

علوم زیستی ورزشی _ تابستان ۱۳۸۹

شماره ۵ - ص ص : ۱۴۱ - ۱۲۷

تاریخ دریافت : ۲۱ / ۱۰ / ۸۸

تاریخ تصویب : ۲۷ / ۰۷ / ۸۹

اثر دو برنامه تمرین مقاومتی به صورت دایره‌ای و ست‌های استاندارد با شدت‌های مختلف بر پاسخ EPOC در مردان جوان

امیرحسین حقیقی^۱ _ داود یگانه فر _ محمدرضا حامدی نیا

استادیار دانشگاه تربیت معلم سبزوار، دانش‌آموخته دانشگاه تربیت معلم سبزوار، دانشیار دانشگاه تربیت معلم سبزوار

چکیده

هدف از تحقیق حاضر، اثر دو برنامه تمرین مقاومتی به صورت دایره‌ای و ست‌های استاندارد با شدت‌های مختلف بر پاسخ EPOC در مردان جوان است. به همین منظور ۱۲ مرد دانشگاهی با میانگین سن $21/92 \pm 1/1$ سال، قد $175/17 \pm 4/55$ سانتی متر و وزن $69/74 \pm 7/5$ کیلوگرم، به صورت داوطلبانه انتخاب شدند و در دو مرحله آزمون (یک وهله ورزش مقاومتی با شدت ۵۰٪ و $1RM/75$) شرکت کردند. اندازه‌گیری EPOC به صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سه بازه زمانی ۳۰ دقیقه‌ای به مدت ۹۰ دقیقه انجام شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی t همبسته و t مستقل تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که مقادیر VO_2 بعد از هر دو برنامه ورزش مقاومتی نسبت به مقادیر VO_2 پایه (بر حسب میلی لیتر در دقیقه) ۹۰ دقیقه بعد از ورزش، افزایش معنی‌داری داشت، اما این افزایش در ۳۰ دقیقه سوم پس از ورزش مقاومتی با شدت ۵۰ درصد معنی‌دار نبود. مقدار کالری مصرفی در ورزش با شدت ۷۵ درصد تا یک ساعت پس از ورزش و در ورزش با شدت ۵۰ درصد تا نیم ساعت پس از ورزش افزایش داشت. مقادیر RER بعد از هر دو برنامه ورزش مقاومتی نسبت به مقادیر RER پایه ۹۰ دقیقه بعد از ورزش کاهش معنی‌داری داشت. با وجود این، در مقایسه بین دو شدت تمرین، مقدار EPOC و انرژی مصرفی اضافی در هر سه بازه زمانی پس از ورزش در مرحله شدت ۷۵ درصد $1RM$ به‌طور معنی‌داری بیشتر از مرحله شدت ۵۰ درصد $1RM$ بود. اما مقدار RER بین دو شدت تمرین تفاوت معنی‌داری نداشت. می‌توان گفت انجام ورزش مقاومتی با ست‌های استاندارد و شدت بیشتر، EPOC بیشتری را تا ۹۰ دقیقه پس از ورزش تولید می‌کند که در صورت تداوم این نوع روش تمرینی، می‌توان از آن برای برنامه‌های کاهش وزن استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

ورزش مقاومتی، پاسخ، شدت، اکسیژن مصرفی اضافی پس از ورزش، نسبت تبادل تنفسی.

مقدمه

هزینه انرژی مرتبط با ورزش شامل دو بخش است: انرژی مصرف شده حین ورزش و انرژی مصرف شده در دوره بازیافت پس از ورزش. بالا بودن هزینه انرژی پس از ورزش در دوره بازیافت بیش از مقدار استراحتی آن اغلب اکسیژن مصرفی اضافی پس از ورزش^۱ (EPOC) خوانده می شود (۵). تحقیقات وسیع انجام شده در زمینه تاثیر ورزش هوازی در حالت یکنواخت بر EPOC، نشان داده اند که شدت تمرین، اثر بیشتری بر بزرگی و مدت EPOC در مقایسه با مدت تمرین به تنهایی دارد (۲۸،۸،۴). از طرف دیگر، تمرین مقاومتی هزینه انرژی را به صورت مستقیم از طریق ورزش و به طور غیرمستقیم از راه افزایش توده خالص بدن و هزینه انرژی پس از تمرین، افزایش می دهد (۲۵). تعیین هزینه انرژی ورزش و پس از ورزش با شدت های مختلف ورزش مقاومتی در توسعه برنامه های تمرین مقاومتی مفید خواهد بود.

