمتر می‌شود. پیشنهاد شده است که عواملی از قبیل هورمون‌های در گردش خون (۱۷)، کاتکولامین‌ها (۱۲)، نسبت نوع تارهای عضلانی (۲۶)، تنظیم آدرنرژیکی بسیج FFA (۱۱) و فعالیت لیپاز حساس به **هورمون**[1] (۱۹) اکسیداسیون چربی را در مردان و زنان متمایز می‌سازد.

ملانسون و همکاران (۲۰) گزارش کرده‌اند که زنان در مقایسه با مردان ممکن است تا حد ناچیزی اکسیداسیون چربی بیشتری در راه رفتن و فعالیت‌های خود در روز داشته باشند. همچنین، رومیجن و همکاران (۲۵) در دو مطالعهٔ جداگانه بر روی زنان و مردان استقامتی دریافتند میان مردان و زنان تمرین کرده، به هنگام فعالیت ورزشی با شدت متوسط و شدید، در استفاده از سوبسترا تفاوتی وجود ندارد. در واقع، برخی مطالعات، متابولیسم چربی بیشتری را در زنان نسبت به مردان در شدت‌های نسبی و یکسان فعالیت نشان داده‌اند (۸، ۱۲). مطالعات دیگری این اختلاف در جنسیت را مشاهده نکرده‌اند (۲۳، ۳۱).

مطالعات قبلی، شدت فعالیت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی را با استفاده از آزمون فزاینده با ۲ تا ۴ شدت تعیین کرده‌اند (۲۴، ۲۹). با وجود این، اخیراً روش متفاوتی برای این منظور استفاده شده است. آچتن و همکاران (۳، ۵) در مطالعات خود پروتکلی را به‌کار گرفتند که در آن اکسیداسیون چربی در دامنه‌ای از شدت‌های فعالیت اندازه‌گیری می‌شد. سپس، در مطالعات دیگری این پروتکل برای تعیین شدتی از فعالیت که در آن حداکثر اکسیداسیون چربی در گروه‌های مختلف رخ می‌دهد به‌کار گرفته شد (۲، ۴، ۱۸، ۳۰). با این حال، مطالعات اندکی در زنان و مردان، به مقایسهٔ حداکثر اکسیداسیون چربی و شدتی که در آن حداکثر اکسیداسیون چربی رخ می‌دهد (Fat_{max}) پرداخته‌اند و مقادیر بیشتری را در زنان غیرورزشکار در مقایسه با مردان غیرورزشکار مشاهده کرده‌اند (۳۰). از این‌رو، هدف این تحقیق عبارت است از اندازه‌گیری و مقایسهٔ میزان حداکثر اکسیداسیون چربی و شدت فعالیت که در آن بیشترین میزان اکسیداسیون چربی اتفاق می‌افتد، با استفاده از پروتکل جدیدی در دانشجویان مرد و زن.

1. Hormone Sensitive Lipase (HSL)

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌شناسی

آزمودنی‌ها: فراخوان طرح پژوهش را محقق در کلاس‌های تربیت‌بدنی عمومی دانشجویان غیر تربیت‌بدنی دانشگاه گیلان که در نیم‌سال دوم سال تحصیلی ۸۵-۸۶ واحد تربیت‌بدنی عمومی را می‌گذراندند به طور شفاهی اعلام کرد. سپس، داوطلبان به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزش دانشگاه مراجعه کردند. پس از اندازه‌گیری‌های اولیهٔ قد و وزن، از بین داوطلبان واجد شرایط (۲۰<BMI<۲۵) ۲۰ دانشجوی غیرورزشکار (۱۰ مرد و ۱۰ زن) به شیوهٔ تصادفی هدفدار انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان پس از آشنایی با طرح تحقیق و پرکردن برگهٔ رضایتنامه، آمادگی خود را برای شرکت در این مطالعه اعلام کردند. آزمودنی‌ها در شروع اجرای تحقیق هیچ بیماری خاصی نداشتند و در ۳ سال گذشته نیز در فعالیت ورزشی منظمی شرکت نکرده بودند. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

