

مجله‌ی غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی شهید بهشتی
دوره‌ی سیزدهم، شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۹۷ - ۹۰ (اردیبهشت ۱۳۹۰)

اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات طی یک فعالیت ورزشی فزاینده‌ی وامانده‌ساز در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور نخبه

دکتر محمدرضا حامدی‌نیا^۱، دکتر محمد شبانی^۲، مهدی زارعی^۱، دکتر جان میدلی^۲

(۱) گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، (۲) گروه تربیت بدنی، دانشگاه جعفری، (۳) گروه بیولوژی و طب ورزش، دانشگاه آمینز فرانسه، **نشانی مکاتبه‌ی نویسنده‌ی مسئول:** سبزوار، توحید شهر، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، کد پستی: ۹۶۱۷۹۷۶۴۸۷، دکتر محمدرضا حامدی‌نیا؛ e-mail:mrhamedi1350@gmail.com

چکیده

مقدمه: هدف از پژوهش حاضر مقایسه‌ی اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات طی شدت‌های مختلف ورزش تا واماندگی در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور است. مواد و روش‌ها: در این پژوهش ۴۲ نفر دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و ۳۱ نفر دوچرخه‌سوار آماتور (نخبه) شرکت کردند. آزمودنی‌ها یک آزمون ورزشی فزاینده را بر چرخ کارسنج با ۵۰ وات افزایش در هر ۳ دقیقه تا واماندگی اجرا کردند. نسبت تبادل تنفسی (RER) و ضربان قلب هنگام فعالیت ثبت شد. میانگین حجم اکسیژن دمی، حجم دی‌اکسید بازدمی و RER در طول زمان استراحت و ۳ دقیقه پایانی بارهای کاری ثبت و مقدار اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی با استفاده از معادله‌های عنصرسنجی محاسبه گردید. یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد مقدار RER در حالت استراحت و شدت ۲۰۰ وات بین دو گروه دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و آماتور تفاوت معنی‌داری ندارد، ولی در شدت‌های ۳۰۰ و ۴۰۰ وات RER در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای به طور معنی‌داری از دوچرخه‌سواران آماتور پائین‌تر می‌باشد ($P=0/01$). بین دو گروه دوچرخه‌سواران آماتور و حرفه‌ای در مقدار و درصد اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی تفاوت معنی‌داری در حال استراحت و شدت‌های مختلف وجود نداشت. نتیجه‌گیری: تفاوت اندکی در مورد استفاده از کربوهیدرات و چربی بین دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور وجود دارد، ولی همین تفاوت اندک و صرفه جویی اندک دوچرخه‌سواران حرفه‌ای در استفاده از کربوهیدرات‌ها موجب تفاوت عملکردی عمده‌ای بین آنها می‌شود.

واژگان کلیدی: اکسیداسیون، چربی، کربوهیدرات، تمرین، دوچرخه‌سوار حرفه‌ای، آماتور

دریافت مقاله: ۸۹/۴/۲۶ - دریافت اصلاحیه: ۸۹/۹/۱۵ - پذیرش مقاله: ۸۹/۱۰/۱۱

مقدمه

مسابقه‌های دوچرخه‌سواری حرفه‌ای جاده یک ورزش فوق استقامتی است که در آن ورزشکاران به طور تقریبی ۳۵۰۰۰-۳۰۰۰۰ کیلومتر در هر سال رکاب می‌زنند. فصل این گونه مسابقه‌ها به طور معمول ۹۰ روز به طول می‌انجامد،

به‌علاوه برخلاف مدت طولانی رویدادهای دوچرخه‌سواری مانند مسابقه‌های ۳ هفته‌ای، سهم نسبی فعالیت بدنی شدید به طور شگفت‌آوری در این گونه مسابقه‌های بالا می‌باشد.^۱ مسابقه‌های توردو فرانس،^۱ جیرو ایتالیاⁱⁱ و دور

i-Tour de France
ii-Giro d'Italia

اسپانیا^۱ چند نمونه از این مسابقه‌ها می‌باشند که به صورت طاقت‌فرسا به مدت ۳ هفته و در بالاترین سطح ممکن انجام می‌شود.^{۲-۴}