بر اساس نتایج مطالعاتی که ورزش های با شدت زیاد را با شدت کم یا تمرینات تناوبی را با تداومی مقایسه کرده اند، پاسخ EPOC برای ورزش های پر شدت و تناوبی، بیشتر است (۲۳،۲۷). در این زمینه ترمبلی و همکاران^۲ (۱۹۹۰) نشان دادند که ورزش تناوبی با شدت زیاد در مقایسه با ورزش یکنواخت اکسیداسیون چربی را حین دوره بازیافت افزایش می دهد (۳۰). تصور می شود که ورزش مقاومتی، ماهیتاً تناوبی است، بنابراین ممکن است یک EPOC بیشتر و استفاده بیشتر از چربی را حین دوره بازیافت القاء کند. ممکن است مقایسه صحیح نباشد، اما حتی نتایج مطالعاتی که از هزینه انرژی تمرینی مشابهی استفاده کرده (۱۳) یا از اکسیژن مصرفی در حال تمرین مشابهی (۹،۷) برای یکسان کردن تمرین هوازی تداومی و تمرین مقاومتی تناوبی سود برده اند، نشان می دهد که ورزش مقاومتی پاسخ EPOC بزرگ تری را تولید می کند. در مقایسه سه نوع ورزش دوچرخه سواری هوازی، تمرین دایره ای با وزنه و تمرین مقاومتی سنگین، هزینه انرژی ورزش در دقیقه و مقدار EPOC در ورزش مقاومتی سنگین از همه بیشتر بود (۱۲). در مقایسه پروتکل های مختلف ورزش مقاومتی (برای مثال، تمرین مقاومتی با ست استاندارد در مقابل دایره ای)، برنامه هایی که حجم کاری بیشتری داشتند، بیشترین EPOC را نیز تولید کردند (۱۹). در دو مطالعه نیز تاثیر و هله های ورزش مقاومتی با شدت زیاد و کم و

1 - Excess Postexercise Oxygen Consumption(EPOC)

2 - Tremblay et al

با حجم کار مساوی بر EPOC بررسی شد. اولدز و آبرناتی^۱ (۱۹۹۳)(۲۱)، تفاوت معنی‌داری بین دو شدت مشاهده نکردند، درحالی‌که تورنتون و پوتی گر^۲ (۲۰۰۲)(۲۹)، دریافتند که مقدار EPOC در ورزش با شدت زیاد، بیشتر است. البته تحقیق تورنتون بر روی زنان تمرین کرده انجام شده بود، بنابراین مقایسه هزینه انرژی ورزش برای تمرین مقاومتی با شدت زیاد و کم و با حجم کار مساوی به تحقیقات بیشتری نیاز دارد و ما چنین تحقیقی را مشاهده نکردیم. هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر دو برنامه ورزش مقاومتی به صورت دایره‌ای و با ست‌های استاندارد، با شدت‌های مختلف اما حجم‌های مساوی در مردان جوان غیرتمرین کرده است. با انجام این تحقیق، شدتی از ورزش که بیشترین اثر را بر هزینه انرژی دارد، مشخص خواهد شد. این اطلاعات برای توسعه برنامه‌های ورزش مقاومتی به منظور افزایش هزینه انرژی کاربرد دارد. در صورتی که هر یک از شدت‌های ورزش تأثیر بیشتری داشته باشد، می‌توان آن را به افراد توصیه کرد و چنانچه دو شدت اثر یکسانی بر EPOC داشته باشند، افراد می‌توانند آن برنامه‌ای را که ترجیح می‌دهند، انتخاب کنند.

روش تحقیق

جامعه آماری شامل کلیه دانشجویان پسر دانشگاه تربیت معلم سبزوار ($n=3000$) بود که به صورت داوطلبانه و از نمونه‌های در دسترس، ۱۲ نفر انتخاب شدند. آزمودنی‌ها برگه رضایت‌نامه، سابقه پزشکی و برگه آمادگی برای شروع فعالیت بدنی را از طریق پرسشنامه تکمیل کردند. آزمودنی‌ها حداقل در یک سال گذشته سابقه بیماری، مصرف سیگار، استفاده از دارو و تمرین منظم ورزشی نداشتند. آنها در دو مرحله از آزمون‌های محقق‌ساخته تحقیق حاضر شرکت کردند، (۱) ورزش مقاومتی استاندارد با شدت ۷۵ درصد از یک تکرار بیشینه و (۲) ورزش مقاومتی دایره‌ای با شدت ۵۰ درصد از یک تکرار بیشینه (جدول ۱).

