

# اثر نوع فعالیت ورزشی بر میزان اکسیداسیون چربی، MFO و Fat<sub>max</sub> در زنان جوان

❖ دکتر حمید محبی؛ دانشیار دانشگاه گیلان\*  
❖ دکتر فرهاد رحمانی نیا؛ دانشیار دانشگاه گیلان  
❖❖❖ سعیده شادمهری؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی

تاریخ دریافت: ۸/۱۰/۸۷  
تاریخ تصویب: ۸/۱۰/۸۷

۱۳۹

## چکیده:

هدف از مطالعه حاضر عبارت است از مقایسه مقادیر و سطح بیشینه اکسیداسیون چربی (MFO) و شدتی از کار که در آن بیشینه اکسیداسیون چربی روی می‌دهد (Fat<sub>max</sub>)، در دو نوع فعالیت ورزشی دویدن روی نوارگردان و رکاب زدن روی چرخ کارسنج. در این پژوهش، ۱۰ دانشجوی دختر غیر ورزشکار (با میانگین سنی ۲۳٫۱±۱٫۹۰ سال، قد ۱۶۳٫۳±۱۰ سانتی‌متر، وزن ۵۷٫۳±۴٫۴ کیلوگرم، درصد چربی بدن ۲۸٫۲±۳٫۱) به عنوان آزمودنی شرکت کردند. آزمودنی‌ها، پس از آشنایی با روش کار، آزمون‌های فعالیت فزاینده را روی چرخ کارسنج و نوارگردان انجام دادند. تبادل گازهای تنفسی و ضربان قلب هنگام فعالیت ثبت شد و مقادیر اکسیداسیون چربی با استفاده از معادلات عنصرسنجی محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی، همچنین آزمون t استفاده شد.

نتایج پژوهش نشان داد که مقادیر اکسیداسیون چربی (۰٫۱۳±۰٫۰۳ g/min در مقابل ۰٫۰۲±۰٫۰۶ g/min)، بیشینه اکسیداسیون چربی (۰٫۲۱±۰٫۰۶ g/min در مقابل ۰٫۱۵±۰٫۰۵ g/min) و حداکثر اکسیژن مصرفی (۲٫۸۴±۰٫۵ ml/kg/min در مقابل ۲٫۳۲±۰٫۴ ml/kg/min) به ترتیب در دویدن روی نوارگردان در مقایسه با رکاب زدن روی چرخ کارسنج، به طور معناداری بیشتر بود (p<۰٫۰۵). در حالی که میزان Fat<sub>max</sub> بین دو نوع فعالیت ورزشی (۴۲/۸۳٪ VO<sub>2</sub>max در نوارگردان در مقابل ۴۷/۸۷٪ VO<sub>2</sub>max در چرخ کارسنج) تفاوت معناداری نداشت. از یافته‌های این پژوهش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مقادیر اکسیداسیون چربی در شدت‌های نسبی مشابه با نوع فعالیت ورزشی به طور بارزی متفاوت است. همچنین، بیشینه اکسیداسیون چربی در فعالیت‌هایی که توده عضلانی بیشتری درگیر می‌شوند، بیشتر است.

واژگان کلیدی: اکسیداسیون چربی، چرخ کارسنج، دویدن روی نوارگردان، MFO، Fat<sub>max</sub>

\* E.mail: mohebbi-h@yahoo.com

## مقدمه

میزان مصرف انرژی هنگام فعالیت بدنی عمدتاً از ترکیب متابولیسم چربی و کربوهیدرات تأمین می‌شود. میزان استفاده از این دو منبع به‌عنوان سوسترا به رژیم غذایی، ذخایر گلیکوژن عضلات، شدت و مدت فعالیت، و نوع فعالیت ورزشی بستگی دارد (۲۷). گزارش‌ها نشان می‌دهند شدت تمرین یکی از عوامل مؤثر در استفاده از سوستراست (۱، ۲، ۴، ۲۷). با افزایش شدت فعالیت ورزشی اکسیداسیون کربوهیدرات به تدریج زیاد می‌شود، در حالی که سهم اکسیداسیون چربی از شدت‌های کار کم تا متوسط افزایش و سپس از شدت‌های متوسط تا زیاد کاهش می‌یابد (۱، ۲، ۱۹، ۱۱).