روش انجام پژوهش: متغیرهای قد، وزن، و درصد چربی افراد با استفاده از روش مقاومت بیوالکتریکی با دستگاه تحلیل‌کنندهٔ ترکیب بدن (مدل Inbody ۳٫۰ ساخت کشور کره) برآورد شد. سپس، آزمون فعالیت دوی فزاینده با مراحل ۳ دقیقه‌ای روی نوارگردان اجرا شد. آزمون ورزشی برای همهٔ افراد در ساعت ۸-۱۰ صبح پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت روزهٔ شبانه اجرا شد. از همهٔ آزمودنی‌ها خواسته شد حداقل یک روز قبل از اجرای آزمون ورزشی، از فعالیت‌های بدنی شدید اجتناب کنند. همچنین، آزمودنی‌ها همگی از دانشجویان خوابگاهی بودند که از برنامهٔ غذایی دانشگاه استفاده می‌کردند. آزمودنی‌ها در هر دو گروه پس از ۵ دقیقه گرم کردن، آزمون ورزشی خود را روی نوارگردان (مدلCosmed T 150 DE MED) با سرعت ۳٫۵ km/h و با شیب ۱درصد شروع کردند. سرعت دستگاه هر سه دقیقه، ۱ km/h افزوده می‌شد تا زمانی‌که سرعت نوارگردان به ۶٫۵ km/h برسد. در این نقطه، سرعت ثابت می‌ماند و شیب دستگاه هر ۳ دقیقه به میزان ۲ درصد افزایش می‌یافت تا زمانی‌که RER برابر با ۱ شود. پس از این مرحله تا رسیدن آزمودنی به خستگی کامل، سرعت دستگاه هر دقیقه ۱ km/h افزوده شد (۷). هدف از بخش آخر آزمون فزاینده، اندازه‌گیری VO_2max بود. در طول آزمون، میانگین حجم اکسیژن مصرفی (VO_2) و دی‌اکسید کربن (VCO_2) دفعی به شیوهٔ **نفس به نفس**[1] با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر Cosmed، مدل Quark b۲ ساخت کشور ایتالیا اندازه‌گیری و با نرم‌افزار در رایانه ثبت شد. ضربان قلب آزمودنی‌ها نیز به طور پیوسته در طول آزمون، با استفاده از ضربان‌سنج پُلار مدل T۳۱ اندازه‌گیری و ثبت شد.

محاسبات و کالری‌سنجی غیر مستقیم: میانگین VO_2 و VCO_2 در طول ۲ دقیقهٔ پایانی هر مرحله از آزمون، تا زمانی‌که RER کمتر از ۱ بود تعیین و محاسبه شد. سپس، با این فرض که میزان دفع نیتروژن ادرار ناچیز است، برای هر یک از این مراحل، میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات با استفاده از **معادلات عنصرسنجی فرین**[2] (۹) محاسبه شد. همچنین، درصد اکسیداسیون چربی نیز بر اساس روشی که ونیبلز و همکاران معرفی کردند (۳۰) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد.

1. Breath by Breath
2. Stoichiometric equations of Frayn

Archive of SID
www.SID.ir

میزان اکسیداسیون چربی (g/min) = ۱٫۶۹۵ × VO_2 −۱/۷۰۱×VCO_2

میزان اکسیداسیون کربوهیدرات (g/min) =۴٫۵۸۵ ×VCO_2 −۳/۲۲۶ ×VO_2

$$\text{درصداکسیداسیون‌چربی} = \left[\frac{(1-\text{RER})}{0/29}\right]\times 100$$

میانگین مقادیر VO_2 در ۲ دقیقهٔ پایانی هر مرحله از آزمون محاسبه و با تقسیم آن بر مقدار VO_2max شدت فعالیت آن مرحله یا درصد VO_2max بیان شد. بیشترین مقداری که از معادلهٔ اکسیداسیون چربی به‌دست آمد، بیشینهٔ اکسیداسیون چربی یا MFO محسوب شد. شاخص‌های Fat_{max}– یعنی شدتی از فعالیت که بیشینهٔ اکسیداسیون چربی در آن شدت مشاهده می‌شود– و Fat_{min}– یعنی شدتی از فعالیت که اکسیداسیون چربی در آن شدت به صفر می‌رسد (RER≥۱)– تعیین (۳) و با ترسیم نمودار اکسیداسیون چربی، شدت فعالیت نمایش داده شد.