1 - Abernathy & Olds

2 - Thornton & Pottleiger

مراحل انجام تحقیق

تحقیق در دو مرحله و با فاصله ۱۲ الی ۱۳ روز انجام گرفت. روش کار به این صورت بود که صبح روز آزمون، آزمودنی‌ها بعد از تقریباً ۸ ساعت خواب شبانه، برای خوردن صبحانه یکسان به سلف دانشگاه مراجعه می‌کردند (ساعت ۷ تا ۷/۳۰) همچنین از آنها خواسته شده بود تا ساعت ۱۱/۳۰ وعده نهار خود را در سلف دانشگاه بخورند. به آزمودنی‌ها توصیه شده بود تا حد امکان در حالت بی‌حرکی باشند و از خوردن غذا یا نوشیدن مایعات به جز آب خودداری ورزند. سپس آزمودنی‌ها در ساعت ۱۳:۳۰ بعد از ظهر آزمایشگاه حاضر شدند تا اکسیژن مصرفی استراحتی قبل از ورزش (VO_2) به مدت ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری شود. این اندازه‌گیری به منظور برآورد مصرف اکسیژن اضافی پس از ورزش برای کسر از مقدار اکسیژن مصرفی حالت پایه و مقایسه مصرف اکسیژن قبل و بعد از ورزش بود. در ساعت ۱۴:۰۰ بعد از ظهر هر آزمودنی حدود ۳۵ دقیقه تمرین با وزنه را (شدت ۷۵ درصد از 1RM برای مرحله شدت بالا و ۵۰ درصد از 1RM برای مرحله شدت کم) انجام می‌داد. اندازه‌گیری EPOC، بعد از اتمام کار با وزنه شروع می‌شد و ۹۰ دقیقه ادامه می‌یافت. برای اندازه‌گیری EPOC، اطلاعات مربوط به VO_2 و VCO_2 در حالت به پشت خوابیده با استفاده از دستگاه تجزیه‌کننده گازهای تنفسی (Meta Max3B) جمع‌آوری شد. سپس از VO_2 و VCO_2 حالت استراحت که به مدت ۳۰ دقیقه قبل از ورزش اندازه‌گیری شده بود استفاده گردید. این VO_2 به عنوان پایه حالت استراحت در نظر گرفته شده و در محاسبه EPOC از VO_2 بعد از ورزش کسر شد. برای محاسبه مقدار کالری مصرفی اضافی بعد از ورزش از فرمول ویبر^۱ [$k.cal=3.9 \times O_2(L)+1.1 \times CO_2(L)$] استفاده شد (۳۰). برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی از آزمون زیربیشینه دوچرخه کارسنج^۲ (YMCA) (۱) و برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن از دستگاه تجزیه‌کننده ترکیب بدن استفاده شد (۲۶).

1 - Weir

2 - Young Man Cristian Association

جدول ۱ - پروتکل ورزش مقاومتی

نوع حرکت	تعداد ست	شدت (دایره‌ای)	شدت (استاندارد)	زمان استراحت - دقیقه
		1RM/۵۰٪	1RM/۷۵٪	
پرس سینه	۳	تکرار	۸	۱
اسکوات	۳	تکرار	۸	۱
سرشانه	۳	تکرار	۸	۱
پرس پا	۳	تکرار	۸	۱
زیر بغل	۳	تکرار	۸	۱
جلو ران	۳	تکرار	۸	۱
جلو بازو	۳	تکرار	۸	۱

روش‌های آماری

برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی از آمار توصیفی استفاده گردید. برای مقایسه هر یک از متغیرهای موجود در طول زمان و مقایسه دو گروه، از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر، آزمون تعقیبی t همبسته و t مستقل استفاده شد. سطح معنی داری آزمون‌ها $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

سن $21/91 \pm 1/1$ سال، قد $175/17 \pm 4/55$ سانتی‌متر، وزن $69/74 \pm 7/5$ کیلوگرم، درصد چربی بدن $15/17 \pm 2/63$ درصد و حداکثر توان هوازی $39/42 \pm 5/78$ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه. نتایج آزمون‌های درون‌گروهی و میان‌گروهی شاخص‌های تحقیق در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- مقایسه درون گروهی شاخص های Vo_2 ، کالری مصرفی و RER قبل و بعد از ورزش مقاومتی با

شدت ۵۰٪ و ۷۵٪ IRM

متغیرها	گروه ها	۳۰ دقیقه قبل از ورزش (پایه)	۰-۳۰ دقیقه پس از ورزش	۳۰-۶۰ دقیقه پس از ورزش	۶۰-۹۰ دقیقه پس از ورزش
VO2 (ml/min)	شدت ۵۰٪	۳۱۹/۴۲±۳۲/۳۶	*۳۶۳/۱۷±۳۵/۷۷	*۳۲۸/۷۵±۲۶/۴۹	۳۲۵/۶۷±۳۱/۱۲
	شدت ۷۵٪	۳۱۳/۷۳±۳۷/۹۸	*۳۸۲/۵۵±۴۲/۹۸	*۳۴۶±۴۲/۴۹	*۳۴۰/۷۳±۵۷/۹۵
کالری مصرفی (Kcal)	شدت ۵۰٪	۴۷/۰۱±۴/۳۱	*۵۲/۴۰±۴/۹۴	۴۶/۵۵±۳/۵۸	۴۵/۷۵±۴/۳۷
	شدت ۷۵٪	۴۶/۲۶±۵/۶۰	*۵۳/۷۹±۵/۹۲	*۴۸/۱۴±۵/۴۵	۴۶/۸۸±۷/۹
RER	شدت ۵۰٪	۱/۰۱±۰/۰۵	*۰/۹۰±۰/۰۵	*۰/۸۰±۰/۰۵	*۰/۷۸±۰/۰۵
	شدت ۷۵٪	۱/۰۴±۰/۰۳	*۰/۸۹±۰/۰۶	*۰/۸±۰/۰۴	*۰/۷۹±۰/۰۴

