

تأثیر ترتیب شدت فعالیت ورزشی بر پاسخهای متابولیک دانشجویان دفتر غیر ورزشکار

۸۷

تاریخ تصویب: ۸۵/۴/۲۸
تاریخ دریافت: ۸۵/۱/۹

° سارا پناهی؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه تهران
°° دکتر عباسعلی گائینی؛ دانشیار دانشگاه تهران
°°° دکتر علی اصغر رواسی؛ استادیار دانشگاه تهران
°°°° رعنا فیاض میلانی؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه تهران

چکیده:

تغییر بار کار و انتقال از یک شدت به شدت دیگر، در بسیاری از فعالیتهای بدنی و ورزشها رایج است. به همین دلیل، هدف این پژوهش مطالعه تأثیر ترتیب شدت فعالیت ورزشی بر پاسخهای متابولیک دانشجویان دختر غیر ورزشکار بود. در این پژوهش، آزمودنیها را ۱۰ دانشجوی دختر غیر ورزشکار تشکیل دادند که هر آزمودنی در سه روز جداگانه، با فاصله دست کم ۴۸ ساعت از یکدیگر در مرکز سنجش قابلیتهای جسمانی آکادمی ملی المپیک آزمون شد در روز اول VO_{2Max} سنجیده شد. دو روز دیگر، آزمودنیها نیز دو فعالیت ورزشی زیر بیشینه را با ترکیبی از دو شدت کم و زیاد اجرا کردند. بدین صورت که یا نخست ۱۵ دقیقه فعالیت ورزشی با شدت کم (۵۰ درصد VO_{2Max}) و سپس ۱۵ دقیقه فعالیت ورزشی با شدت زیاد (۷۰ درصد VO_{2Max}) اجرا کردند یا ترتیب این دو شدت برعکس اجرا شد. متغیرهای متابولیک، هنگام فعالیت ورزشی و تا یک ساعت بعد از فعالیت ورزشی با دستگاه تجزیه و تحلیل کننده گازهای تنفسی سنجیده شدند. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، نرم افزار SPSS 13 به کار رفت و معلوم شد که در یک فعالیت ورزشی با ترکیبی از دو شدت کم و زیاد، قرار دادن دوره شدت زیاد فعالیت در ابتدا، نسبت به قراردادن دوره شدت کم در ابتدا، می تواند به اکسیداسیون چربی بیشتری در دوره فعالیت ورزشی ($P=0/0001$) و در دوره بازیافت ($P=0/05$) بینجامد، در صورتی که به تفاوت معناداری در هزینه انرژی منجر نشود ($P=0/98$).

واژگان کلیدی: ترتیب شدت فعالیت ورزشی، پاسخهای متابولیک، غیرورزشکار

مقدمه

شمار می روند که با توجه به مدت و شدت فعالیت و تمرین ورزشی، میزان آمادگی بدنی قبلی، ترکیب غذای مصرف شده در روزهای پیش از فعالیت ورزشی

چربیها و کربوهیدراتها از منابع اصلی انرژی مورد استفاده هنگام استراحت، فعالیت ورزشی و تمرین به

این احتمال نیز وجود دارد، فعالیتی که از دو شدت متفاوت تشکیل شده باشد، اجرای بخش شدید فعالیت در ابتدا، نسبت به فعالیتی باعکس آن ترتیب شدتها، در اکسیداسیون چربی مؤثرتر باشد. با این حال، نتایج حاصل از مطالعات در این زمینه همسو نیستند. در پژوهش **اگان و هد**^۱ مشاهده شد که تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی، تأثیر معناداری بر هزینه کلی انرژی داشت، اما باعث تفاوت معناداری در میزان اکسیداسیون چربی نشد (۷). از طرف دیگر، در پژوهشی که با هدف مطالعه پاسخهای قلبی عروقی، متابولیسم و ادراکی اجرا شد، پژوهشگران دریافتند که اجرای فعالیت با شدت زیاد و متعاقب آن شدت کم، می تواند به اکسیداسیون چربی بیشتری بینجامد، در صورتی که بر هزینه کلی انرژی تأثیری نداشت (۱۴).

بنابراین، به نظر می رسد که تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی می تواند پاسخهای متابولیک متفاوتی را به دنبال داشته باشد. با توجه به ناهمسو بودن یافته های محققان و با در نظر گرفتن این مطلب که هنگام تعیین تأثیر شدتهای گوناگون فعالیت ورزشی بر هزینه انرژی و مصرف کربوهیدرات و چربی در زنان، توجه به دوره باز یافت نیز ضروری است (۱۶)، از این رو، مطالعات تکمیلی می توانند به تبیین بهتر حوزه بحث کمک کنند. بر این اساس، سؤال اصلی این پژوهش آن است که چه ترتیبی از شدتهای ورزشی باید اجرا شود تا پاسخهای متابولیک مناسبی هنگام فعالیت ورزشی و در دوره باز یافت به دنبال داشته باشد.