شدتی از فعالیت ورزشی می‌توان یافت که در آن بیشینه اکسیداسیون چربی (MFO) روی می‌دهد. تعیین شدت کار در جایی که MFO روی می‌دهد (Fat<sub>max</sub>)<sup>۱</sup> را برخی محققان بررسی کرده‌اند (۲۲، ۲۳، ۲۶). مقدار اکسیداسیون چربی مردان (۲۲) و زنان (۲۳) تمرین کرده در شدت‌های کار ۲۵، ۶۵ و ۸۵٪ VO<sub>۲</sub>peak به ترتیب در مدت‌های ۱۲۰، ۱۲۰ و ۳۰ دقیقه روی چرخ کارسنج بررسی شده است. نتایج نشان دادند که مقدار اکسیداسیون چربی در هر دو جنس، در شدت ۶۵٪ VO<sub>۲</sub>peak بیشتر از سایر شدت‌های کار است. در تحقیق دیگر نیز مقدار اکسیداسیون چربی دوچرخه‌سواران تمرین کرده در سه شدت کار ۴۰، ۵۵ و ۷۵٪ VO<sub>۲</sub>max بررسی گردید و MFO در شدت ۵۵٪ VO<sub>۲</sub>max گزارش شد (۲۶). در تحقیقات مذکور تنها سه سطح شدت فعالیت ارزیابی شده و مشخص نشده که آیا بیشینه اکسیداسیون چربی در ۶۵٪ VO<sub>۲</sub>peak یا ۵۵٪

VO<sub>۲</sub>max روی داده است. علاوه بر این، آزمودنی‌ها در این دو پژوهش ورزشکار بودند، درحالی که ورزشکاران نسبت به افراد غیرورزشکار، هنگام فعالیت ورزشی سهم اکسیداسیون چربی بیشتری داشتند (۶، ۱۱).

اطلاعات کمی از اثر نوع فعالیت ورزشی روی اکسیداسیون چربی در دسترس است. در اکثر پژوهش‌ها، معمولاً از دو نوع فعالیت دویدن و دوچرخه‌سواری در بررسی آثار فیزیولوژیک تمرینات استقامتی استفاده شده است. به نظر می‌رسد اکسیداسیون سوسترا حین فعالیت دویدن و دوچرخه‌سواری در شدت‌های نسبی معین متفاوت است (۲). اکسیداسیون چربی در دو نوع فعالیت ورزشی دویدن و دوچرخه‌سواری در دامنه وسیعی از شدت‌ها روی آزمودنی‌های ورزشکار بررسی شده است (۲). نتایج این تحقیق نشان داده که نسبت تبادل تنفسی (RER) در دویدن نسبت به دوچرخه‌سواری به طور معناداری کمتر است.

همچنین، در مطالعه‌ای نایمن و همکاران (۱۹۹۸) مقدار اکسیداسیون چربی آزمودنی‌ها را در آزمون نوارگردان ۱۶٪ بیشتر از چرخ کارسنج گزارش کردند (۲۰). با وجود این، پژوهش‌های دیگر نشان داده‌اند که RER یا مقادیر اکسیداسیون چربی بین آزمون‌های چرخ کارسنج و نوارگردان متفاوت نیست (۱۵، ۳).

هومارد و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که در فعالیت با شدت ۷۵٪ VO<sub>۲</sub>max روی نوارگردان و چرخ کارسنج، مقدار RER افراد ۰٫۹۳ بود (۱۵). در پژوهش آرکینستال و همکاران (۲۰۰۱) نیز

1. Maximal Fat Oxidation (MFO)
2. Fat maximal (Fat<sub>max</sub>)
3. Respiratory exchange ratio (RER)

آزمایشگاه مراجعه کردند و از آنان خواسته شد حداقل یک روز قبل از آزمون، از فعالیت شدید اجتناب کنند. آزمون ورزشی روی نوارگردان (مدل Cosmed T 150 DE MED) بر اساس روش و نیبلز و همکارانش (۲۷) انجام شد. آزمودنی پس از ۵ دقیقه گرم کردن، فعالیت خود را روی نوارگردان با سرعت ۳٫۵ km/h و با شیب ۱٪ شروع می‌کرد و سرعت دستگاه هر ۳ دقیقه، ۱ km/h افزوده می‌شد تا زمانی که سرعت به ۶٫۵ km/h برسد. در این نقطه، سرعت ثابت می‌ماند و شیب دستگاه هر ۳ دقیقه به میزان ۲٪ افزوده می‌شد تا زمانی که RER برابر با ۱ شود. پس از این مرحله تا رسیدن آزمودنی به خستگی کامل، سرعت هر دقیقه ۱ km/h افزوده شد. هدف از بخش نهایی آزمون فزاینده، اندازه‌گیری  $VO_{2max}$  بود. عوامل زیر نیز در شرایط رسیدن به  $VO_{2max}$  مهم‌اند (۲):

الف) ضربان قلبی معادل با ۱۰ ضربه کمتر از بیشینه ضربان قلب بر مبنای سن ( $HR_{max}$ )

ب) RER بالاتر از ۱٫۰۵

ج) رسیدن نمودار اکسیژن مصرفی و ضربان قلب ( $VO_{2}/HR$ ) به فلات (جایی که دیگر افزایش ضربان قلب با افزایش اکسیژن مصرفی همراه نباشد).