روش آماری: داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار دستگاه گاز آنالایزر (Quark b۲ ۷/۵) به صورت استاندارد برای همهٔ آزمودنی‌ها فیلتر شد. برای یافتن نقطهٔ Fat_{max} و Fat_{min} روی منحنی اکسیداسیون چربی– اکسیژن مصرفی نیز از همان نرم‌افزار استفاده شد. از آزمون آماری t مستقل و تحلیل کوواریانس برای مقایسهٔ متغیرهای مورد مطالعه بین دو گروه زن و مرد استفاده شد. محاسبات آماری در محیط نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۳ و در سطح P≤۰٫۰۵ انجام گرفت.

یافته‌ها

مشخصات آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. دو گروه در متغیرهای قد، وزن، BMI، چربی بدن، تودهٔ بدون چربی، و VO_2max با یکدیگر اختلاف دارند. این اختلاف از نظر آماری معنادار بود (P≤۰٫۰۵).

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها

متغیر	مرد (n=۱۰)	زن (n=۱۰)
سن (سال)	۲۳٫۳±۲٫۲	۲۳٫۱±۲٫۰
قد (سانتی‌متر)	۱۷۲٫۵±۴٫۱*	۱۶۴٫۷±۲٫۳
وزن (کیلوگرم)	۶۹٫۳±۸٫۱*	۵۷٫۳±۴٫۴
شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۳٫۰±۱٫۷*	۲۱٫۴±۱٫۴
چربی بدن (درصد)	۱۸٫۱±۴٫۷*	۲۸٫۳±۲٫۳
تودهٔ بدون چربی بدن (کیلوگرم)	۵۶٫۶±۶٫۸*	۴۱٫۰±۲٫۵
VO_2max (میلی‌لیتر، کیلوگرم در دقیقه)	۴۲٫۹±۴٫۳*	۲۸٫۷±۶٫۲

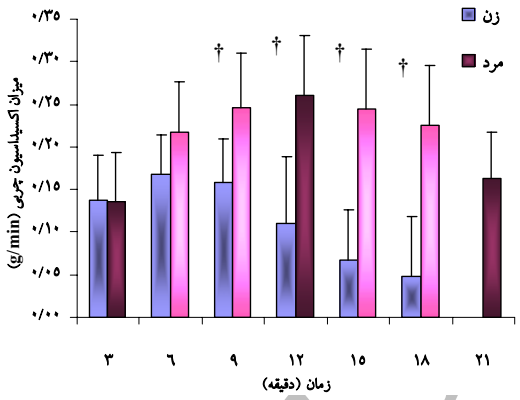
* اختلاف معنادار بین دو گروه (P≤۰٫۰۵)

نتایج نشان داد میزان اکسیداسیون چربی از دقیقهٔ ۶ تا پایان آزمون، در مردان نسبت به زنان بیشتر بود و اختلاف آن در دقایق ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ از نظر آماری معنادار بود (P≤۰٫۰۵). همچنین، زنان قبل از رسیدن به مرحلهٔ ۷ (دقیقهٔ ۲۱) به RER =۱ رسیدند و اکسیداسیون چربی آن‌ها صفر بود (شکل ۱). مقایسهٔ نتایج شدت‌های نسبی و یکسان فعالیت (٪VO_2max) در دو گروه نشان داد که میزان مطلق اکسیداسیون چربی در مردان نسبت به زنان در شدت‌های نسبی ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد VO_2max بیشتر است (شکل ۲ الف، P≤۰٫۰۵). اما، زمانی‌که میزان اکسیداسیون چربی نسبت به تودهٔ

