المپیک
فصلنامه
سال چهاردهم – شماره ۲ (پیاپی ۳۴) تابستان ۱۳۸۵

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

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

° **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 مطالعهٔ تأثیر ترتیب شدت فعالیت ورزشی بر پاسخهای متابولیک دانشجویان دختر غیر ورزشکار بود. در این پژوهش، آزمودنیها را ۱۰ دانشجوی دختر غیرورزشکار تشکیل دادند که هر آزمودنی در سه روز جداگانه، با فاصلهٔ 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 تحلیل‌کنندهٔ 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 دورهٔ شدت زیاد فعالیت در ابتدا، نسبت به قراردادن دورهٔ شدت کم در ابتدا، می‌تواند به اکسیداسیون چربی بیشتری در دورهٔ فعالیت ورزشی ($P = ۰/۰۰۰۱$) و در دورهٔ بازیافت ($P = ۰/۰۵$) بینجامد، درصورتی که به تفاوت معناداری در هزینهٔ انرژی منجر نشود ($P = ۰/۹۸$).

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

مقدمه

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

Archive of SID
www.SID.ir

تمرین، شرایط محیطی و مصرف مکملهای کربوهیدرات قبل یا هنگام فعالیت ورزشی، می‌توانند بر دیگری پیشی بگیرند (۹، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۲۳). افزایش متابولیسم چربی، به روشهای گوناگونی در کاهش علایم بیماریهای متابولیک مثل چاقی و دیابت نوع دوم نقش بالقوه‌ای دارند (۱، ۲۱) و یا سبب کاهش عاملهای خطرزای قلبی می‌شوند (۳). به علاوه، برخی فایده‌های فعالیت بدنی منظم، همانند: کاهش مقاومت انسولین، کاهش پرفشار خونی و کاهش انباشت لیپو پروتئین کم چگال پلاسما احتمالاً با افزایش اکسیداسیون چربی ارتباط دارد (۱). تحقیقات زیادی دربارهٔ عاملهای مؤثر بر اکسیداسیون چربیها صورت گرفته‌اند. 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 دربارهٔ آثار شدت مشخصی از فعالیت یا مقایسه شدتهای متفاوت فعالیت ورزشی بر اکسیداسیون چربیها صورت گرفته‌اند. 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 فعالیتهای بدنی و ورزشها رایج است و می‌تواند فایده‌های بسیاری را در دورهٔ 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 می‌انجامد. فعالیت ورزشی با شدت زیاد، متابولیسم اسیدهای چرب پلاسما و گلیسرول را در دورهٔ بازیافت تا حد زیادی افزایش می‌دهد (۱۹). از آنجا که افزایش اسیدهای چرب پلاسما می‌تواند میزان اکسیداسیون چربی را در مرحله‌های اولیهٔ یک فعالیت ورزشی با شدت کم افزایش دهد (۱۴)، 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**[1] مشاهده شد که تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی، تأثیر معناداری بر هزینهٔ کلی انرژی داشت، اما باعث تفاوت معناداری در میزان اکسیداسیون چربی نشد (۷). از طرف دیگر، در پژوهشی که با هدف مطالعهٔ پاسخهای قلبی عروقی، متابولیکی و ادراکی اجرا شد، پژوهشگران دریافتند که اجرای فعالیت با شدت زیاد و متعاقب آن شدت کم، می‌تواند به اکسیداسیون چربی بیشتری بینجامد، در صورتی که بر هزینهٔ کلی انرژی تأثیری نداشت (۱۴).

بنابراین، به نظر می‌رسد که تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی می‌تواند پاسخهای متابولیک متفاوتی را به دنبال داشته باشد. با توجه به ناهمسو بودن یافته‌های محققان و با در نظر گرفتن این مطلب که هنگام تعیین تأثیر شدتهای گوناگون فعالیت ورزشی بر هزینهٔ انرژی و مصرف کربوهیدرات و چربی در زنان، توجه به دورهٔ بازیافت نیز ضروری است (۱۶)، از این رو، مطالعات تکمیلی می‌توانند به تبیین بهتر حوزهٔ 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 دورهٔ بازیافت به دنبال داشته باشد.