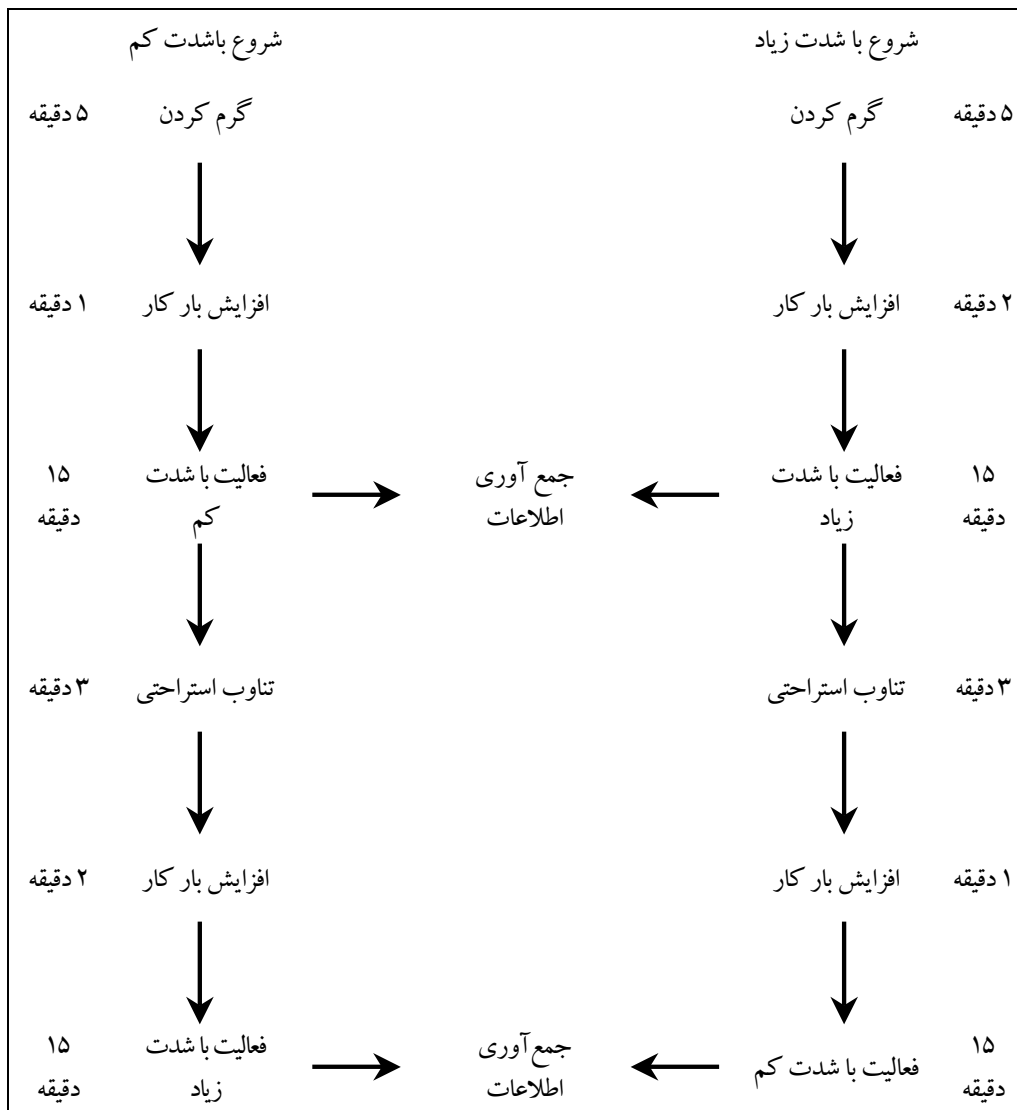
روش شناسی

روش پژوهش از نوع نیمه تجربی است.

تمرین، شرایط محیطی و مصرف مکملهای کربوهیدرات قبل یا هنگام فعالیت ورزشی، می تواند بر دیگری پیشی بگیرند (۹، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۲۳). افزایش متابولیسم چربی، به روشهای گوناگونی در کاهش علائم بیماریهای متابولیک مثل چاقی و دیابت نوع دوم نقش بالقوه ای دارند (۱، ۲۱) و یا سبب کاهش عاملهای خطرزای قلبی می شوند (۳). به علاوه، برخی فایده های فعالیت بدنی منظم، همانند: کاهش مقاومت انسولین، کاهش پرفشارخونی و کاهش انباشت لیپو پروتئین کم چگال پلازما احتمالاً با افزایش اکسیداسیون چربی ارتباط دارد (۱). تحقیقات زیادی درباره عاملهای مؤثر بر اکسیداسیون چربیها صورت گرفته اند. از جمله عاملهای بسیار مؤثر در اکسیداسیون چربیها، شدت تمرین و فعالیت ورزشی است. شدت فعالیت ورزشی، همواره به عنوان عاملی مؤثر بر کارایی و سودمندی یک فعالیت ورزشی مورد توجه بوده است که پژوهشهای بسیار زیادی درباره آثار شدت مشخصی از فعالیت یا مقایسه شدتهای متفاوت فعالیت ورزشی بر اکسیداسیون چربیها صورت گرفته اند. اما شدت ترکیبی، یعنی تغییر در بار کار و انتقال از یک شدت به شدت دیگر یا به عبارت دیگر استفاده از دو یا چند شدت متفاوت در یک فعالیت ورزشی، با وجودی که در بسیاری از فعالتهای بدنی و ورزشها رایج است و می تواند فایده های بسیاری را در دوره زمانی نسبتاً کوتاهی به ارمغان آورد (۱۴)، کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. هنوز روشن نشده است که چه ترتیبی از شدتهای ورزشی به پاسخهای فیزیولوژیک و متابولیک بهتری می انجامد. فعالیت ورزشی با شدت زیاد، متابولیسم اسیدهای چرب پلازما و گلیسرول را در دوره باز یافت تا حد زیادی افزایش می دهد (۱۹). از آنجا که افزایش اسیدهای چرب پلازما می تواند میزان اکسیداسیون چربی را در مرحله های اولیه یک فعالیت ورزشی با شدت کم افزایش دهد (۱۴)،