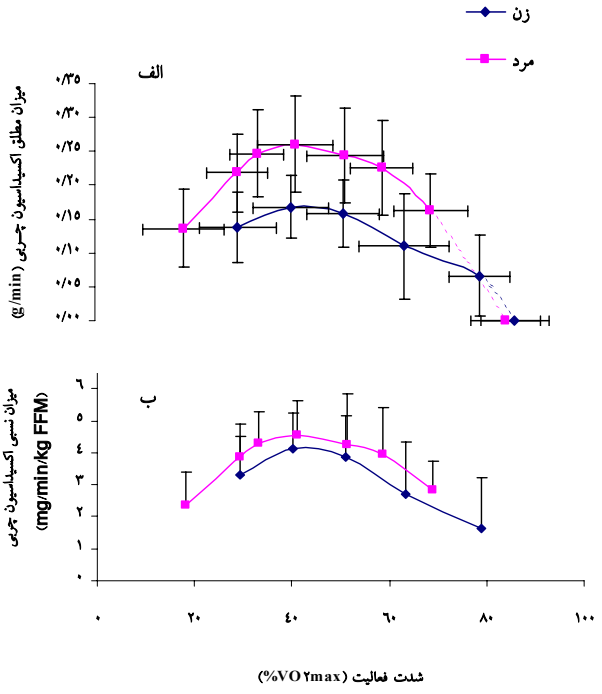
Archive of SID

www.SID.ir

بدون چربی آزمودنی‌ها محاسبه و مقایسه شد، این اختلاف در همهٔ شدت‌های فعالیت از بین رفت (شکل ۲ب). همچنین، سهم نسبی چربی و کربوهیدرات در تأمین انرژی فعالیت در زنان و مردان در شدت‌های نسبی معینی از فعالیت اختلاف معناداری نداشت (شکل ۴).



شکل ۱. میزان اکسیداسیون چربی دو گروه در مراحل مختلف آزمون؛ † اختلاف معنادار بین دو گروه (P≤۰/۰۵).

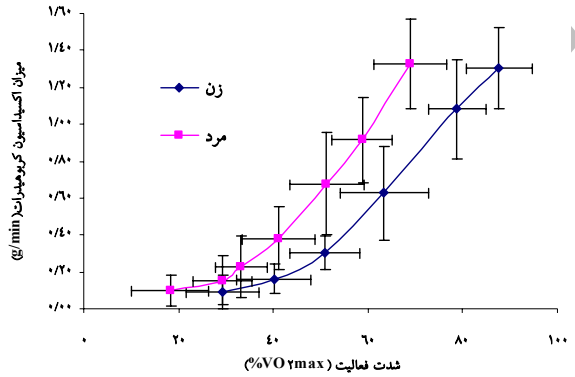


شکل ۲ الف) میزان اکسیداسیون نسبی، ب) مطلق چربی مردان و زنان در شدت‌های نسبی فعالیت

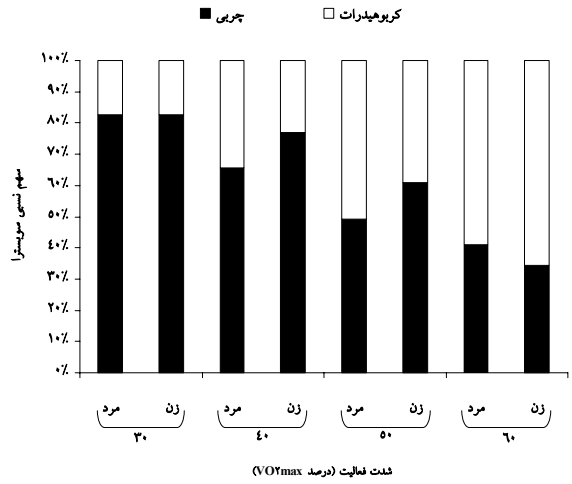
www.SID.ir

میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در همهٔ شدت‌های فعالیت در مردان نسبت به زنان بالاتر بود، اما اختلاف آن در شدت‌های ۴۰ درصد VO_2max و بالاتر از نظر آماری معنادار بود ($P\leq ۰/۰۵$).