روش شناسی

روش پژوهش از نوع نیمه تجربی است.

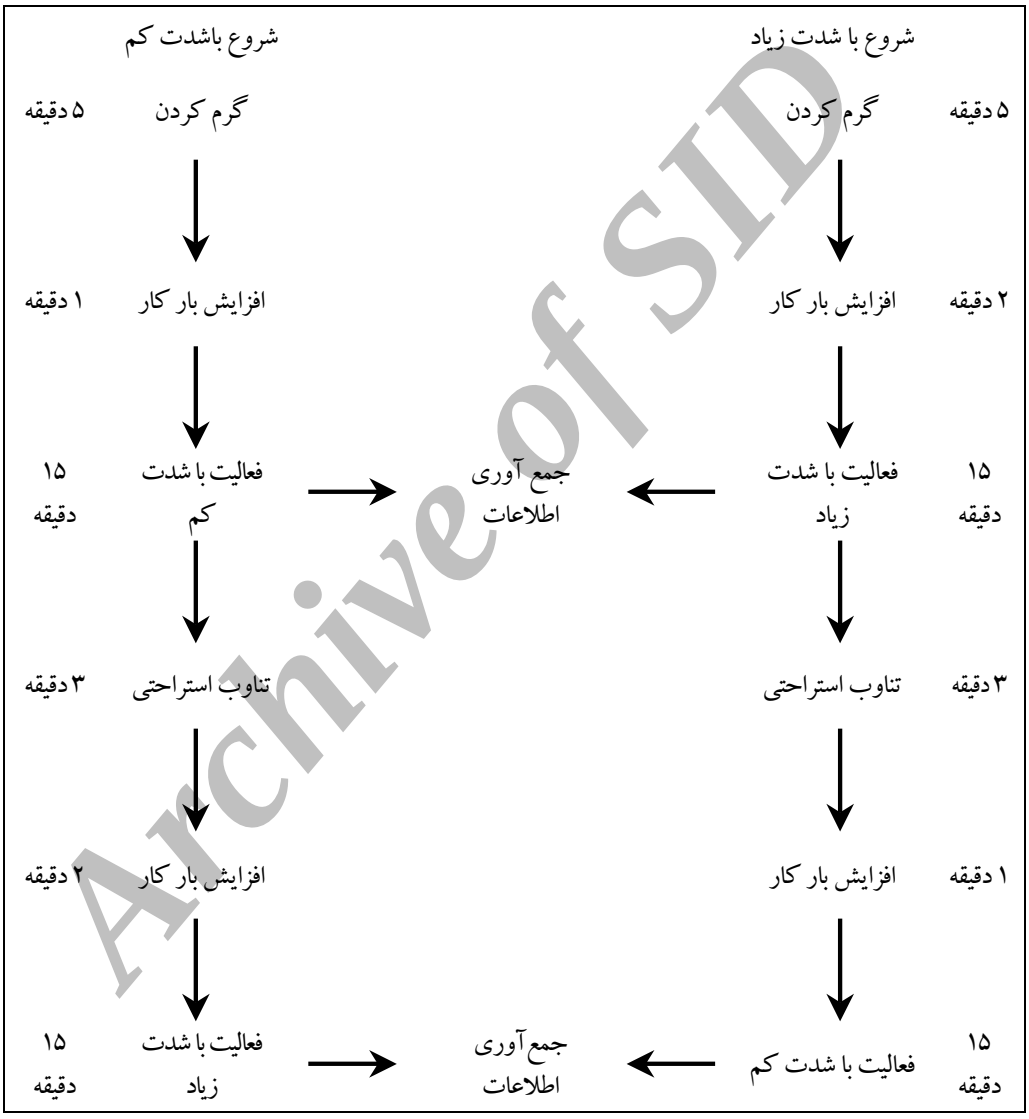
1. Egan & Head

Archive of SID

www.SID.ir

جامعهٔ آماری و فرایند انتخاب آزمودنیها

جامعهٔ آماری این پژوهش را دانشجویان دختر غیر ورزشکار که در کلاسهای تربیت بدنی عمومی دانشگاههای تهران و شهید بهشتی در نیمسال دوم سال تحصیلی ۸۳-۱۳۸۴ شرکت کرده بودند، تشکیل دادند. ده نفر از این دانشجویان به دلیل حساسیت کار به طور داوطلبانه (در دسترس) به عنوان نمونهٔ آماری گزینش شدند. میانگین سن، قد، وزن، درصد چربی و