از آنجا که قبلاً پروتکل آزمون فعالیت فزاینده روی چرخ کارسنج برای محاسبات اکسیداسیون سوسترا برای افراد ورزشکار (۲) استفاده شده بود، در این تحقیق با مطالعه آزمایشی، آزمون متناسب با شرایط آزمودنی‌های غیرورزشکار طراحی و استفاده شد. در این آزمون، آزمودنی پس از ۵ دقیقه گرم کردن، روی چرخ کارسنج (TUNTURI مدل E۴۳۳) فعالیت خود را با بارکار ۲۵ وات شروع می‌کرد. میزان بارکار هر ۳ دقیقه ۱۰

تغییری در مقدار RER آزمودنی‌ها یا مقدار اکسیداسیون چربی بین دو آزمون، هنگام فعالیت با شدتی مطابق بر آستانه لاکنات مشاهده نشد (۳). هنوز در مورد اینکه نوع فعالیت ورزشی یکی از عوامل اثرگذار بر اکسیداسیون چربی است بحث وجود دارد. بنابراین، هدف پژوهش حاضر این است که مقدار  $Fat_{max}$  و MFO را در هر دو نوع فعالیت ورزشی دویدن روی نوارگردان و رکاب زدن روی چرخ کارسنج مقایسه و مقادیر اکسیداسیون چربی را در دامنه وسیعی از شدت‌ها در دو نوع فعالیت ورزشی متفاوت تعیین کند.

## روش‌شناسی

**آزمودنی‌ها:** جامعه آماری این پژوهش دانشجویان دختر غیرورزشکار بودند. تعداد ۱۰ دانشجوی دختر غیرورزشکار (میانگین سن  $23.1 \pm 1.9$  سال، قد  $1.63 \pm 0.03$  سانتی‌متر، وزن  $57.3 \pm 4.4$  کیلوگرم، و درصد چربی بدن  $28.2 \pm 3.1$  درصد)، داوطلبانه آمادگی خود را جهت شرکت در این پژوهش اعلام کردند. در شروع اجرای طرح هیچ‌گونه بیماری خاصی نداشتند. همچنین، طی ۳ سال گذشته فعالیت ورزشی منظمی نداشتند. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

**روش انجام پژوهش:** افراد قبل از شروع آزمون، طی یک جلسه با وسایل و شیوه اندازه‌گیری آشنا شدند. درصد چربی بدن با اندازه‌گیری چین پوستی چهار موضعی و بر اساس معادلات دیورنین و ومرسلی برآورد شد (۸). همچنین، قد و وزن بدن آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. آزمون‌های ورزشی بین ساعات ۸ الی ۱۰ صبح انجام شد. آزمودنی‌ها پس از ۱۰ الی ۱۲ ساعت به حالت ناشتا به

از آزمون محاسبه و با تقسیم آن بر مقدار VO<sub>2</sub>max بیان شدت فعالیت آن مرحله یا درصد VO<sub>2</sub>max بیان شد. بیشترین مقداری که از معادله ۱ به دست آمد، بیشینه اکسیداسیون چربی و شدت فعالیت متناسب با آن، Fat<sub>max</sub> محسوب شد (۱۵).

**تجزیه و تحلیل آماری:** برای مقایسه تغییرات اکسیداسیون چربی در دو نوع فعالیت از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. همین طور در مقایسه میانگین بیشینه اکسیداسیون چربی و Fat<sub>max</sub> در دو نوع فعالیت ورزشی از آزمون t هم بسته استفاده شد. لازم به ذکر است که فرض طبیعی بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنف و فرض تجانس واریانس با استفاده از آزمون لونز بررسی و تأیید گردید.

#### یافته ها

میانگین و انحراف استاندارد ( $\bar{X} \pm SD$ ) ویژگی های آنترپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی ها در جدول ۱ آمده است. همان طور که در جدول نیز نشان داده شده است، VO<sub>2</sub>max در دو آزمون نوارگردان و چرخ کارسنج تفاوت معناداری دارد ( $p < 0.05$ ).

وات افزایش می یافت تا زمانی که آزمودنی به خستگی کامل برسد. شدت رکاب زدن برای آزمودنی ها ۵۰ دور در دقیقه بود که توسط مترونوم کنترل می شد. در طول آزمون، ضربان قلب آزمودنی ها به طور پیوسته با استفاده از ضربان سنج پلار (مدل T31) ثبت شد. اندازه گیری های نفس به نفس در طول آزمون با استفاده از دستگاه گاز آنالیزر (مدل Quark b7) انجام شد.