براساس نتایج آزمون آماری t مستقل، میزان مطلق MFO در مردان به طور معناداری بالاتر از مقدار آن در زنان بود (به ترتیب ۰/۰۷±۰/۲۶ و ۰/۰۵±۰/۱۷ گرم در دقیقه؛ $P\leq ۰/۰۵$). اما با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس، و با در نظر گرفتن متغیرهای وزن بدن و VO_2max متغیرهای کوواریانس مشخص شد میزان مطلق MFO بین زنان و مردان تفاوت معناداری ندارد ($P>۰/۰۵$). همچنین، اختلاف Fat_{max} (مردان ۷/۷±۴۱/۱؛ زنان ۷/۸±۴۰/۲ درصد VO_2max) و Fat_{min} (مردان ۸/۲±۸۴/۹؛ زنان ۹/۴±۸۶/۱ درصد VO_2max) بین دو گروه معنادار نبود ($P>۰/۰۵$).



شکل ۳. میزان اکسیداسیون کربوهیدرات زنان و مردان در شدت‌های نسبی فعالیت



شکل ۴. سهم نسبی چربی و کربوهیدرات در شدت‌های مختلف فعالیت در دو گروه زن و مرد

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش عبارت است از تعیین شدتی از فعالیت که در بیشترین اکسیداسیون چربی رخ می‌دهد و در زنان و مردان غیر ورزشکار با استفاده از پروتکل مشابهی انجام شد. فعالیت در برنامه‌های تمرینی با شدتی که بیشترین مقدار چربی اکسیده می‌شود (یعنی Fat_{max}) در شرایط مختلف برای افراد گوناگون مفید است. برای مثال، در برنامه‌های تمرینی به منظور درمان و پیشگیری از بیماری‌های قلبی- عروقی، چاقی، و دیابت غیر وابسته به انسولین کاربرد دارد. همچنین، در برنامه‌های عمومی کاهش وزن و برای ورزشکاران به منظور افزایش ظرفیت اکسایش چربی استفاده می‌شود (۱۳).

مطالعات زیادی، حداکثر اکسیداسیون چربی را در شدت‌های کم تا متوسط (دامنهٔ بین ۳۳ تا ۶۵ درصد VO_2max) گزارش کرده‌اند (۲، ۷، ۲۴، ۲۹). با وجود این، بیشتر این مطالعات اکسیداسیون چربی را فقط در دو یا سه شدت مختلف اندازه‌گیری کرده‌اند که تعیین دقیق Fat_{max} آن مشکل است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد این شدت در زنان و مردان غیر ورزشکار مشابه و معادل تقریباً ۴۰ درصد VO_2max است. دامنهٔ آن با انحراف استاندارد بالاتر و پایین‌تر بین ۳۲ تا ۴۸ درصد VO_2max است.

بیرچر و نچتله (۲۰۰۴) نیز نشان دادند این شدت در زنان و مردان مشابه است، اگرچه آن‌ها حداکثر اکسیداسیون چربی را در ۷۵ درصد VO_{2peak} مشاهده کردند (۶). همچنین، آزمودنی‌های آن‌ها ورزشکار بودند و فقط از ۳ شدت ۵۵، ۶۵ و ۷۵ درصد VO_{2peak} استفاده شد. در مقابل، در این پژوهش با استفاده از پروتکل نسبتاً جدید، اکسیداسیون چربی در دامنهٔ وسیعی از شدت‌های فعالیت مطالعه شد.

به احتمال بسیار زیاد، Fat_{max} درست پایین‌تر از شدتی است که میزان گلیکولیز شروع به افزایش قابل ملاحظه می‌کند. در مطالعات گذشته مشاهده شد که میزان گلیکولیز با افزایش شدت فعالیت از ۴۰ تا ۷۰ درصد VO_2max افزایش یافت و میزان اکسیداسیون اسیدهای چرب با زنجیرهٔ بلند کاهش یافت (۱۳). این موضوع پیشنهاد می‌کند افزایش میزان گلیکولیز، اکسیداسیون چربی را به واسطهٔ مهار آنزیم کارنیتین پالمیتویل ترانسفراز-۱ و انتقال اسیدهای چرب به داخل میتوکندری را با میانجیگری کارنیتین مهار می‌کند.