تحصیلی ۸۳-۱۳۸۴ شرکت کرده بودند، تشکیل دادند. ده نفر از این دانشجویان به دلیل حساسیت کار به طور داوطلبانه (در دسترس) به عنوان نمونه آماری گزینش شدند. میانگین سن، قد، وزن، درصد چربی و

جامعه آماری و فرایند انتخاب آزمودنیها
جامعه آماری این پژوهش را دانشجویان دختر غیر ورزشکار که در کلاسهای تربیت بدنی عمومی دانشگاههای تهران و شهید بهشتی در نیمسال دوم سال



شکل ۱. روش اجرای دو پروتکل فعالیتهای زیربیشینه

فعالیت، غذایی مصرف نکنند.

همه متغیرهای متابولیک به وسیله دستگاه تجزیه و تحلیل کننده گازهای تنفسی اندازه گیری و ثبت شدند. در هر فاصله پنج دقیقه ای هنگام فعالیت ورزشی و در فاصله های ۱۵ دقیقه ای در دوره بازیافت، اندازه گیریها در دو دقیقه آخر گرفته شدند و در این دو دقیقه، همه متغیرها هر ۲۰ ثانیه مورد سنجش قرار گرفتند، سپس میانگین اندازه گیریهای هر متغیر در دو دقیقه به دست آمد که برای تجزیه و تحلیلهای بعدی استفاده شد.

هزینه انرژی و انرژی به دست آمده از چربی و کربوهیدرات با اندازه گیری غیر مستقیم انرژی و با استفاده از مقادیر R بدون پروتئین محاسبه شد (۱۵). در این روش، تصور بر این بود که پروتئین سهم ناچیزی در تولید انرژی مورد نیاز در جریان تمرین و فعالیت ورزشی داشت. بر این اساس، مقدار کیلوژول به ازای هر لیتر اکسیژن مصرفی، به علاوه درصد کیلوژول گرفته شده از چربی و کربوهیدرات، ابتدا مطابق با R به دست آمد. سپس هزینه انرژی با ضرب کیلوژول به ازای هر لیتر اکسیژن مصرفی در VO_2 به دست آمد. در نهایت، انرژی گرفته شده از چربی و کربوهیدرات با ضرب هزینه انرژی در درصد کیلوژول از چربی و کربوهیدرات، به ترتیب به دست آمد. هر یک از این مقادیر، ابتدا برای دوره پنج دقیقه ای، سپس برای هر شدت مشخص (۱۵ دقیقه) و در نهایت برای کل جلسه و همچنین برای هر ۱۵ دقیقه دوره بازیافت و مجموع یک ساعت بازیافت محاسبه شدند.

BMI^۱ آزمودنیها به ترتیب ۲۰ سال، ۱۶۶ سانتی متر، ۵۳ کیلوگرم، ۲۴ درصد و ۱۹/۴۵ کیلوگرم بر مترمربع بود.

نحوه جمع آوری اطلاعات

هر آزمودنی در سه روز جداگانه با فاصله دست کم ۴۸ ساعت از یکدیگر در مرکز سنجش قابلیت های جسمانی آکادمی ملی المپیک حاضر شدند. تمام آزمونها روی چرخ کارسنج ساخت شرکت تکنوجیم^۲ ایتالیا و با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل کننده گازهای تنفسی مدل K_4b^2 ساخت شرکت کازمد^۳ ایتالیا اجرا شدند. روز اول، آزمون سنجش VO_{2Max} برای تعیین بار کاری برابر با ۵۰ درصد (شدت کم) و ۷۰ درصد (شدت زیاد) VO_{2Max} اجرا شد؛ به این ترتیب که آزمون با شدت ۲۵ وات شروع و در هر دو دقیقه ۲۵ وات بر بازده توانی تا سرحد خستگی افزوده می شد. پس از پردازشهای صورت گرفته روی نرم افزار دستگاه تجزیه و تحلیل کننده گازهای تنفسی، مقادیر VO_{2Max} محاسبه شدند. علاوه بر آن، برای کنترل دقیق تر، عاملهای زیر نیز به عنوان شرایط رسیدن به VO_{2Max} مورد توجه قرار گرفتند:

الف. ضربان قلب (دست کم معادل ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه)

ب. نسبت تبادل تنفسی (R)^۴ (دست کم معادل ۱/۱۵)

پ. نمودار اکسیژن مصرفی و ضربان قلب

$\square (VO_2/HR)$ (رسیدن به فلات)

ت. اعلام درماندگی از سوی فرد

در دو روز دیگر، فعالیتهای زیربیشینه در قالب دو پروتکل زیر (مطابق با شکل ۱) اجرا شدند. قابل ذکر است که تمام آزمونها قبل از ظهر اجرا شدند و حداکثر تلاش به عمل آمد که هر آزمودنی، دو فعالیت زیربیشینه خود را در ساعت معینی از روز اجرا کنند. همچنین از آزمودنیها خواسته شد که دست کم سه ساعت قبل از

1. Body Mass Index

2. Technogym

3. Cosmed

4. Respiratory Exchange Ratio

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای اکسیژن مصرفی و نسبت تبادل تنفسی در دو ترتیب متفاوت شدت فعالیت ورزشی

آغاز فعالیت با شدت کم						آغاز فعالیت با شدت زیاد						
شدت زیاد			شدت کم			شدت کم			شدت زیاد			
۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	زمان (دقیقه)
۱/۲۸	۱/۲۹	۱/۲۹	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۴	۱/۳۰	۱/۳۰	۱/۳۰	اکسیژن مصرفی (لیتر / دقیقه)
(۰/۲۰)	(۰/۲۳)	(۰/۲۳)	(۰/۱۴)	(۰/۱۶)	(۰/۱۶)	(۰/۱۴)	(۰/۱۶)	(۰/۱۴)	(۰/۱۹)	(۰/۱۹)	(۰/۲)	
۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۹۵	۰/۹۶	۱	نسبت تبادل تنفسی
(۰/۰۴)	(۰/۰۴)	(۰/۰۴)	(۰/۰۴)	(۰/۰۶)	(۰/۰۵)	(۰/۰۵)	(۰/۰۵)	(۰/۰۶)	(۰/۰۶)	(۰/۰۵)	(۰/۰۴)	

یافته‌ها

در این پژوهش، دو فعالیت با ترتیب شدتهای متفاوت ارزیابی شدند. متغیرهای وابسته نیز با فاصله‌های پنج دقیقه‌ای هنگام فعالیت ورزشی و در فاصله‌های ۱۵ دقیقه‌ای در دوره باز یافت سنجیده شدند. نتایج این اندازه‌گیریها در جدول ۱ برای دوره‌های فعالیت

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزار SPSS13 استفاده شد. بدین ترتیب، اطلاعات توصیفی مربوط به افراد محاسبه شدند. برای مقایسه متغیرهای هزینه انرژی و انرژی آزاد شده از اکسیداسیون چربیها و کربوهیدراتها، از آزمون تی وابسته استفاده شد.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای اکسیژن مصرفی و نسبت تبادل تنفسی در دوره‌های باز یافت پس از دو فعالیت ورزشی

آغاز فعالیت با شدت کم				آغاز فعالیت با شدت زیاد				
دوره باز یافت				دوره باز یافت				
۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	زمان (دقیقه)
۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۸	اکسیژن مصرفی (لیتر / دقیقه)
(۰/۰۴)	(۰/۰۶)	(۰/۰۶)	(۰/۰۶)	(۰/۰۵)	(۰/۰۸)	(۰/۰۸)	(۰/۰۵)	
۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۸۲	نسبت تبادل تنفسی
(۰/۰۵)	(۰/۰۶)	(۰/۰۵)	(۰/۰۶)	(۰/۰۷)	(۰/۰۶)	(۰/۰۴)	(۰/۰۵)	

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد هزینه انرژی، اکسیداسیون کربوهیدرات و اکسیداسیون چربی در کل فعالیتهای در دورههای متفاوت

آغاز فعالیت با شدت کم			آغاز فعالیت با شدت زیاد			
دوره شدت زیاد	دوره شدت کم	کل جلسه	دوره شدت زیاد	دوره شدت کم	کل جلسه	
۴۰۵/۸ (۶۹/۳۶)	۲۸۷/۵۹ (۴۸/۰۴)	۶۹۳/۳۹ (۱۱۷/۴۰)	۴۱۰/۳۲ (۶۰/۹۱)	۲۸۷/۴۱ (۴۴/۹۹)	۶۹۷/۷۳ (۱۰۵/۹۰)	هزینه انرژی (کیلوژول)
۳۶۲/۵۶ (۶۲/۰۲)	۲۱۰/۰۶ *(۳۵/۲۷)	۵۷۲/۶۲ *(۹۷/۲۹)	۳۷۱/۰۸ (۵۵/۱۶)	۱۵۲/۲۶ (۲۳/۷۸)	۵۲۳/۳۴ (۷۸/۹۴)	اکسیداسیون کربوهیدرات (کیلوژول)
۴۳/۲۴ *(۷/۳۴)	۷۷/۵۴ *(۱۲/۷۷)	۱۲۰/۷۸ *(۲۰/۱۱)	۳۹/۲۴ (۵/۷۵)	۱۳۵/۱۵ (۲۱/۲۱)	۱۷۴/۳۹ (۲۶/۹۶)	اکسیداسیون چربی (کیلوژول)

* در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنادار است.