شکل ۱. روش اجرای دو پروتکل فعالیتهای زیربیشینه

Archive of SID
www.SID.ir

BMI[1] آزمودنیها به ترتیب ۲۰ سال، ۱۶۶ سانتی‌متر، ۵۳ کیلوگرم، ۲۴ درصد و ۱۹/۴۵ کیلوگرم بر مترمربع بود.

نحوهٔ جمع‌آوری اطلاعات

هر آزمودنی در سه روز جداگانه با فاصلهٔ دست کم ۴۸ ساعت از یکدیگر در مرکز سنجش قابلیتهای جسمانی آکادمی ملی المپیک حاضر شدند. تمام آزمونها روی چرخ کارسنج ساخت شرکت **تکنوجیم**[2] ایتالیا و با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل کنندهٔ گازهای تنفسی مدل K_4b^2 ساخت شرکت **کازمد**[3] 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 می‌شد. پس از پردازشهای صورت گرفته روی نرم‌افزار دستگاه تجزیه و تحلیل‌کننده گازهای تنفسی، مقادیر VO_{2Max} محاسبه شدند. علاوه بر آن، برای کنترل دقیق‌تر، 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)[4] (دست کم معادل ۱/۱۵)

پ. نمودار اکسیژن مصرفی و ضربان قلب □(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 زیربیشینهٔ خود را در ساعت معینی از روز اجرا کنند. همچنین از آزمودنیها خواسته شد که دست کم سه ساعت قبل از فعالیت، غذایی مصرف نکنند.

همهٔ متغیرهای متابولیک به وسیلهٔ دستگاه تجزیه و تحلیل‌کننده گازهای تنفسی اندازه‌گیری و ثبت شدند. در هر فاصلهٔ پنج دقیقه‌ای هنگام فعالیت ورزشی و در فاصله‌های ۱۵ دقیقه‌ای در دورهٔ بازیافت، اندازه‌گیریها در دو دقیقهٔ آخر گرفته شدند و در این دو دقیقه، همهٔ متغیرها هر ۲۰ ثانیه مورد سنجش قرار گرفتند، سپس میانگین اندازه‌گیریهای 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 اندازه‌گیری 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 هزینهٔ 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 هزینهٔ انرژی در درصد کیلوژول از چربی و کربوهیدرات، به ترتیب به دست آمد. هر یک از این مقادیر، ابتدا برای دورهٔ پنج دقیقه‌ای، سپس برای هر شدت مشخص (۱۵ دقیقه) و در نهایت برای کل جلسه و همچنین برای هر ۱۵ دقیقه دورهٔ بازیافت و مجموع یک ساعت بازیافت محاسبه شدند.

1. Body Mass Index
2. Technogym
3. Cosmed
4. Respiratory Exchange Ratio

Archive of SID

www.SID.ir

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

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

تجزیه و تحلیل آماری

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

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 دورهٔ بازیافت سنجیده شدند. نتایج این اندازه‌گیریها در **جدول ۱** برای دوره‌های فعالیت

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

	آغاز فعالیت با شدت زیاد				آغاز فعالیت با شدت کم			
	دوره بازیافت				دوره بازیافت			
زمان (دقیقه)	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠
اکسیژن مصرفی (لیتر / دقیقه)	۰/۲۸ (۰/۰۵)	۰/۲۷ (۰/۰۸)	۰/۲۶ (۰/۰۸)	۰/۲۶ (۰/۰۵)	۰/۲۷ (۰/۰۶)	۰/۲۴ (۰/۰۶)	۰/۲۶ (۰/۰۶)	۰/۲۳ (۰/۰۴)
نسبت تبادل تنفسی	۰/۸۲ (۰/۰۵)	۰/۷۸ (۰/۰۴)	۰/۸۲ (۰/۰۶)	۰/۸۳ (۰/۰۷)	۰/۸۳ (۰/۰۶)	۰/۷۹ (۰/۰۵)	۰/۸۱ (۰/۰۶)	۰/۸۵ (۰/۰۵)

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد هزینهٔ انرژی، اکسیداسیون کربوهیدرات و اکسیداسیون چربی در کل فعالیتها دردوره‌های متفاوت

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

* P در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنادار است.