در چندین پژوهش نیازهای فیزیولوژیکی دوچرخه سواران حرفه‌ای جاده مورد بررسی قرار گرفته است.^{۱،۳،۵،۶} پژوهش‌ها نشان می‌دهد که دوچرخه‌سواران حرفه‌ای ویژگی‌های فیزیولوژیکی قابل ملاحظه‌ای نسبت به دوچرخه‌سواران آماتور دارند، که این ویژگی‌ها تا حدی ممکن است اجرای بهتر آن‌ها را توضیح دهد. پژوهشگران نشان داده‌اند که دوچرخه‌سواران حرفه‌ای دارای ظرفیت هوازی موثری (توان خروجی بیشینه ۵۷۰-۳۷۰ وات، مصرف اکسیژن بیشینه ۴/۴-۴/۴ لیتر بر دقیقه و توان خروجی ۵۰۰-۳۰۰ وات در آستانه لاکتات) می‌باشند و این یک شاخص مهم محسوب می‌شود.^{۷،۸} با توجه به گزارش کوگان (۲۰۰۰) و کیلین (۱۹۹۴) ورزشکاران تمرین کرده سطح بالا نسبت به آزمودنی‌های تمرین نکرده چه در شدت‌های پایین و چه در شدت‌های بالای تمرین از چربی بیشتری به عنوان سوخت استفاده می‌کنند.^{۹،۱۰} اما پژوهش‌های انجام شده که به مقایسه‌ی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی در شدت‌های مختلف در بین آزمودنی‌های دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و آماتور پرداخته‌اند بسیار انگشت شمار است، که از آن جمله می‌توان به پژوهش لوسیا (۱۹۹۸)، چیچارو (۱۹۹۹) و ایناگوسان (۲۰۰۹) اشاره نمود که بیشتر آنها نیز فقط به مقایسه‌ی متغیرهای فیزیولوژیکی در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور پرداخته‌اند.^{۷،۱۱،۱۲} در تنها پژوهش انجام شده در این زمینه می‌توان به بررسی لوسیا و همکاران (۱۹۹۸) اشاره نمود که در آن دوچرخه‌سواران حرفه‌ای نسبت به دوچرخه‌سواران آماتور تکیه‌ی بیشتری روی سوخت و ساز چربی‌ها حتی در توان خروجی بالا داشتند.^۷ بیشتر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه نیز به مقایسه‌ی سوخت و ساز سوبسترا در آزمودنی‌های تمرین کرده (بیشتر دوچرخه‌سواران) و تمرین نکرده پرداخته‌اند که یافته‌های متناقضی را نیز گزارش کرده‌اند.^{۱۳-۱۵} از این رو با توجه به کمبود داده‌ها در این زمینه، این پژوهش به منظور شناخت نیازهای فیزیولوژیک و میزان سوخت و ساز سوبسترا در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور و این‌که آیا تفاوت وضعیت‌های تمرینی در این سطح پیشرفته می‌تواند

منجر به تفاوت‌های فیزیولوژیکی و سوخت و ساز سوبسترا بین این دو گروه شود، انجام گرفت، از این‌رو مربیان می‌توانند از این یافته‌ها در تجویز برنامه‌های تمرینی مناسب و طراحی استراتژی‌های تمرینی پیش رقابتی و به احتمال زیاد طراحی رژیم‌های غذایی مناسب برای ورزشکاران در سطح قهرمانی استفاده نمایند. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر مقایسه‌ی اکسیداسیون چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها در طی شدت‌های مختلف ورزش تا سرحد خستگی در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور نخبه می‌باشد.

روش‌شناسی تحقیق: در این پژوهش ۷۳ دوچرخه‌سوار جاده تمرین کرده‌ی سطح بالا شرکت داشتند که از این ۷۳ دوچرخه‌سوار، ۴۲ نفر دوچرخه‌سوار حرفه‌ای متعلق به تیم‌های مختلف اتحادیه‌ی بین‌المللی دوچرخه‌سواری و ۳۱ نفر دوچرخه‌سوار آماتور سطح بالا (نخبه) بودند. از هر آزمودنی داده‌های گسترده‌ای درباره‌ی رژیم غذایی، تاریخچه‌ی پزشکی، مراقبت‌های درمانی اخیر و گذشته، و نیز تاریخچه‌ی ورزشی گرفته شد. بعد از این که آزمودنی‌ها به طور کامل نسبت به هدف‌های پژوهش آگاهی یافتند یک رضایت‌نامه‌ی آگاهانه‌ی کتبی از هر آزمودنی گرفته شد. هدف این پژوهش توسط کمیته‌ی اخلاق بیمارستان دانشگاه آمینز فرانسه مورد بررسی و تایید قرار گرفت.