**محاسبات و کالری سنجی غیر مستقیم:** میانگین اکسیژن مصرفی (VO<sub>2</sub>) و دی اکسید کربن تولیدی (VCO<sub>2</sub>) در طول ۲ دقیقه پایانی هر مرحله از آزمون، تا زمانی که RER کمتر از ۱ بود، تعیین شد. با فرض اینکه میزان دفع نیتروژن ادراری ناچیز است، برای هر یک از این مراحل، میزان اکسیداسیون چربی با استفاده از معادله عنصرسنجی فرین<sup>۱</sup> معادله ۱ (۱۰)، همچنین درصد اکسیداسیون چربی با استفاده از معادله ۲ (۲۷) محاسبه شد.

#### معادله ۱

$$VO_2 = 1.7 \times VCO_2 - 1.695 \times \text{چربی (g/min)}$$

#### معادله ۲

$$\text{درصد اکسیداسیون چربی} = \left[ \frac{(1 - RER)}{0.29} \right] \times 100$$

میانگین مقادیر VO<sub>2</sub> در ۲ دقیقه پایانی هر مرحله

جدول ۱. ویژگی های آنترپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی ها (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین)

متغیرها	سن (سال)	قد (cm)	وزن (kg)	درصد چربی بدن	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	
						نوارگردان	چرخ کارسنج
آزمودنی ها (n=10)	23.1 ± 1.90	163.3 ± 10	57.3 ± 4.4	28.2 ± 3.1	21.3 ± 1.4	28.4 ± 4.5*	23.2 ± 4.4

\* اختلاف در سطح  $p < 0.05$  معنادار است.

#### 1. Stoichiometric equations of Frayn

جدول ۲ میانگین شدت فعالیت آزمودنی‌ها ( $\%VO_{2max}$ ) در هر یک از مراحل ۳ دقیقه‌ای آزمون‌های نوارگردان و چرخ کارسنج در سطح RER کمتر از ۱ را نشان می‌دهد.

به منظور مقایسه متغیرها در دو نوع فعالیت ورزشی (نوارگردان و چرخ کارسنج)، شدت‌های مشابهی از این دو نوع فعالیت ورزشی می‌بایست انتخاب، مقایسه، و تجزیه و تحلیل آماری شوند. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، شدت فعالیت ورزشی روی نوارگردان در مراحل ۲، ۳، ۴ و ۵ با شدت فعالیت ورزشی روی چرخ کارسنج به ترتیب در مراحل ۱، ۲، ۳ و ۴ تقریباً مشابه است. نتایج آزمون آماری نیز نشان داد که بین شدت‌های تقریباً مشابه از دو نوع فعالیت ورزشی تفاوت

معناداری وجود ندارد.

میزان اکسیداسیون چربی آزمودنی‌ها هنگام فعالیت روی نوارگردان و چرخ کارسنج در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به داده‌های این جدول مشاهده می‌شود که میزان اکسیداسیون چربی در فعالیت روی نوارگردان بیشتر از چرخ کارسنج است ( $p < 0.05$ ).

میزان بیشینه اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت روی نوارگردان و چرخ کارسنج در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به این نمودار، میزان MFO در فعالیت روی نوارگردان ( $0.21 \pm 0.06$  گرم در دقیقه) به طور معناداری بیشتر از چرخ کارسنج ( $0.15 \pm 0.05$  گرم در دقیقه) است ( $p < 0.05$ ).

جدول ۲. شدت‌های فعالیت آزمودنی‌ها ( $\%VO_{2max}$ )

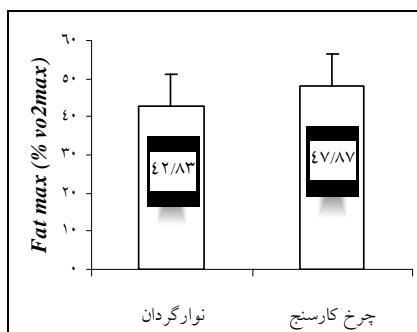
مراحل فعالیت نوع فعالیت ورزشی	۱	۲	۳	۴	۵
نوارگردان	$29.2 \pm 7.2$	$40.1 \pm 7.7$	$50.9 \pm 7.4$	$63.4 \pm 7.3$	$78.8 \pm 8.2$
چرخ کارسنج	$42.8 \pm 7.9$	$55.4 \pm 8.0$	$65.9 \pm 6.3$	$77.6 \pm 7.1$	-

\* مقادیر بر اساس انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین ارائه شده‌اند.