به‌علاوه، چندین پژوهش گزارش کرده‌اند کاهش در میزان ظهور اسیدهای چرب به داخل جریان خون در طی فعالیت شدید، اشاره به کاهش بسیج اسیدهای چرب دارد. این امر ممکن است با کاهش میزان لیپولیز یا کاهش جریان خون بافت چربی مرتبط باشد (۱، ۱۵، ۱۶)، زیرا اکسیداسیون چربی به‌طور مستقیم با میزان گلیکولیز و پاسخ لاکتات در ارتباط است و Fat_{max} با نقطهٔ شروع تجمع لاکتات انطباق دارد (۴، ۶، ۱۸).

مطالعات اخیر نشان داده‌اند MFO در مردان و زنان متفاوت است و نوع و شدت فعالیت ورزشی روی آن اثر می‌گذارد (۱۸). هنگام استراحت و در شدت‌های زیربیشینهٔ فعالیت ورزشی، زنان به طور نسبی چربی بیشتر و کربوهیدرات کمتری در مقایسه با مردان مصرف می‌کنند (۱۲، ۲۱، ۲۷). استروژن و پروژسترون احتمالاً از طریق افزایش لیپولیز و محدود کردن تولید و مصرف گلوکز، آثار مستقیمی بر این تفاوت‌ها می‌گذارند (۱۰). در پژوهش حاضر، با محاسبهٔ سهم نسبی اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در تأمین انرژی فعالیت و مقایسهٔ آن بین زنان و مردان در شدت نسبی و

Archive of SID
www.SID.ir

یکسان فعالیت (شکل ۴)، مشخص شد در تأمین انرژی شدت‌های متوسط، زنان نسبت به مردان به استفاده از درصد بیشتری از چربی تمایل نشان می‌دهند. اما وقتی میزان اکسیداسیون چربی بر اساس FFM ترازبندی شد، بین زنان و مردان در هیچ یک از شدت‌های نسبی فعالیت تفاوت معناداری مشاهده نشد. در شدت‌های مطلق فعالیت و در دقایق یکسانی از آزمون، مردان نسبت به زنان، اکسیداسیون چربی بیشتری داشتند. همچنین، زمانی که میزان مطلق اکسیداسیون چربی بین زنان و مردان مقایسه شد، در همهٔ شدت‌های نسبی فعالیت مقادیر آن در مردان نسبت به زنان به‌طور معناداری بالاتر بود. تفسیر این نتایج مشکل است، اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد با حذف اثر وزن و VO_2max بر حداکثر اکسیداسیون چربی، نتایج تحلیل کوواریانس هیچ‌گونه تفاوت معناداری را در این متغیر بین زنان و مردان نشان نداد.

در واقع، توانایی برای اکسیداسیون چربی در حین فعالیت، به سطح آمادگی بدن بستگی دارد. هر اندازه VO_2max بالاتر باشد، آمادگی بدنی بالاتر است. در نتیجه، مقادیر اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد (۱۸، ۲۲). پس از انجام تمرینات استقامتی، ظرفیت اکسیداسیون اسیدهای چرب (به ویژه ذخایر تری‌گلیسرید درون عضلانی) افزایش و وابستگی به متابولیسم کربوهیدرات کاهش می‌یابد (۱۴). آزمودنی‌های پژوهش حاضر با اینکه ورزشکار نبودند، گروه مردان در مقایسه با زنان آمادگی بیشتری داشتند؛ ضمن اینکه گروه زنان نسبت به مردان درصد چربی بیشتر و تودهٔ بدون چربی کمتری داشتند که احتمالاً از عوامل مؤثر بر نتایج پژوهش حاضر است.

رومیجن و همکاران (۲۰۰۰) نیز در مردان و زنان استقامتی که از نظر شرایط تمرینی در وضعیت مشابهی قرار داشتند، مشاهده کردند بین مردان و زنان با سطح آمادگی یکسان، در زمان فعالیت ورزشی با شدت متوسط و شدید در استفاده از سوبسترا تفاوت‌هایی وجود دارد (۲۵).

از آنجا که در پژوهش حاضر، مردان نسبت به زنان وزن بیشتری داشتند، قاعدتاً برای انجام فعالیت مشخص انرژی بیشتری را نیز مصرف کردند. ضمن بالا بودن میزان مطلق اکسیداسیون چربی در مردان، میزان مطلق اکسیداسیون کربوهیدرات نیز در آن‌ها بالا بود. از سوی دیگر، چون تودهٔ عضلانی بیشتری را به کار می‌گیرند، وسعت اکسیداسیون چربی در بدن بیشتر است، در نتیجه نسبت به گروه زنان که تودهٔ عضلانی کمتری داشتند به‌طور مطلق چربی بیشتری نیز اکسید کردند (۳۰).