* تغییر معنادار نسبت به مقادیر قبل از ورزش (حالت پایه) ($P < 0.05$).

نتایج آزمون‌های آماری بر شاخص‌های جدول ۲ نشان داد که ورزش مقاومتی با شدت ۷۵٪ IRM افزایش معنی داری را در متوسط اکسیژن مصرفی در هر سه بازه زمانی بعد از ورزش ایجاد می کند. در مورد مقدار کالری مصرفی، فقط در ۳۰ دقیقه اول (۰-۳۰) و دوم (۳۰-۶۰) بعد از ورزش، تفاوت معنی داری مشاهده شد. همچنین مقدار RER در تمام بازه‌های زمانی اندازه‌گیری شده بعد از ورزش نسبت به قبل از ورزش، کاهش داشت. در زمینه ورزش مقاومتی با شدت ۵۰٪ IRM، افزایش معنی داری در متوسط اکسیژن مصرفی در ۳۰ دقیقه اول و دوم بعد از ورزش مشاهده شد و در ۳۰ دقیقه سوم (۶۰-۹۰) بعد از ورزش تغییر معنی داری مشاهده نشد. برای مقدار کالری مصرفی، فقط در ۳۰ دقیقه اول بعد از ورزش، تفاوت معنی داری مشاهده شد. مقدار RER در هر سه بازه زمانی بعد از ورزش نسبت به قبل از ورزش، کاهش داشت.

نتایج آزمون‌های آماری در رابطه با شاخص‌های جدول ۳ نشان داد که ورزش مقاومتی با شدت ۷۵٪ IRM به‌طور معنی داری EPOC کل بیشتری نسبت به ورزش مقاومتی با شدت ۵۰٪ IRM تا ۹۰ دقیقه بعد از ورزش ایجاد می کند. همچنین مشخص شد که EPOC و انرژی مصرفی اضافی در هر سه بازه زمانی ۳۰ دقیقه‌ای بعد

از ورزش در مرحله شدت 1RM/۷۵ به طور معنی داری بیشتر از مرحله شدت 1RM/۵۰ است، اما مقدار RER بین دو شدت مذکور در سه بازه زمانی تفاوت معنی داری با هم نداشت.

جدول ۳ - مقایسه بین گروهی بعضی شاخص‌های EPOC در زمان‌های ۳۰ دقیقه‌ای بعد از ورزش در دو

شدت ۵۰٪ و ۷۵٪ یک تکرار بیشینه

مقدار P	۷۵٪ یک تکرار بیشینه	۵۰٪ یک تکرار بیشینه	متغیر شدت
۰/۰۰۶	۳۶۳۰ ± ۱۷۶۰	۱۹۹۰ ± ۶۲۰	(کل) (میلی لیتر) EPOC
۰/۰۰۲	۲۰۵۶/۸۸ ± ۵۴۱/۰۸	۱۳۱۲/۴۰ ± ۴۷۹/۷۴	EPOC (۰-۳۰) دقیقه (میلی لیتر)
۰/۰۰۳	۹۵۹/۶۲ ± ۵۸۷/۳۶	۲۷۹/۱۳ ± ۳۸۵	EPOC (۳۰-۶۰) دقیقه
۰/۰۰۵	۸۰۸/۸۵ ± ۸۲۳/۶۹	۲۰۸/۰۳ ± ۴۷۱/۴۵	EPOC (۶۰-۹۰) دقیقه
۰/۰۰۳	۷/۵۹ ± ۳/۱۱	۵/۱۱ ± ۲/۱۱	انرژی مصرفی اضافی (۰-۳۰) دقیقه (کیلو کالری)
۰/۰۰۶	۲/۱۶ ± ۲/۸۵	-۰/۹۳ ± ۱/۹۳	انرژی مصرفی اضافی (۳۰-۶۰) دقیقه
۰/۰۰۲	۱/۴۲ ± ۳/۴۴	-۱/۵۹ ± ۲/۲۸	انرژی مصرفی اضافی (۶۰-۹۰) دقیقه
۰/۰۴۵	۰/۸۹ ± ۰/۰۶	۰/۰۹ ± ۰/۰۵	RER (۰-۳۰) دقیقه
۰/۰۹۵	۰/۸ ± ۰/۰۴	۰/۸ ± ۰/۰۵	RER (۳۰-۶۰) دقیقه
۰/۰۶۵	۰/۷۹ ± ۰/۰۴	۰/۷۸ ± ۰/۰۵	RER (۶۰-۹۰) دقیقه