ورزشی و **جدول ۲** برای دوره‌های بازیافت ارائه شده‌اند. همچنین، نتایج هزینهٔ کلی انرژی و اکسیداسیون چربیها و کربوهیدراتها در **جدول ۳** برای دوره‌های فعالیت ورزشی و **جدول ٤** برای دوره‌های بازیافت ارائه شده‌اند. چنانچه مشاهده می‌شود، تغییر در ترتیب شدت فعالیت ورزشی نیز باعث دگرگونی در هزینهٔ کلی انرژی نشد (P> ۰/۰۵). هیچ تفاوت معناداری در هزینهٔ کلی انرژی دو فعالیت ورزشی، چه هنگام فعالیت ورزشی و چه دردورهٔ بازیافت وجود 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 دورهٔ شدت کم – هر دو – بیشتر بود (P< ۰/۰۵). از طرف دیگر، انرژی حاصل از اکسیداسیون چربیها در کل فعالیت ورزشی و در دورهٔ بازیافت –هر دو –در فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع و سپس با شدت کم دنبال شده، بیشتر بود (P≤ ۰/۰۵).

جدول ۴. میانگین و انحراف استاندارد هزینهٔ انرژی، اکسیداسیون کربوهیدرات و اکسیداسیون چربی در دوره‌های بازیافت پس از دو فعالیت ورزشی

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

* P در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنادار است.

Archive of SID

www.SID.ir

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 ادامهٔ 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 دقیقهٔ نخست فعالیت ورزشی با شدت کم می‌تواند تا ۲۵ درصد افزایش یابد (۱۸) که نشان می‌دهد، اکسیداسیون چربی هنگام مرحله‌های اولیهٔ 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 می‌یابند (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 چرخهٔ تری‌گلیسرید—اسید چرب نیز به میزان قابل توجهی بعداز فعالیت ورزشی شدید افزایش می‌یابد (۴، ۵). **رومیجن و همکارانش**[1] این احتمال را داده‌اند که افزایش میزان چرخهٔ تری‌گلیسرید — اسید چرب، توانایی سوزاندن چربیها را در مرحله‌های اولیهٔ فعالیت ورزشی با شدت کم افزایش می‌دهد (۲۰). با توجه به آنکه دسترسی به اسیدهای چرب آزاد پلاسما می‌تواند اکسیداسیون چربی را در مرحله‌های اولیهٔ فعالیت ورزشی با شدت کم محدود کند و ضمناً بعد از فعالیت ورزشی با شدت زیاد، میزان اسیدهای چرب آزاد پلاسما و چرخه تری‌گلیسرید — 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 دورهٔ فعالیت ورزشی ($P=۰/۰۰۰۱$) و دورهٔ بازیافت ($P=۰/۰۵$) – هر دو – به دنبال داشت. همچنین، هنگام مقایسهٔ شدتهای کم دو فعالیت ورزشی نیز مشاهده شد که انرژی حاصل از چربی در دورهٔ شدت کم، فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع شده بود، نسبت به فعالیتی که نخست با شدت کم شروع شده بود، بیشتر بود ($P=۰/۰۰۰۱$). این یافته‌ها با نتایج **کانگ و همکارانش**[2] (۲۰۰۳) که پروتکلی مشابه با پروتکل تحقیق حاضر داشتند، همخوانی دارند، اما با نتایج اگان و هد (۱۹۹۹) همسو نیستند. در مطالعهٔ 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. نکتهٔ قابل توجه در پژوهش آنها آن است که دو شدت متفاوت فعالیت ورزشی با یک فاصلهٔ 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