نداشت. با وجود این، انرژی حاصل از اکسیداسیون کربوهیدراتها در فعالیتی که نخست با شدت کم شروع و سپس با شدت زیاد دنبال شد، نسبت به فعالیتی که در آن ترتیب شدتها برعکس بود، در کل فعالیت و در دوره شدت کم - هر دو - بیشتر بود ($P < ۰/۰۵$). از طرف دیگر، انرژی حاصل از اکسیداسیون چربیها در کل فعالیت ورزشی و در دوره باز یافت - هر دو - در فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع و سپس با شدت کم دنبال شده، بیشتر بود ($P \leq ۰/۰۵$).

ورزشی و جدول ۲ برای دورههای باز یافت ارائه شده‌اند. همچنین، نتایج هزینه کلی انرژی و اکسیداسیون چربیها و کربوهیدراتها در جدول ۳ برای دورههای فعالیت ورزشی و جدول ۴ برای دورههای باز یافت ارائه شده‌اند. چنانچه مشاهده می‌شود، تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی نیز باعث دگرگونی در هزینه کلی انرژی نشد ($P > ۰/۰۵$). هیچ تفاوت معناداری در هزینه کلی انرژی دو فعالیت ورزشی، چه هنگام فعالیت ورزشی و چه در دوره باز یافت وجود

جدول ۴. میانگین و انحراف استاندارد هزینه انرژی، اکسیداسیون کربوهیدرات و اکسیداسیون چربی در دورههای باز یافت پس از دو فعالیت ورزشی

آغاز فعالیت با شدت کم	آغاز فعالیت با شدت زیاد	
دوره باز یافت	دوره باز یافت	
۳۰۳/۹۷ (۶۷/۱۳)	۳۲۴/۶۳ (۷۲/۸۶)	هزینه انرژی (کیلوژول)
۱۲۲/۵ (۲۶/۹۶)	۱۲۲/۲۳ (۲۹/۴۲)	اکسیداسیون کربوهیدرات (کیلوژول)
۱۸۱/۴۸ *(۴۰/۱۷)	۲۰۲/۴ (۴۳/۴۴)	اکسیداسیون چربی (کیلوژول)

* در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنادار است.

بحث و بررسی

شدتهای گوناگون فعالیت ورزشی، پاسخهای متابولیک متفاوتی را به دنبال دارد. هنگام شروع فعالیت ورزشی با شدت کم، بخش نسبتاً زیادی کربوهیدرات به مصرف می‌رسد. با افزایش زمان و ادامه فعالیت ورزشی، اسیدهای چرب آزاد به حرکت درمی‌آیند و میزان بیشتری چربی اکسیده می‌شود (۱۰). در صورتی که انباشت اسیدهای چرب آزاد پلاسما به شکل مصنوعی افزایش یابد، اکسیداسیون چربی در ۳۰ دقیقه نخست فعالیت ورزشی با شدت کم می‌تواند تا ۲۵ درصد افزایش یابد (۱۸) که نشان می‌دهد، اکسیداسیون چربی هنگام مرحله‌های اولیه فعالیت ورزشی با شدت کم می‌تواند تا حدودی به دلیل کاهش دسترسی به اسیدهای چرب آزاد پلاسما محدود شود. از طرف دیگر، در شدتهای زیاد فعالیت ورزشی نیز بر اثر افزایش ترشح کاتکولامینها و کاهش انباشت انسولین، لیپولیز به شدت تحریک می‌شود، اما هیچ افزایش مشابهی در انباشت اسیدهای چرب آزاد پلاسما وجود ندارد، زیرا فراخوان اسیدهای چرب بر اثر انباشت لاکتات مهار شده یا به دلیل کاهش جریان خون بافت چربی کاهش می‌یابد (۲). وقتی که فعالیت ورزشی شدید متوقف می‌شود، میزان پیدایش اسیدهای چرب آزاد پلاسما تا حد بسیار زیادی، به طور موقت افزایش می‌یابد (۱۹). این موضوع می‌تواند از کاهش مصرف اسیدهای چرب آزاد و رهایش اسیدهای چرب به دام افتاده ناشی شود. به علاوه، میزان چرخه تری گلیسرید - اسید چرب نیز به میزان قابل توجهی بعد از فعالیت ورزشی شدید افزایش می‌یابد (۴، ۵). رومیجن و همکارانش^۱ این احتمال را داده‌اند که افزایش میزان چرخه تری گلیسرید - اسید چرب، توانایی سوزاندن چربیها را در مرحله‌های اولیه فعالیت ورزشی با شدت کم افزایش می‌دهد (۲۰). با توجه به آنکه دسترسی به اسیدهای چرب آزاد پلاسما