بحث و نتیجه‌گیری

یافته اصلی تحقیق حاضر این است که اگر دو جلسه ورزش حجم یکسانی داشته باشند، EPOC بعد از ورزش مقاومتی با شدت ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه بیشتر از ورزش مقاومتی با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه است. EPOC در هر دوره زمانی ۳۰ دقیقه‌ای پس از ورزش بیشتر بود و بزرگ‌ترین مقدار آن حین ۳۰ دقیقه اول بعد از تمرین اتفاق افتاد (جزء سریع EPOC). این نتایج حتی زمانی که VO2 ورزش برای هر دو

سطح از شدت مشابه بود نیز دیده شد. البته در بازه زمانی ۹۰-۶۰ دقیقه پس از ورزش، بین مقادیر EPOC در دو شدت ۵۰٪ و ۷۵٪ تفاوت معنی داری مشاهده نشد. اما با نگاه به مقدار $P=0/05$ و نیز اینکه انحراف معیار مقادیر EPOC در دو شدت مذکور از مقادیر میانگین آنها بیشتر است، می توان نتیجه گرفت که احتمالاً خطای نوع دوم اتفاق افتاده و سبب شده نتوانیم این عدم تفاوت را مشاهده کنیم. با این حال، عوامل احتمالی که به افزایش EPOC در هر دو شدت از ورزش مقاومتی منجر می شوند عبارتند از: بازسازی ذخایر کراتین فسفات و ATP عضله، جایگزینی ذخایر اکسیژن در خون و عضلات، توزیع مجدد یون ها (افزایش فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم)، پاسخ به آسیب بافتی، افزایش ضربان قلب و درجه حرارت بدن و تا حدودی نیز برداشت لاکتات (۲۷،۹،۲). افزایش EPOC بعد از ورزش ۷۵٪ RM^۱، احتمالاً به علت اختلال های متابولیکی بیشتری حین این ورزش بوده و نیازمند هزینه انرژی پس از ورزش بیشتری برای برقرار کردن تعادل و برگشت فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف به حالت اولیه است. پولمن^۱ نشان داد که هر چه اختلال متابولیکی حین ورزش بیشتر باشد، مقدار EPOC نیز بیشتر است (۲۴). فعالیت های با شدت زیاد در مقایسه با فعالیت های با شدت کم ممکن است به علت استفاده بیشتر از سیستم های انرژی بی هوازی و عدم کارایی کار بیشتر حین ورزش موجب بروز پاسخ کاملاً بالاتر حین جزء سریع EPOC شوند (۱۷). تروس و همکاران^۲ نشان دادند که برای انجام همان مقدار کار با دوچرخه در شدت زیاد در مقایسه با شدت کم، ۲۲ درصد انرژی بیشتری لازم است (۳۱). سازو کارهای مسئول برای ارتباط معکوس بین کارایی و شدت تمرین نامشخص است، اما دلایل احتمالی شامل افزایش استفاده از تارهای عضلانی تندانقباض ناکارآمد^۳ (غیرمؤثر)، افزایش به کارگیری عضلات تثبیت کننده و افزایش کار قلب و عضلات تنفسی است (۱۶، ۱۰). شاید فعالیت بیشتر سیستم عصبی سمپاتیک در افزایش سرعت سوخت و ساز پس از ورزش سهیم باشد (۶). ایی نفرین و نورایی نفرین، محرک های نیرومند سوخت و ساز انرژی هستند و در تحقیق حاضر اندازه گیری نشدند، اما احتمالاً مقدار این کاتکولامین ها بعد از تمرین مقاومتی با شدت ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه، بالاتر بوده است. غلظت های پلاسمایی کاتکولامین ها با افزایش شدت تمرین، افزایش می یابد و رابطه مشابهی را (همان طور که در مورد شدت تمرین و EPOC بیان شد) نشان می دهند (۶).