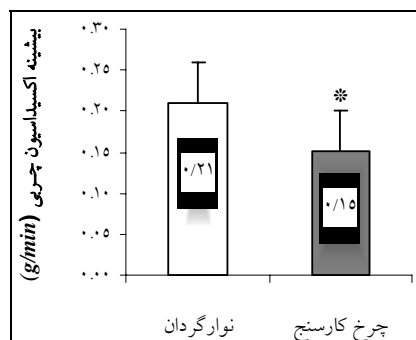
جدول ۳. میزان اکسیداسیون چربی آزمودنی‌ها هنگام فعالیت روی نوارگردان و چرخ کارسنج

متغیر	اکسیداسیون چربی ( $g/min$ ) در هر یک از مراحل آزمون				
نوع فعالیت	۱	۲	۳	۴	۵
نوارگردان	$0.14 \pm 0.04$	$0.17 \pm 0.04$	$0.16 \pm 0.04$	$0.11 \pm 0.03$	$0.07 \pm 0.03$
چرخ کارسنج	$0.11 \pm 0.03$	$0.06 \pm 0.02$	$0.04 \pm 0.02$	$0.03 \pm 0.01$	-

\* مقادیر بر اساس انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین ارائه شده‌اند.

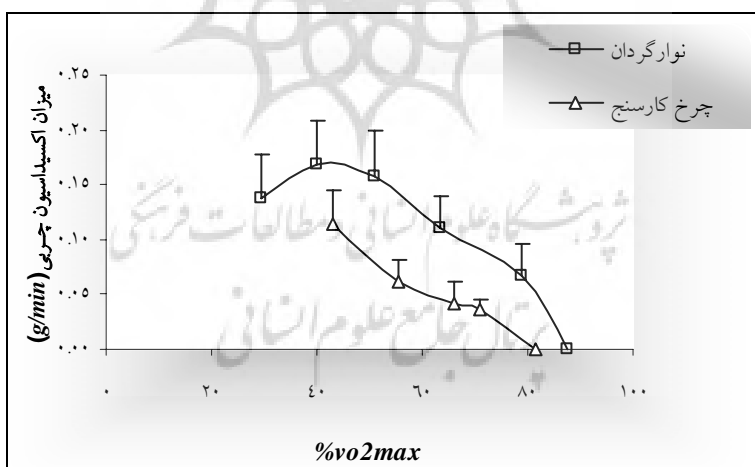
شکل ۲. میزان Fat<sub>max</sub> آزمودنی‌ها در دو نوع فعالیت ورزشی

توجه به جدول ۳ و شکل ۱، مقدار بیشینه اکسیداسیون چربی در دو نوع فعالیت ورزشی تفاوت معناداری داشت ( $p < 0.05$ )، اما شدت کار در جایی که بیشینه اکسیداسیون چربی روی می‌دهد (شکل ۲)، بین دو نوع فعالیت ورزشی تفاوت معناداری نداشت. همچنین، مقادیر اکسیداسیون چربی در دامنه وسیعی از شدت‌ها (شکل ۳)، در آزمون نوارگردان نسبت به آزمون چرخ کارسنج به‌طور معناداری بیشتر بود ( $p < 0.05$ ).

شکل ۱. میزان MFO آزمودنی‌ها در دو نوع فعالیت ورزشی، \* اختلاف بین دو نوع فعالیت ورزشی ( $p < 0.05$ )

شدتی که در آن بیشینه اکسیداسیون چربی صورت می‌گیرد، هنگام فعالیت روی نوارگردان و چرخ کارسنج در شکل ۲ نشان داده شده است، به طوری که Fat<sub>max</sub> روی نوارگردان ۴۲/۸۳٪ و روی چرخ کارسنج ۴۷/۸۷٪ حداکثر اکسیژن مصرفی است.

شکل ۳ ارتباط بین مقادیر اکسیداسیون چربی و شدت تمرین (%VO<sub>2max</sub>) را نشان می‌دهد. با



شکل ۳. مقایسه میزان اکسیداسیون چربی زنان در فعالیت روی نوارگردان و چرخ کارسنج

## بحث و بررسی

مهم‌ترین یافته‌های مطالعه حاضر عبارت بود از:

۱. مقدار MFO، در فعالیت روی نوارگردان نسبت به چرخ کارسنج به طور معناداری بیشتر بود.

۲.  $Fat_{max}$  در دو نوع فعالیت ورزشی، تفاوت معناداری نداشت.

۳. مقادیر اکسیداسیون چربی هنگام دویدن روی نوارگردان در دامنه وسیعی از شدت‌ها نسبت به رکاب زدن روی چرخ کارسنج، به طور معناداری بیشتر بود.

شدت تمرین و فعالیت ورزشی همواره یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در اکسیداسیون چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها شناخته شده است (۲۷، ۴، ۲، ۱). تغییر جهت استفاده از سوپسترا با افزایش شدت تمرین صورت می‌گیرد. این موضوع در پژوهش حاضر نیز ثابت شد. هنگامی که شدت کار از کم تا متوسط افزایش می‌یابد، سرعت لیپولیز (۹)، مقدار جریان خون بافت چربی و جریان خون عضله (۱۶) افزایش می‌یابد که باعث افزایش دسترسی عضلات به اسید چرب می‌شود. این امر با افزایش مقادیر مطلق اکسیداسیون چربی همراه است. زمانی که شدت به مقدار بسیار زیاد افزایش می‌یابد، سهم اکسیداسیون کربوهیدرات به طور برجسته‌ای افزایش می‌یابد (۲۲).