هر آزمودنی پس از انجام مصاحبه در اختیار تیم پژوهش قرار گرفت. سپس دوچرخه‌سواران آزمون ورزشی قلبی-تنفسی را اجرا کردند. رژیم غذایی آزمودنی‌ها روز قبل از آزمون کنترل شد تا آزمودنی‌ها رژیم غذایی یکسانی داشته باشند. آزمودنی‌ها پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت به حالت ناشتای شبانه به آزمایشگاه مراجعه کردند. همچنین از آنها خواسته شد کمینه ۲ روز قبل از آزمون از فعالیت بدنی شدید اجتناب کنند. همه‌ی دوچرخه‌سواران بین ماه‌های نوامبر و دسامبر، یعنی دوره‌ی کاهش تمرین و خارج از فصل مسابقات مورد آزمون قرار گرفتند.

این پژوهش بر اساس پایش پزشکی اجباری وزارت ورزش فرانسه، فدراسیون دوچرخه‌سواری فرانسه و اتحادیه‌ی بین‌المللی دوچرخه‌سواری انجام شد. همه‌ی دوچرخه‌سواران به طور متوسط کمینه به مدت ۱۰ سال به طور رقابتی تمرین کرده بودند. همه‌ی دوچرخه‌سواران حرفه‌ای کمینه‌ی دو سال تجربه‌ی رقابت در دسته‌ی حرفه‌ای بین‌المللی دوچرخه‌سواری را داشته، در زمان پژوهش توسط تیم‌های حرفه‌ای استخدام و حمایت می‌شدند و کمینه در یکی

از مسابقه‌های اصلی سه هفته‌ای مرحله‌ای (دور ایتالیا، توردو فرانس و یا دور اسپانیا) شرکت کرده بودند. تفاوت مهم بین دوچرخه‌سواران آماتور و حرفه‌ای این بود که دوچرخه‌سواران آماتور در مسابقه‌های سه هفته‌ای شرکت نکرده، هم‌چنین طول مسابقه‌های یک روزه‌ی آنها نیز کوتاه‌تر بود. همه‌ی دوچرخه‌سواران آماتور نخبه کمینه‌ی دو سال تجربه‌ی رقابت در سطح آماتور (دسته دو نخبه‌های اتحادیه-ی بین‌المللی دوچرخه‌سواری) را داشتند.

فصل مسابقه برای دوچرخه‌سواران از فوریه تا اکتبر طول می‌کشید که در این فاصله تمرین و مسابقه با هم آمیخته می‌شود. برای دوچرخه‌سواران در ماه نوامبر یک استراحت کلی وجود دارد. تمرین‌های استقامتی پایه و جامع از اوایل دسامبر تا شروع فصل مسابقه (اواخر ژانویه) انجام می‌شود. مسافت پیموده شده در تمرین و رقابت به طور متوسط برای دوچرخه‌سواران آماتور به طور معمول ۲۲۰۰۰ کیلومتر و برای دوچرخه‌سواران حرفه‌ای ۳۲۰۰۰ کیلومتر در سال بود، به عبارت دیگر با در نظر گرفتن روزهای استراحت دوچرخه‌سواران حرفه‌ای به طور متوسط ۲۵-۲۲ ساعت در هفته و ۴۵ هفته در سال به تمرین و رقابت می‌پرداختند. به طور متوسط تعداد مسابقه‌ها و مسافت هر مسابقه برای دوچرخه‌سواران آماتور به ترتیب ۷۰ و ۱۷۰ کیلومتر و برای دوچرخه‌سواران حرفه‌ای به ترتیب ۹۰ و ۲۳۵ کیلومتر بود. آزمودنی‌های حرفه‌ای و آماتور بر حسب تمرین و عادت‌های مربوط مسابقه معرف و نماینده‌ی دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور نخبه بودند.^۷ تمرین‌های دوچرخه‌سواران به طور عمده، شامل دوچرخه‌سواری (۳-۶ ساعت در روز) بود، شکل‌های دیگر تمرین (تمرین متقاطع، تمرین قدرتی و وزنه برداری) همیشه و به سختی به جز زمان بازتوانی بعد از آسیب اجرا شد. تمام شرکت‌کنندگان بیان کردند که از کورتیکواستروئیدها یا عوامل آنابولیک استفاده نمی‌کنند.