1 - Poehlman

2 - Treuth et al

3 - Inefficient

مقدار EPOC در ۳۰ دقیقه دوم و سوم پس از ورزش در ورزش مقاومتی با شدت ۷۵ درصد بیشتر از ۵۰ درصد بود. جدول ۳ روند کاهشی را در دقایق ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ پس از ورزش در هر دو برنامه تمرینی با شدت‌های مختلف نسبت به دقایق ۳۰-۰ نشان می‌دهد. در طول این جزء آهسته EPOC، فرایندهایی که هموستاز فیزیولوژیکی را تقویت می‌کنند در سطح پایین‌تری ادامه می‌یابند، به عبارت دیگر، به برداشت اکسیژن بیشتری در مقایسه با فرایندهایی که در جزء سریع EPOC حادث می‌شوند، نیاز ندارند. این فرایندها ممکن است شامل چرخه سوسترایی کربوهیدرات و چربی و تاثیر کورتیزول و هورمون رشد باشد (۲،۳،۱۴). افزایش فعالیت سیستم قلبی تنفسی نیز ممکن است در تولید EPOC حین مراحل سریع و آهسته، سهیم باشد. همچنین سطوح RER مشابه مشاهده شده پس از ورزش برای هر دو شدت از ورزش را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که تفاوتی در استفاده از سوسترا وجود ندارد.

همچنین مشاهده شد که هزینه انرژی ورزش در هر سه فاصله زمانی پس از ورزش در تمرین با شدت ۷۵٪ ۱RM بیشتر از تمرین ۵۰٪ ۱RM بود. این موضوع نشان می‌دهد که پروتکل ورزشی با شدت ۷۵ درصد از یک تکرار بیشینه می‌تواند برای برنامه‌های کاهش وزن مورد استفاده قرار گیرد. این نتیجه در تحقیقات دیگر نیز نشان داده شده است (۲۱،۲۲).

در چند مطالعه نیز بزرگی و مدت EPOC در پاسخ به یک وهله ورزش مقاومتی بررسی شده است. در دو مطالعه مشاهده شد که میزان سوخت و ساز استراحت (RMR) ۴۸ ساعت بعد از یک وهله ورزش مقاومتی با شدت متوسط تا زیاد، بالا باقی می‌ماند (۳۲،۲۲). این یافته را می‌توان به عنوان مرحله بسیار آهسته EPOC در نظر گرفت. تصور می‌شود که این پاسخ به علت تبادل^۱ بیشتر پروتئین و ترمیم بافت باشد تا پاسخ‌های متفاوتی که برای EPOC در دو ساعت پس از ورزش سهیم است. به علاوه، ورزش مقاومتی با شدت زیاد (۱۰ حرکت، ۵ ست، ۸-۱۲ تکرار و با شدت ۷۰٪ ۱RM) در مقایسه با کنترل، EPOC کاملاً بالاتری را تولید کرد و VO_2 تا دو ساعت پس از ورزش نسبت به حالت پایه همچنان بالا باقی ماند (۱۸). افزایش VO_2 تا دو ساعت پس از ورزش با یافته‌های ما مخالف است، اما حجم کار در آن مطالعه خیلی بیشتر بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که VO_2 در ورزش با شدت ۵۰٪ ۱RM پس از مدت یک ساعت و در ورزش با شدت ۷۵٪ ۱RM بعد از ۹۰

دقیقه به حالت پایه بر می‌گردد. در دو تحقیق دیگر، VO_2 دو ساعت پس از ورزش به حالت اولیه برگشت که با تحقیق حاضر تفاوت دارد (۵،۲۹). شاید تفاوت در پروتکل‌های مختلف تمرینی، نوع آزمودنی و حجم‌های مختلف آنها دلیل این تفاوت باشد.

هنگام مقایسه یک وهله حاد تمرین هوازی و مقاومتی با هزینه انرژی مساوی، تمرین مقاومتی EPOC کاملاً بیشتری را تولید کرد (۹،۷). تصور می‌شود که ورزش مقاومتی در مقایسه با ورزش هوازی، فعالیت شدیدتری باشد. در مطالعه‌ای دیگر که توسط الیوت و همکاران^۱ انجام شد، سه نوع ورزش هوازی، تمرین مقاومتی دایره‌ای و ورزش مقاومتی سنگین را با یکدیگر مقایسه کردند (۱۲). الیوت گزارش کرد که هزینه انرژی ورزش برای تمرین دوچرخه‌سواری و تمرین مقاومتی دایره‌ای بیشترین مقدار را دارد، اما ورزش مقاومتی، بیشترین EPOC را تولید می‌کند. آنها عنوان کردند که مقدار توده عضلانی در حال کار، شاخص برجسته‌ای است که بیشترین EPOC را تولید می‌کند. به نظر می‌رسد که شدت بیشتر، توده عضلانی در حال کار را افزایش می‌دهد (افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی)، بنابراین، این نتایج با نتایج الیوت و همکاران همخوانی دارد. مورفی و اسکوارزکوف^۲ (۱۹۹۲)، دو پروتکل بسیار متفاوت از تمرین مقاومتی را با یکدیگر مقایسه کردند (۳ ست دایره‌ای، ۶ حرکت، ۱۰-۱۲ تکرار، شدت $1RM/50\%$ در مقایسه با ۳ ست، ۶ حرکت، تکرار تا درماندگی، شدت $1RM/80\%$) (۲۰). حجم کار هر جلسه مشابه بود، اما شدت تمرین دایره‌ای بیشتر بود. جلسه با شدت بیشتر، EPOC کاملاً بیشتری را تولید کرد، اما VO_2 در مدت ۲۶ دقیقه به سطوح پایه برگشت. پروتکل‌ها متفاوت بودند، اما این نتیجه با نتایج ما که در آن تمرین مقاومتی با شدت زیاد، EPOC بیشتری تولید کرد، قابل مقایسه است. بزرگی EPOC در پاسخ به ورزش مقاومتی، به حجم کار، بار مقاومت یا فشار و فاصله استراحت بستگی دارد (۱۴). با تغییر دوره‌های استراحت حین ورزش مقاومتی و ثابت ماندن دیگر عوامل، یک دوره استراحت طولانی‌تر، هزینه انرژی تمرینی بیشتری را در پی دارد، اما دوره استراحت کوتاه‌تر موجب EPOC بیشتری می‌شود (۱۵). یک دوره استراحتی کوتاه ممکن است مشابه با افزایش شدت به صورت افزایش فشار تلقی شود. به علت اینکه برون‌ده کار دو وهله ورزش مقاومتی مساوی بودند، این نتیجه با نتایج این تحقیق که در آن استرس فیزیولوژیکی بیشتر (شدت بیشتر یا دوره‌های استراحت کوتاه‌تر) موجب EPOC بیشتر