می‌تواند اکسیداسیون چربی را در مرحله‌های اولیه فعالیت ورزشی با شدت کم محدود کند و ضمناً بعد از فعالیت ورزشی با شدت زیاد، میزان اسیدهای چرب آزاد پلاسما و چرخه تری گلیسرید - اسید چرب افزایش می‌یابد، این احتمال وجود دارد که اکسیداسیون چربی هنگام شروع فعالیت ورزشی با شدت کم، در صورتی که بعد از یک فعالیت ورزشی با شدت زیاد اجرا شود، افزایش یابد. یافته‌های پژوهش نیز این موضوع را تأیید کردند و مشاهده شد، فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع و با شدت کم دنبال شد، نسبت به فعالیتی که در آن ترتیب شدتها برعکس بود، اکسیداسیون چربی بیشتری را در کل دوره فعالیت ورزشی ($P=0/0001$) و دوره باز یافت ($P=0/05$) - هر دو - به دنبال داشت. همچنین، هنگام مقایسه شدتهای کم دو فعالیت ورزشی نیز مشاهده شد که انرژی حاصل از چربی در دوره شدت کم، فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع شده بود، نسبت به فعالیتی که نخست با شدت کم شروع شده بود، بیشتر بود ($P=0/0001$). این یافته‌ها با نتایج کانگ و همکارانش^۲ (۲۰۰۳) که پروتکلی مشابه با پروتکل تحقیق حاضر داشتند، همخوانی دارند، اما با نتایج آگان و هد (۱۹۹۹) همسو نیستند. در مطالعه آنها پروتکل دو فعالیت ورزشی به صورت پنج دقیقه شدت کم؛ ۱۵ دقیقه شدت زیاد؛ ۴۰ دقیقه شدت کم یا ۴۰ دقیقه شدت کم؛ ۱۵ دقیقه شدت زیاد و پنج دقیقه شدت کم بود. آنها بیان کردند که تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی، تأثیری بر اکسیداسیون چربیها نداشت. نکته قابل توجه در پژوهش آنها آن است که دو شدت متفاوت فعالیت ورزشی با یک فاصله استراحتی که در آن بیشتر لاکتات تولید شده از فعالیت پیشین متابولیزه می‌شود (۱۴)، جدا نشده بود.

1. Romijn et al

2. Kang et al

نخست با شدت کم شروع شده بود، بیشتر از فعالیتی بود که نخست با شدت زیاد شروع شده بود. این موضوع ممکن است به دلیل تنظیم دمای بدن به وجود آمده باشد. حجم ضربه‌ای در نتیجه عرق‌ریزی، ادم و برخی عامل‌های دیگر کاهش می‌یابد. در نتیجه، ضربان قلب باید برای حفظ برونده قلب افزایش یابد. بنابراین، افزایش فعالیت ساز و کارهای کاهش دمای بدن نیز می‌تواند هزینه انرژی را در فعالیتی که نخست با شدت کم شروع شده بود، افزایش دهد. نکته قابل توجه دیگر آن است که آگان و هد در تحقیق خود، از نوارگردان استفاده بودند. فعالیت طولانی مدت در دوره شدت کم، می‌تواند سبب خستگی و تغییر در شکل دوییدن آزمودنیها در دوره شدت زیاد شده باشد. میزان کار مکانیکی حتی با وجود سرعت ثابت، با توجه به شکل دوییدن تغییر می‌کند و حرکت بیشتر بدن در یک سرعت مشخص، میزان کار مکانیکی را زیاد می‌کند. در نتیجه، کارایی دوییدن کاهش می‌یابد و سبب هزینه انرژی بیشتری می‌شود. بنابراین در مطالعه آنها، عامل‌های گوناگون فیزیولوژیک و بیومکانیک می‌توانستند مسئول هزینه انرژی بیشتر در فعالیتی شوند که نخست با شدت کم شروع شده است.