آزمودنی‌ها یک آزمون ورزشی فزاینده را روی چرخ کارسنج با ۵۰ وات افزایش در هر ۳ دقیقه تا واماندگی اجرا کردند. گازها از راه یک دریچه‌ی هانس - ریودولفⁱ جمع‌آوری و به یک سیستم کالریمتری مدار باز (مینگنهاردⁱⁱ، گرونینگنⁱⁱⁱ، هلند) اکسیژن هدایت می‌شد. تجزیه کننده‌های گازی با مخلوط کننده‌های استاندارد گازی که با طیف سنج

جرمی کنترل می‌شد (MGA100، پرکین المر، پونوما، کانادا) تنظیم شدند. آزمون هنگامی بیشینه در نظر گرفته می‌شد که کمینه ۲ مورد از ۳ معیار زیر به دست می‌آمد:

(۱) فلات در VO2 علی رغم افزایش بار کار

(۲) RER^{iv} بیشتر از ۱/۰۸

(۳) $\pm 10\%$ ضربان قلب بیشینه‌ی ضربه در دقیقه از ضربان

قلب بیشینه‌ی پیش‌بینی شده از روی سن (سن-۲۲۰)

میانگین VO2، VCO2 و RER در طول زمان استراحت و

۳ دقیقه پایانی بارهای کاری ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ وات یعنی دقیقه‌های ۱۲-۹، ۱۸-۱۵ و ۲۴-۲۱ آزمون تعیین شد. سپس با این فرض که میزان دفع نیتروژن ادراری ناچیز است، برای هر یک از این مراحل میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات با استفاده از فرمول‌های عنصر سنجی فرین^v محاسبه شد.^{۱۶}

هم‌چنین درصد اکسیداسیون چربی نیز بر اساس روشی

که ونیلز و همکاران معرفی کردند محاسبه شد.^{۱۷}

فرمول‌های استفاده شده بدین قرار است:

$$VCO2 \times 1/70.1 - VO2 \times 6.95/1 = \text{میزان اکسیداسیون چربی (گرم در دقیقه)}$$

$$VO2 \times 226/3 - VCO2 \times 585/4 = \text{میزان اکسیداسیون کربوهیدرات (گرم در دقیقه)}$$

(1-RER)

$$\text{درصد اکسیداسیون چربی} = \left[\frac{\text{میزان اکسیداسیون کربوهیدرات}}{\text{میزان اکسیداسیون کربوهیدرات} + \text{میزان اکسیداسیون چربی}} \right] \times 100$$

برای تعیین نرمال بودن توزیع متغیرهای موجود در پژوهش از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسه‌ی دو گروه دوچرخه‌سوار در متغیرهای توان هوازی سن، قد، وزن و تعداد ضربان قلب از تی مستقل استفاده شد. برای بررسی اثر چهار شدت (حالت استراحت، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ وات ورزش دوچرخه‌سواری) در دو گروه دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و آماتور از تحلیل واریانس دو طرفه استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر چهار شدت از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. تمام محاسبه‌های آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۵ انجام گردید و سطح معنی‌داری آزمون‌ها $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

iv - Respiratory exchange ratio
v-Stoichi

i-Hans- Rudolph
ii-Mijnhardt
iii-Groningen

یافته‌ها

همان‌طور که در جدول ۱ آورده شده دو گروه دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و آماتور در وزن، قد و تعداد ضربان قلب زمان استراحت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی سن و VO_{2max} دوچرخه‌سواران حرفه‌ای به طور معنی‌داری بیشتر از دوچرخه‌سواران آماتور بود.