در پژوهش حاضر، اکسیداسیون چربی روی نوارگردان از شدت ۲۹٪  $VO_{2max}$  به مقدار بیشینه‌اش در شدت ۴۲٪  $VO_{2max}$  افزایش یافت و افزایش بیشتر در شدت فعالیت با کاهش اکسیداسیون چربی همراه بود. همچنین، اکسیداسیون چربی روی چرخ کارسنج در شدت ۴۷٪  $VO_{2max}$  به مقدار بیشینه‌اش رسید، اما افزایش بیشتر شدت فعالیت روی چرخ کارسنج نیز به

کاهش اکسیداسیون چربی منجر شد.

در این پژوهش میزان اکسیداسیون چربی در شدت‌های نسبی مشابه، بین انواع مختلف فعالیت ورزشی (دویدن و دوچرخه سواری) متفاوت است. شواهد علمی نشان می‌دهد که هنگام فعالیت روی چرخ کارسنج توده عضلانی کمتری نسبت به نوارگردان به کار گرفته می‌شود (۱۴). از طرفی، آزاد شدن کاتکولامین‌ها هنگام فعالیت با توده عضلانی فعال ارتباط مثبتی دارد (۷).

آچتن و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که غلظت کاتکولامین‌ها حین دویدن نسبت به دوچرخه‌سواری بیشتر است (۲). از آنجا که کاتکولامین‌ها فعال‌کننده‌های مؤثر لیپولیز هنگام فعالیت ورزشی‌اند (۲۱، ۱۷، ۱۲) و غلظت آن‌ها هنگام دویدن بیشتر از دوچرخه‌سواری است، بنابراین اکسیداسیون چربی در دویدن بیشتر از دوچرخه‌سواری است. همچنین، فرضیه دیگری که آچتن و همکاران (۲۰۰۳) مبنی بر بالاتر بودن اکسیداسیون چربی هنگام دویدن بیان کردند، به توده عضلانی فعال مربوط است (۲). حجم کار هنگام فعالیت روی چرخ کارسنج نسبت به نوارگردان، به تعداد کمتری از تارهای عضلانی تقسیم خواهد شد. بنابراین هر تار چون مقدار بیشتری انرژی نیاز دارد، فشار متابولیکی روی هر تار عضلانی بیشتر می‌شود. آن‌ها احتمال دادند که افزایش فشار متابولیکی و نیاز هر تار به انرژی بیشتر، تنها از طریق افزایش سهم اکسیداسیون کربوهیدرات تأمین می‌شود (۲). از این رو، به نظر می‌رسد هنگام فعالیت روی چرخ کارسنج اکسیداسیون کربوهیدرات بالاتر است.

نچتله و همکاران (۲۰۰۴) نیز علت بالاتر بودن اکسیداسیون چربی را در فعالیت روی نوارگردان

آزمودنی‌هاست. افراد مورد مطالعه آچتن و همکاران (۲۰۰۳) همگی دوچرخه‌سوار ورزیده بودند که سطح آمادگی بالایی داشتند.

ظرفیت اکسیداسیون اسیدهای چرب افرادی که از آمادگی بالایی برخوردارند، افزایش و وابستگی بدن آنان به متابولیسم کربوهیدرات کاهش می‌یابد (۱۸). همچنین، فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو عضله افراد تمرین کرده نسبت به افراد بی‌تحرک دو برابر می‌شود (۲۸). از این رو، مقادیر اکسیداسیون چربی و به تبع آن MFO افراد ورزشکار بالاتر از دیگر افراد است. این یافته‌ها با مشاهدات توماس و همکاران (۲۵)، نایمن و همکاران (۲۰)، نچتله و همکاران (۱۹)، سیندر و همکاران (۲۴)، و گلس و همکاران (۱۳) همخوانی داشت.