به غیر از موارد گفته شده، توجه به نکته‌های دیگر در این تحقیق نیز ضروری به نظر می‌رسد. با وجود یکسان بودن پروتکل این پژوهش با پژوهش کانگ و همکارانش (۲۰۰۳)، در نهایت، میزان هزینه کلی انرژی و متعاقب آن اکسیداسیون کربوهیدرات و به ویژه اکسیداسیون چربی در این پژوهش، به میزان نسبتاً زیادی کمتر از پژوهش کانگ و همکارانش بود. آزمودنیهای تحقیق حاضر، بیشترشان افراد لاغر اندامی بودند که میانگین BMI آنها ۱۹/۴۵ کیلوگرم بر مترمربع

این احتمال وجود دارد که با وجود افزایش میزان لیپولیز پس از فعالیت با شدت زیاد، لاکتات بر اکسیداسیون چربی فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع شده باشد، اثر مهاری گذاشته باشد. همچنین، در مطالعه این دو محقق هیچ کنترلی بر تغذیه آزمودنیها نشده بود، در صورتیکه در پژوهش حاضر از آزمودنیها خواسته شده بود، سه ساعت قبل از فعالیت غذایی مصرف نکنند. با توجه به تأثیر آخرین وعده غذایی پیش از فعالیت ورزشی بر اکسیداسیون سوئسترا (۹، ۱۲) این امکان وجود دارد که افزایش مصرف کربوهیدراتها و در نتیجه افزایش فرایند گلیکولیتیک، سبب کاهش اکسیداسیون اسیدهای چرب زنجیره بلند شده باشد (۶، ۱۱، ۱۲).

یافته دیگر این پژوهش نشان می‌دهند که تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی، هزینه کلی انرژی در کل فعالیت ورزشی ($P=0/98$) و همچنین در دوره‌های متفاوت فعالیت ورزشی و نیز دوره بازیافت ($P=0/25$) تغییر معناداری را به دنبال نداشته است. این یافته نیز با نتایج کانگ و همکارانش (۲۰۰۳) همسوست، اما با نتایج آگان و هد (۱۹۹۹) همخوانی ندارد. در مطالعه آگان و هد، فعالیتی که نخست با شدت کم شروع شده بود، نسبت به فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع شده بود، هزینه انرژی در کل دوره فعالیت ورزشی و همچنین در دوره شدت زیاد فعالیت ورزشی بیشتر بود. اولین نکته‌ای که به نظر می‌رسد، مدت طولانی‌تر فعالیت در دوره شدت کم (۴۰ دقیقه) است که می‌تواند به دلیل ایجاد خستگی، موجب کاهش کارایی متابولیک در فعالیت متوالی با شدت زیاد شود. **زو و مونتگومری**^۱ در سال ۱۹۹۵ و **اسپرول**^۲ در سال ۱۹۹۸ نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیده بودند که کارایی دوییدن بعد از دوی طولانی مدت کاهش یافت (۲۲، ۲۴). همچنین در پژوهش آگان و هد، میانگین ضربان قلب در ابتدای دوره شدت زیاد فعالیتی که

1. Xu & Montgomery

2. Sproule

آورد و ممکن بود، نتایج به شکل دیگری تحت تأثیر قرار گیرند. در نتیجه، تأثیر این چرخه نیز نادیده گرفته شد.

در این طرح پژوهشی، فقط یک جلسه از هر کدام از فعالیتهای ورزشی (آغاز فعالیت با شدت کم و سپس زیاد یا بالعکس) استفاده شد. با توجه به اینکه چنین فعالیت ساده‌ای با ترکیب دو شدت متفاوت، می‌تواند برای به حداکثر رساندن فایده‌های فعالیت در دوره زمانی نسبتاً کوتاهی مؤثر باشد، از این رو باید تأثیر تمرینهای ورزشی با ترکیبی از شدتهای گوناگون بر پاسخهای متابولیک ارزیابی شود تا پاسخهای ارزشمندتری به دست آیند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که در یک فعالیت ورزشی با ترکیبی از دو شدت کم و زیاد، قرار دادن دوره شدت زیاد فعالیت در ابتدای نسبت به قرار دادن دوره شدت کم در ابتدا، می‌تواند به اکسیداسیون چربی بیشتری در دوره فعالیت ورزشی و در دوره بازیافت بینجامد، در صورتی که به تفاوت معناداری در هزینه انرژی منجر نمی‌شود.

بود، در صورتی که در پژوهش کانگ و همکارانش، برخی از آزمودنیها BMI بیش از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع داشتند و بیشتر آنها دارای اضافه وزن بودند. مسلماً هر چه وزن افراد بیشتر باشد، به هزینه انرژی بیشتری نیاز دارند. همچنین، این احتمال وجود دارد که افراد چاق نسبت به افراد لاغر اکسیداسیون چربی بیشتری داشته باشند (۱۳). نکته دیگر، دمای هوا بود که در پژوهش کانگ و همکارانش، میانگین دمای هوا ۱۳ درجه سانتی‌گراد بود و در مطالعه حاضر، میانگین دمای هوا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. فعالیت در گرما، سبب افزایش میزان نسبت تبادل تنفسی می‌شود (۸) و در نتیجه، دمای زیادتر محیط نیز می‌تواند دلیل دیگر بیشتر بودن نسبت تبادل تنفسی و استفاده از کربوهیدراتها در هر یک از فعالیتهای این پژوهش نسبت به فعالیت مشابه خود در پژوهش کانگ و همکارانش باشد.