1 - Elliot et al

2 - Murphy & Schwarzkopf

نسبت به استرس فیزیولوژیکی کمتر (شدت کمتر یا دوره‌های استراحت طولانی‌تر) با حجم کار مساوی شد، همسواست. در شدت‌های بیشتر از $50\% \text{VO}_2\text{max}$ ، بدون توجه به نوع یا روش ورزش، تمرین با حجم بیشتر EPOC بزرگ‌تری را نسبت به دیگر متغیرها تولید می‌کند، اما با ثابت نگه داشتن حجم‌های کار، انجام ورزش با شدت بیشتر EPOC بیشتری را تولید خواهد کرد (۱۷).

در تحقیقی مشابه تحقیق حاضر، اولدز و آبرناتی مشاهده کردند که EPOC بین یک وهله ورزش مقاومتی با شدت زیاد و کم و با حجم کار مساوی، تفاوت معنی‌داری با هم ندارد و VO_2 پس از یک ساعت به حالت پایه بر می‌گردد (۲۱). این نتایج، معیار نتایج تحقیق حاضر است، اما چند موضوع هنگام تفسیر این یافته‌ها باید مورد توجه قرار گیرد: اولاً تفاوت بین دو شدت تمرین اندک بود (۱۲ تکرار با شدت $75\% \text{RM}$ در مقابل ۱۵ تکرار با شدت $60\% \text{RM}$)، بنابراین شاید این تفاوت به اندازه‌ای نبوده تا پاسخ معنی‌دار را ایجاد کند؛ ثانیاً دامنه سنی آزمودنی‌ها (۲۲ - ۵۵ سال)، تفاوت درون‌گروهی بالایی را در EPOC ($27 - 0.7$ لیتر اکسیژن) ایجاد کرد؛ ثالثاً عدم اندازه‌گیری EPOC در $3/5$ دقیقه اول پس از ورزش (زمانی که EPOC بالاترین مقدار است) ممکن است از جمله عوامل مؤثر بر نتایج آنها باشد.

نتیجه‌گیری

می‌توان گفت ورزش مقاومتی با ست‌های استاندارد و شدت بیشتر، EPOC بیشتری را تا ۹۰ دقیقه پس از ورزش تولید می‌کند که در صورت تداوم این نوع روش تمرینی، می‌توان از آن برای برنامه‌های کاهش وزن استفاده کرد.

منابع و مأخذ

۱. هی وارد ، ویویان اچ. (۱۳۸۴). "اصول علمی و تمرین های تخصصی آمادگی جسمانی". ترجمه عباسعلی گائینی و همکاران، انتشارات سبح ، ص: ۸۸.
2. Bahr R. (1992). "Excess postexercise oxygen consumption: magnitude, mechanisms and practical implications". *Acta Physiol. Scand.* 144:PP:1-70.
3. Bahr R, Hansson P, and Sejersted OM. (1990). "Triglyceride/fatty acid cycling is increased after exercise". *Metab.* 39:PP:993-999.
4. Bahr R and Sejersted OM. (1991). "Effect of intensity of exercise on excess post-exercise oxygen consumption". *Metabolism.* 40:PP:836-841.
5. Binzen CA, Swan PD, Manore MM. (2001). "Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women". *Med Sci Sports Exerc.* 33(6):PP:932-938.
6. Borsheim E, Knardahl S, Hostmark AT, and Bahr R. (1998). "Adrenergic control of post-exercise metabolism". *Acta Physiol. Scand.* 162:PP:313-323.
7. Braun WA, Hawthorne WE, Markofski MM. (2005). "Acute EPOC response in women to circuit training and treadmill exercise of matched oxygen consumption". *Eur J Appl Physiol.* 94:PP: 500-504.
8. Broeder C E, Burrhus KA, Svanevik LS and Wilmore JH. (1992). "The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate". *Am. J. Clin. Nutr.* 55:PP:802- 810.
9. Burieson M A, O'bryant HS, Stone MH, Collins MA, and Triplett-Mcbride T. (1998). "Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption". *Med.Sci. Sports Exerc.* 30:PP:518-522.