Archive of SID
www.SID.ir

این احتمال وجود دارد که با وجود افزایش میزان لیپولیز پس از فعالیت با شدت زیاد، لاکتات براکسیداسیون چربی فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع شده باشد، اثر مهاری گذاشته باشد. همچنین، در مطالعهٔ این دو محقق هیچ کنترلی بر تغذیهٔ آزمودنیها نشده بود، درصورتیکه در پژوهش حاضر از آزمودنیها خواسته شده بود، سه ساعت قبل از فعالیت غذایی مصرف نکنند. با توجه به تأثیر آخرین وعدهٔ غذایی پیش از فعالیت ورزشی بر اکسیداسیون سوبسترا (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، هزینهٔ کلی انرژی در کل فعالیت ورزشی ($P = ۰/۹۸$) و همچنین در دوره‌های متفاوت فعالیت ورزشی و نیز دورهٔ بازیافت ($P = ۰/۲۵$) تغییر معناداری را به دنبال نداشته است. این یافته نیز با نتایج کانگ و همکارانش (۲۰۰۳) همسوست، اما با نتایج اگان و هد (۱۹۹۹) همخوانی ندارد. در مطالعهٔ اگان و هد، فعالیتی که نخست با شدت کم شروع شده بود، نسبت به فعالیتی که نخست با شدت زیاد شروع شده بود، هزینهٔ انرژی در کل دورهٔ فعالیت ورزشی و همچنین در دورهٔ شدت زیاد فعالیت ورزشی بیشتر بود. اولین نکته‌ای که به نظر می‌رسد، مدت طولانی‌تر فعالیت در دورهٔ 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**[1] در سال ۱۹۹۵ و **اسپرول**[2] در سال ۱۹۹۸ نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیده بودند که کارایی دویدن بعد از دوی طولانی مدت کاهش یافت (۲۲، ۲۴). همچنین در پژوهش اگان و هد، میانگین ضربان قلب در ابتدای دورهٔ شدت زیاد فعالیتی که 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 نتیجهٔ 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 هزینهٔ انرژی را در فعالیتی که نخست با شدت کم شروع شده بود، افزایش دهد. نکته قابل توجه دیگر آن است که اگان و هد در تحقیق خود، از نوارگردان استفاده بودند. فعالیت طولانی مدت در دورهٔ شدت کم، می‌تواند سبب خستگی و تغییر در شکل دویدن آزمودنیها در دورهٔ شدت زیاد شده باشد. میزان کار مکانیکی حتی با وجود سرعت ثابت، با توجه به شکل دویدن تغییر می‌کند و حرکت بیشتر بدن در یک سرعت مشخص، میزان کار مکانیکی را زیاد می‌کند. در نتیجه، کارایی دویدن کاهش می‌یابد و سبب هزینه انرژی بیشتری می‌شود. بنابراین در مطالعهٔ آنها، عاملهای گوناگون فیزیولوژیک و بیومکانیک می‌توانستند مسئول هزینهٔ 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 هزینهٔ 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

1. Xu & Montgomery
2. Sproule

Archive of SID

www.SID.ir

بود، درصورتی 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 هزینهٔ 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 درجهٔ سانتی گراد بود و در مطالعهٔ حاضر، میانگین دمای هوا ۲۵ درجهٔ سانتی گراد 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.

نکتهٔ دیگر در این پژوهش، ناتوانی کنترل چرخهٔ قاعدگی و بررسی اثراحتمالی آن بر هزینهٔ انرژی و متابولیسم سوبسترا 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 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. باتوجه به اینکه چنین فعالیت ساده‌ای با ترکیب دو شدت متفاوت، می‌تواند برای به حداکثر رساندن فایده‌های فعالیت در دورهٔ 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 دورهٔ شدت زیاد فعالیت در ابتدا نسبت به قرار دادن دورهٔ شدت کم در ابتدا، می‌تواند به اکسیداسیون چربی بیشتری دردورهٔ فعالیت ورزشی و در دورهٔ بازیافت بینجامد، درصورتی که به تفاوت معناداری در هزینهٔ انرژی منجر نمی‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

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/fatly 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. Mc Ardle, 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 compoistion, 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_{2maz}, 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_{3maz}, on running economy, Int J Sports Med. 16 : 309-315.

Archive of SID

www.SID.ir