نکته دیگر در این پژوهش، ناتوانی کنترل چرخه قاعدگی و بررسی اثر احتمالی آن بر هزینه انرژی و متابولیسم سوخترا بود. کنترل مناسب این شرایط برای هر آزمودنی به زمان نسبتاً طولانی نیاز داشت که این زمان می‌توانست، تغییرات نامطلوب دیگری را از جمله تغییر در ترکیب بدن، آمادگی بدنی و غیره به وجود

منابع

1. Achten, J; Jeukendrup, A. E; (2004 a). Optimizing fat oxidation through exercise and diet (Review article), *Nutrition*. 20 (7-8) : 716-727.
2. Achten, J; Jeukendrup, A. E; (2004 b). Relation between plasma lactate concentration and fat oxidation rates over a wide range of exercise intensities, *Int J Sports Med*, Jan. 25 (1) : 32-7.
3. Askew, E. W. (1984). Role of fat metabolism in exercise, *Clin Sports Med*. Jul. 3 (3) : 605-21.
4. Bahr, R; Hansson P; Sejersted, O.M. (1990). Triglyceride/fatty acid cycling is increased after exercise, *Metabolism, Clinical and experimental*. 39 (9) : 993-999.
5. Bahr, R; Hostmark A.T; New sholme, E. A; Gronnerod, O; Sejersted, O. M (1991). Effect of exercise on recovery changes in plasma levels of FFA; glycerole, glucose and catecholamines, *Acta Physiologica Scandinavica*. 143 (1) : 105-115.
6. Coyle, E. F; Jeukendrup, A. E; Wagenmakers, A. J; Saris, W. H; (1997). Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise, *AM J Physiol*. 273 (2 pt 1) : E268-75.
7. Egan, D, Head., T; (1999). Energy substrate metabolism during dual work rate exercise : Effects of order, *Journal of Sports Sciences*. 17. 889-894.
8. Febbraio, M. A; Snow, R.J; Hargreaves, M; Stathis, C. G; Martin I. K; Carvey M. F. (1994). Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men : effect of acclimation, *J Appl Physiol*. 76 (2) : 589-97.
9. Gibney, M. J; Macdonld, I. A; Roche H. M. (2003). *Nutrition and Metabolism*, Blackwell publishing.
10. Gollnick, P. D (1985). Metabolism of substrates : Energy substrate metabolism during exercise and as modified by training, *Federation Proceedings*. 44 (2) : 353-357.
11. Hargreaves, M, and Thompson, M. (1999). *Biochemistry of exercise*, Human Kinetics.
12. Jeukendrup, A. E and Gleeson M; (2004). *Sport Nutrition*. Human Kinetics.
13. Kanaley, J. A; Weatherup-Dentes, M. M; Alvarado, C. R; Whitehead. G (2001). Substrate oxidation during acute exercise and with exercise training in lean and obese women, *European Journal of Applied Physiology*. 85 (1-2) : 68-73.
14. Kang, J; Justin, S. S; Hoffman, J. R; (2003). Effect of order of exercise intensity upon cardiorespiratory, metabolic and perceptual responses during exercise of mixed intensity; *Eur J Appl Physiol*. 90 : 569-574.
15. McArdle, W. D; Katch F. I; Katch V. L; (2000). *Essentials of exercise physiology*, Lippincott Williams & Wilkins.
16. Phelain, J. F; Reinke, E; Harris M. A; Melby, C. L; (1997). Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity, *J Am Coll Nutr*. 16 (2) : 140-6.
17. Powers, S. K, and Howley, E. T; (2001). *Exercise Physiology (Theory and application to fitness and performance)*, Mc Graw Hill.
18. Ravussin, E; Bogardus, C; Scheidegger K; La Grange, B; Horton, E. D; Horton, E. S; (1986). Effect of elevated FFA on carbohydrate and lipid oxidation during prolonged exercise in humans, *J Appl Physiol*. 60 (3) : 893-900.
19. Romijn, J. A; Coyle, E. F; Sidossis, L. S; Gastadelli A; Horowitz J. F; Endert E; Wolfe, R. R; (1993a). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration, *American J Physiology*. 265 (3 pt 1) : E380-E391.
20. Romijn, J. A; Klein S; Coyle E. F; Sidossis, L. S; Wolfe, R. R (1993b). Strenuous endurance training increases lipolysis and triglyceride-fatty acid cycling at rest, *J Appl Physiol*. 75 : 108-113.
21. Slentz, C. A; Duscha, B. D; Johnson J. L; Ketchum, K; Aiken, L. B; Samsa G. P; Houmard J. A; Bales, C. W; Kraus W. E (2004). Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity : STRIDE-a randomized controlled study, *Arch Intern Med*. 164(1) : 31-9.
22. Sproule, J (1998). Running economy deteriorates following 60 min of exercise at 80% VO_{2max} , *Eur J Appl Physiol*. 77 (4) : 366-371.
23. Wolinsky, I (1998). *Nutrition in exercise and sport*, CRC Press.
24. Xu, F, and Montgomery D. L (1995). Effect of prolonged exercise at 65 and 80% of VO_{3max} , on running economy, *Int J Sports Med*. 16 : 309-315.