به‌طور خلاصه، نتایج پژوهش حاضر نشان داد میزان مطلق اکسیداسیون چربی در مردان بیشتر از زنان است اما با لحاظ کردن تودهٔ بدون چربی بدن، بین میزان اکسیداسیون چربی زنان و مردان تفاوتی مشاهده نشد. در واقع، اگر زنان و مردان از نظر سطح آمادگی جسمانی و فاکتورهای دیگری مانند درصد چربی بدن، تودهٔ بدون چربی بدن، و وزن بدن یکسان باشند، احتمالاً سهم اکسیداسیون چربی در تأمین انرژی مورد نیاز در همهٔ شدت‌های فعالیت ورزشی در زنان بیشتر از مردان است. اما میزان حداکثر اکسیداسیون چربی در مردان بیشتر از زنان است. با این حال، به نظر می‌رسد پژوهش‌های بیشتری با استفاده از پروتکل مشابه و بهره‌گیری از روش‌های آزمایشگاهی دقیق‌تر به‌طور نمونه استفاده از ردیاب‌ها برای اندازه‌گیری متابولیت‌ها و سوبستراها نیاز است تا بتوان نتایج دقیق‌تری در این زمینه ارائه داد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. پناهی، سارا؛ گائینی، عباسعلی؛ رواسی، علی اصغر؛ فیاض میلانی، رعنا (۱۳۸۵). «تأثیر ترتیب شدت فعالیت ورزشی بر پاسخ‌های متابولیکی دانشجویان دختر غیر ورزشکار»، فصلنامهٔ المپیک، شمارهٔ ۳۴، ص ۸۷- ۹۶.

۲. روحانی، هادی؛ دمیرچی، ارسلان؛ حسن‌نیا، صادق؛ روحانی، زهرا (۱۳۸۷). «مقایسهٔ میزان اکسایش چربی در دامنهٔ شدت‌های فعالیت دویدن دانشجویان پسر غیرورزشکار»، فصلنامهٔ المپیک، شمارهٔ ۴۵، ص ۱۲۱-۱۳۰.