علت اختلاف گزارش‌های علمی در مقادیر MFO احتمالاً در نتیجه تفاوت‌ها در روش پژوهش، شدت و مدت تمرین، سطح آمادگی اولیه افراد، دمای هوا و تفاوت‌های فردی بوده است. در مقابل، یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج هومارد (۱۵) و آرکینستال و همکاران (۳) مغایرت داشت. آن‌ها گزارش کردند که مقادیر اکسیداسیون چربی بین دو نوع فعالیت ورزشی تفاوت معناداری ندارد. در این دو پژوهش فقط یک شدت تمرینی اعمال شد. آزمودنی‌ها فعالیت را در هر دو نوع فعالیت ورزشی در پژوهش هومارد و همکاران (۱۹۹۱) با شدت  $VO_{2max} / 75$  و در پژوهش آرکینستال و همکاران (۲۰۰۱) با شدتی مطابق با آستانه لاکنات انجام دادند. احتمال می‌رود که بخشی از تفاوت‌های بین دو مطالعه به علت تفاوت شدت تمرینی مطلق است. در هر یک از این پژوهش‌ها دو اندازه از شدت مختلف تمرینی مقایسه شده است تا دو نوع فعالیت ورزشی، چون مقادیر  $VO_{2max}$

نسبت به چرخ کارسنج این گونه بیان کردند که هنگام فعالیت روی چرخ کارسنج تنش عضلانی بیشتری از فعالیت روی نوارگردان ایجاد می‌شود و در نتیجه تارهای حرکتی نوع II در دوچرخه‌سواری بیشتر به کار گرفته می‌شوند. از طرفی، تارهای حرکتی نوع II ظرفیت‌های گلیکولیتیکی بالا و اکسایشی پایین دارند. بنابراین، اکسیداسیون کربوهیدرات در دوچرخه‌سواری نسبت به دویدن بالاتر است (۱۹).

یافته‌های پژوهش حاضر همسو با نتایج تحقیقات فوق است، زیرا مقادیر اکسیداسیون چربی در دامنه وسیعی از شدت‌ها هنگام فعالیت روی نوارگردان به طور معناداری بیشتر از چرخ کارسنج بود. بدیهی است که مقدار بیشینه اکسیداسیون چربی (MFO) نیز در فعالیت روی نوارگردان نسبت به چرخ کارسنج ( $g/min$ )  $0.21 \pm 0.05$  روی نوارگردان در مقابل  $0.15 \pm 0.05$  روی چرخ کارسنج) به طور معناداری بیشتر بود. این یافته‌ها با آنچه آچتن و همکاران (۲۰۰۳) در دامنه وسیعی از شدت‌ها به آن رسیدند همخوانی دارد (۲). این محققان به این نتیجه رسیدند که مقادیر اکسیداسیون چربی و MFO در فعالیت روی نوارگردان بالاتر از چرخ کارسنج است. علی‌رغم اینکه نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های مطالعه آچتن و همکاران (۲۰۰۳) تأیید شد، اما تفاوت‌هایی نیز در مقادیر گزارش‌شده MFO به چشم می‌خورد که احتمالاً به علت تفاوت در ویژگی‌های آزمودنی‌هاست. مقدار MFO در مطالعه آچتن (۲۰۰۳) در فعالیت روی نوارگردان  $0.65 g/min$  و در چرخ کارسنج  $0.47 g/min$  بود. علت تفاوت مقادیر MFO در این دو پژوهش احتمالاً تفاوت در سطح آمادگی فیزیولوژیک



متابولیکی در شدت‌های مشابه تمرینی در هر دو نوع فعالیت ورزشی (با توجه به مقدار  $VO_{2max}$  هر نوع فعالیت ورزشی) وجود دارد. با این حال، مقدار  $VO_{2max}$  روی نوارگردان ۱۲٪ بیشتر از چرخ کارسنج بود.

به طور کلی، بیشینه اکسیداسیون چربی، همچنین مقادیر اکسیداسیون چربی در دامنه وسیعی از شدت‌های کار روی نوارگردان به طور معناداری بیشتر از چرخ کارسنج بود. با وجود این، شدت کار در جایی که بیشینه اکسیداسیون چربی روی می‌دهد، در هر دو نوع فعالیت ورزشی متفاوت نبود.

در آزمون نوارگردان و چرخ کارسنج مشابه نیست. گزارش‌های علمی نشان می‌دهند چون توده عضلانی بیشتری در فعالیت روی نوارگردان نسبت به چرخ کارسنج درگیر است، لذا مقادیر  $VO_{2max}$  ۷ تا ۱۰ درصد هنگام فعالیت روی نوارگردان نسبت به چرخ کارسنج بیشتر است (۱۳). بنابراین، با توجه به اهمیت تفاوت  $VO_{2max}$  دو نوع فعالیت ورزشی، در دو پژوهش هومارد و همکاران (۱۹۹۱) و آرکینستال و همکاران (۲۰۰۱)، فعالیت روی نوارگردان نسبت به چرخ کارسنج در ضربان قلب و  $VO_{2max}$  بالاتری انجام شده است. در پژوهش حاضر، به دلیل اینکه فعالیت‌ها در دامنه وسیعی از شدت‌ها صورت گرفته است، امکان مقایسه متغیرهای