10. Coyle EF, Sidossis LS, Horowitz JF, and Beltz JD. (1992). "Cycling efficiency is related to the percentage of Type I muscle fibers". *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:PP:782–788.
11. Dolezal B A, Potteiger JA, Jacobsen DJ, and Benedict SF. (1999). "Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload". *Med. Sci. Sports Exerc.* 35:S311.
12. Elliot DL, Goldberg L, and Kuehl KS. (1992). "Effect of resistance training on excess postexercise oxygen consumption". *J. Appl. Sport Sci. Res.* 6:PP:77–81.
13. Gillette CA, Bullough R, and Melby CL. (1994). "Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise". *Int. J. Sport Nutr.* 4:PP:347–360.
14. Haltom RW, Kraemer RR, Sloan L RA, Hebert EP, Frank K, and Tryniecki JL. (1999). "Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption". *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:PP:1613–1618.
15. Howley ET, Bassett DR, and Welch HG. (1995). "Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary". *Med. Sci. Sports. Exerc.* 27:PP:1292–1301.
16. Hunter GR, Belcher LA, Dunnan L, and Fleming G. (1988). "Bench press metabolic rate as a function of exercise intensity". *J. Appl. Sport Sci. Res.* 2:PP:1–6.
17. Hunter GR, Weinsier RL, Bamman MM, and Larson DE. (1998). "A role for high intensity exercise on energy balance and weight control". *Int. J. Obes.* 22:PP:489–493.
18. Melby C, Scholl C, Edwards G, and Bullough R. (1993). "Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate". *J. Appl. Physiol.* 75:PP:1847–1853.

19. Melby CL, Tincknell T, and Schmidt WD.(1992). "Energy expenditure following a bout of non-steady state resistance exercise". *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 32:PP:128–135.
20. Murphy E, and Schwarzkopf R. (1992). "Effects of standard set and circuit weight training on excess post-exercise oxygen consumption". *J. Appl. Sport Sci. Res.* 6:PP:88–91.
21. Olds TS, and Abernathy PJ. (1993). "Postexercise oxygen consumption following heavy and light resistance exercise". *J. Strength Condit. Res.* 7:PP:147–152.
22. Osterberg KL, and Melby CL. (2000). "Effect of acute resistance exercise on postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women". *Int. J. Sport Nutr.* 10:PP:71–81.
23. Phelain J F, Reinke E, Harris MA, and Melby CL. (1997). "Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity". *J. Am. College of Nutr.* 16:PP:140–146.
24. Poehlman ET. (1989). "A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man". *Med. Sci. Sports Exerc.* 21:PP:515–525.
25. Poehlman ET, Melby C. (1998). "Resistance training and energy balance". *Int J Sport Nutr* 8(2):PP:143–159.
26. Powell LA, Nieman DC, Melby C, Cureton K, Schmidt D, Howley ET, Hill JO, Mault JR, Alexander H, and Stewart DJ.(2001). "Assessment of Body Composition Change in a Community-Based Weight Management Program". *J. Am. Coll. Nutr.* 20(1): PP:26 – 31.
27. Scott CB. (1998). "Re-interpreting anaerobic metabolism: an argument for the application of both glycolysis and excess post-exercise oxygen consumption as independent sources of energy expenditure". *Eur. J. Appl. Physiol.* 77:PP:200–205.

-
28. Sedlock DA. (1991). "Effect of exercise intensity on postexercise energy expenditure in women". *Br. J. Sport Med.* 25:PP:38-40.
29. Thornton MK, Potteiger JA. (2002). "Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC". *Med Sci Sports Exerc.* 34(4):PP:715-722.
30. Tremblay A, Depres JP, Leblanc C, Craig CL, Ferris B, Stephens T, and Bouchard C. (1990). "Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution". *Am. J. Clin. Nutr.* 51:PP:153-157.
31. Treuth MS, Hunter GR, and Williams M. (1996). "Effects of exercise intensity on 24-h energy expenditure and substrate oxidation". *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:PP:1138-1143.
32. Williamson DL, and Kirwan JP. (1997). "A single bout of concentric resistance exercise increases BMR 48 hours after exercise in healthy 59-77 year old men". *J. Gerontol.* 52A:PP:M352-M355.