3. Achten, J.; Gleeson, M. and Jeukendrup, A.E. (2002). "Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation". Med Sci Sports Exerc 34: 92–97.
4. Achten, J.; Jeukendrup, A.E. (2004). "Relation between plasma lactate concentration and fat oxidation rates over a wide range of exercise intensities". Int J Sports Med 25: 32-37.
5. Achten, J.; Jeukendrup, A.E. (2003). "Maximal fat oxidation during exercise in trained men". Int J Sports Med, 24:603-8.
6. Bircher, S.; Knechtle, B. (2004). "Relationship between fat oxidation and lactate threshold in athletes and obese women and men". J Sports Sci and Med, 3, 174-181.
7. Broeder, C.E.; Brenner, M.; Hofman, Z.; Paijmans, I.J.; Thomas, E.L.; Wilmore, J.H. (1991). "The metabolic consequences of low and moderate intensity exercise with or without feeding in lean and borderline obese males". Int J Obes 15:95-104.
8. Carter, S.L.; Rennie, C.; Tarnopolsky, M.A. (2001). "Substrate utilization during endurance exercise in men and women after endurance training". Am J Physiol 280:898-907.
9. Frayn, K.N. (1983). "Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange". J Appl Physiol 55: 628-634.
10. Hargreaves, M.; Hawley, J. (2003). "Physiological bases of sports performance". Mc Graw Hill.pp:211-245.
11. Hellstrom, L.; Blaak, E.; Hagstrom-Toft, E. (1996). "Gender differences in adrenergic regulation of lipid mobilization during exercise". Int J Sports Med 17: 439–447.
12. Horton, T.J.; Pagliassotti, M.J.; Hobbs, K. and Hill, J.O. (1998). "Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise". J Appl Physiol 85: 1823–1832.
13. Jeukendrup, A.E.; Achten, J. (2001). "Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise?" European Journal of Sport Science. 1: 1-5.
14. Jeukendrup, A.E. (2003). "Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment". Biochem Soc Trans, 31: 1270-3.
15. Jeukendrup, A.E.; Saris, W.H.M.; Wagenmakers, A.J.M. (1998). "Fat metabolism during exercise: a review. Part II: regulation of metabolism and the effects of training". Int J Sports Med 19:293-302.
16. Jeukendrup, A.E.; Saris, W.H.M.; Wagenmakers, A.J.M. (1998). "Fat metabolism during exercise: a review. Part III: effects of nutritional interventions". Int J Sports Med 19:371-79.
17. Kendrick, Z.V.; Ellis, G. (1991). "Effect of estradiol on tissue glycogen metabolism and lipid availability in exercised male rates". J Appl Physiol 71: 1694-1699.
18. Knechtle, B.; Muller, G.; Willmann, F.; Kotteck, K.; Eser, P.; Knecht, H. (2004). "Fat oxidation in men and women endurance athletes in running and cycling". Int Sports Med; 25:38-44.
19. Langfort, J.; Ploug, T.; Ihlemann, J.; Saldo, M.; Holm, C.; Galbo, H. (1999). "Expression of hormone-sensitive lipase and its regulation by adrenaline in skeletal muscle". Biochem J 340: 459-465.
20. Melanson, E.L.; Sharp, T.A.; Seagle, H.M. (2002). "Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrient oxidation". J Appl Physiol, 92: 1045-1052.
21. Mittendorfer, B.; Horowitz, J.F.; Klein, S. (2002). "Effect of gender on lipid kinetics during endurance exercise of moderate intensity in untrained subjects", Am J Physiol Endocrinol Metab 283: E58–E65.

Archive of SID
www.SID.ir

22. **Nordby, P.; Saltin, B.; Helge, J.W. (2006). "Whole-body fat oxidation determined by graded exercise and indirect calorimetry: a role for muscle oxidative capacity?" Scan J Med Sci Sports 16, 209–214.**
23. **Roepstorff, C.; Steffensen, C.H.; Madsen, M.; Kiens, B. (2002). "Gender differences in substrate utilization during submaximal exercise in endurance-trained subjects". Am J Physiol 282:435-447.**
24. **Romijen, J.A.; Coyle, E.F.; Sidossis, L.S.; Gastaldelli, A.; Horowitz, J.F.; Endert, E.; Wolfe, R.R. (1993). "Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration". Am J Physiol, 265:380-391.**
25. **Romijn, J.A.; Coyle, E.F.; Sidossis, L.S.; Rosenblatt, J.; Wolfe, R.R. (2000). "Substrate metabolism during different exercise in endurance-trained women". J Appl Physiol 88: 1707-1714.**
26. **Steffensen, C.H.; Roepstorff, C.; Madsen, M.; Kiens, B. (2002). "Myocellular triacylglycerol breakdown in females but not in males during exercise". Am J Physiol Endocrinol Metab 282: E634–E642.**
27. **Tarnopolsky, M.A. (2000). "Gender differences in substrate oxidation during endurance exercise". J Appl Physiol. 25: 312-327.**
28. **Thompson, D.L.; Townsend, K.M.; Boughey, R.; Patterson, K.; Basset, D.R. (1998). "Substrate use during and following moderate- and low-intensity exercise: implications for weight control". Eur J Appl Physiol, 78:43-49.**
29. **Van Loon, L.J.; Greenhaff, P.L.; Constantin-Teodosiu, D.; Saris, W.H.; Wagenmakers, A.J. (2001). "The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans". J. Physiol 536: 295 – 304.**
30. **Venables, M.C.; Achten, J. and Jeukendrup, A.E. (2005). "Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study". J Appl Physiol 98: 160 – 167.**
31. **Zehnder, M.; Ith, M.; Kreis, W.; Boutellier, U.; Boesch, C. (2005). "Gender-specific usage of intramyocellular lipids and glycogen during exercise". Med Sci Sports Exerc 37:1517-1524.**

Archive of SID

www.SID.ir