منابع

1. 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.
2. Achten, J., Venables, M.C. and Jeukendrup, A.E. (2003). "Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities". *Metabolism*, 52, 747-752.
3. Arkinstall, M. J., Bruce, C. R., Nikolopoulos, V., Andrew, P., Garnham, and John, A., Hawley (2001). "Effect of carbohydrate ingestion on metabolism during running and cycling". *J Appl Physiol*, 91:2125-2134.
4. Bergman, B. C., and Brooks, G. A. (1999). "Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men". *J Appl Physiol*, 86: 479.
5. Brooks, G. A., and Mercier, J. (1994). "Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: The "crossover" concept". *J Appl Physiol*. 76: 2253-2261.
6. Coggan, A.R., Raguso, C.A., Gastaldelli, A., Sidossis, S., and Yeckel, C.W. (2000). "Fat metabolism during high-intensity exercise in endurance-trained and untrained men". *Metabolism*, 49: 122-128.
7. Davies, C.T., Few, J., and Foster, C. (1974). "Plasma catecholamine concentration during dynamic exercise involving different muscle groups". *Eur J Appl Physiol*, 32: 195-206.
8. Durnin, J.V., and Womersley, J. (1974). "Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years". *Br J Nutr*, 32:77-97.
9. Ellen, E., Blaak, Wim, H.M., Saris (2002). "Substrate oxidation, obesity and exercise training". *Best Practical & Research Clinical Endocrinology and Metabolism*. 16(4), 667-678.
10. Freyn, K.N. (1983). "Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange". *J Appl Physiol*; 55:628-634.
11. Friedlander, A.L., Casazza, G.A., Horning, M.A., Buddinger, T.F., and Brooks, G.A. (1998). "Effects of exercise intensity and training on lipid metabolism in young women". *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 275:E853-E863.
12. Gibney, M.J., Macdonld, I.A., and Roche, H.M. (2003). *Nutrition and metabolism*, Blackwell publishing.
13. Glass, S.C., Santos, V.J., and Armstrong, D. (1999). "The effect of mode of exercise on fat oxidation during exercise". *J Strength and Cond*. 13: 29-34.
14. Hermansen, L., and Saltin, B. (1969). "Oxygen uptake during maximal bicycle and treadmill exercise". *J Appl Physiol*, 26: 31-37.
15. Houmard, J.A., Egan, P.C., Johns, R.A., Neuffer, P.D., Chenier, T.C., and Israel, R.G. (1991). "Gastric emptying during 1 h of cycling and running at 75% Vo<sub>2</sub>max". *Med Sci Sports Exerc* 23:320-325.
16. Jeukendrup, A.E., and Glesson, M. (2004). *Sport nutrition*, Human Kinetics.
17. Jeukendrup, A.E., Saris, W.H.M., and Wagenrnakers, A.J. (1998). "Fat metabolism during exercise: a review-part II: regulation of metabolism and the effect of training", *Int J Sports Med*, 19: 293-302.
18. Jeukendrup, A.E. (2003). "Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment". *Biochem Soc Trans*, 31: 12701-1273.
19. knecht, B., Muller, G., Willmann, F., Kotteck, K., Eser, P., and Knecht, H. (2004). "Fat oxidation in men and women endurance athletes in running and cycling". *Int Sports Med*, 25:38-44.
20. Nieman, D.C., Nehlsen-Cannarella, S.L., and Fagoaga, O.R. (1998). "Effects of mode and carbohydrate on the granulocyte and monocyte response to intensive, prolonged exercise". *J Appl Physiol*, 84, 1252-1259.
21. Powers, S.K., and Howely, E.T. (2001). *Exercise physiology (Theory and application to fitness and performance)*, Mc Graw Hill.
22. Romijn, J., Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Gastaldelli, A., Horowitz, J.F., Endert, E., and Wolfe, R.R. (1993). "Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration." *Am. J. Physiol*, 265: E380-391.

23. Romijn, J.A., Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Rosenblatt, J., and Wolfe, R.R. (2000). "Substrate metabolism during different exercise in endurance-trained women". *J Appl Physiol*, 88: 1707-1714.
24. Snyder, A.C., O'Hagan, K.P., Clifford, P.S., et al. (1993). "Exercise responses to in-line skating: Comparisons to running and cycling". *Int J Sports Med*, 14:38-42.
25. Thomas, T.R., Feiock, C.W., and Araujo, J. (1989). "Metabolic responses associated with four modes of prolonged exercise". *J Sports Med Phys Fitness*, 29:77-82.
26. Van Loon, L.J.C., Greenhaff, P.L., Constantin-Teodosiu, D., Saris, W.H.M., and Wagenmakers, A.J.M. (2001). "The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans". *J Physiol*; 536: 295-304.
27. 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.
28. Wolinsky, I. (1998). *Nutrition in exercise and sport*. CRC Press.