جدول ۱ - مقایسه‌ی دو گروه دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و آماتور در ویژگی‌های فیزیولوژیکی و تن‌سنجی

سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	بیشینه‌ی اکسیژن مصرفی (دقیقه/ میلی‌لیتر کیلوگرم)	بیشینه‌ی توان خروجی (وات)	ضربان قلب استراحت (دقیقه/بار)
مقدار	دوچرخه‌سواران حرفه‌ای*	دوچرخه‌سواران آماتور*	مقدار P*	دوچرخه‌سواران حرفه‌ای*	دوچرخه‌سواران آماتور*
۰/۰۰۱	۲۳/۷±۳/۶	۲۷/۳±۴/۲ [†]	۰/۰۰۱	۱۷۹/۵±۶/۵	۱۷۹/۷±۵/۹
۰/۰۹۳	۷۱/۵±۶/۴	۶۹/۶±۵/۴ [‡]	۰/۰۴	۶۶/۹±۵/۷	۶۸±۱۲
۰/۰۸۹	۶۶/۹±۵/۷	۶۸±۱۲	۰/۰۴	۶۸±۱۲	۶۷±۱۱
۰/۰۴	۶۸±۱۲	۶۷±۱۱	۰/۰۴	۶۸±۱۲	۶۷±۱۱

* اختلاف معنی‌دار در حد $P < 0.05$ دیده شد، † داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشند. ‡ اختلاف معنی‌دار در حد $P < 0.01$ دیده شد.

یافته‌ها نشان داد که بین دو گروه دوچرخه‌سوار آماتور و حرفه‌ای در مقدار و درصد اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی تفاوت معنی‌داری در حال استراحت و شدت‌های مختلف وجود ندارد (جدول ۲، شکل ۱). مقدار نسبت تبادل تنفسی (RER) در حالت استراحت و شدت ۲۰۰ وات بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی در شدت‌های ۳۰۰ و ۴۰۰ وات RER در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای به طور معنی‌داری پایین‌تر از دوچرخه‌سواران آماتور بود (جدول ۲). یافته‌ها نشان داد که در مقدار و درصد اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی بین حالت استراحت و شدت‌های مختلف ورزش دوچرخه‌سواری تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). به طوری‌که از حالت استراحت به سمت افزایش شدت ورزش دوچرخه‌سواری، با افزایش شدت ورزش، مقدار اکسیداسیون کربوهیدرات و درصد استفاده از کربوهیدرات به طور معنی‌داری افزایش یافت، تنها بین حالت

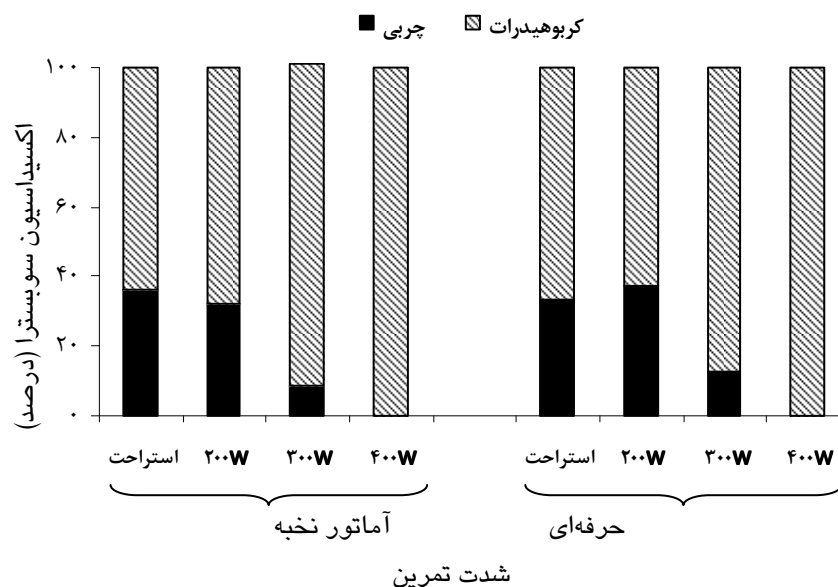
استراحت و شدت ۲۰۰ وات درصد استفاده از کربوهیدرات تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش شدت ورزش مقدار اکسیداسیون چربی و درصد استفاده از چربی به طور معنی‌داری کاهش یافت، تنها بین حالت استراحت و شدت ۲۰۰ وات در درصد استفاده از چربی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۲ - مقایسه‌ی میزان RER، اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در چهار حالت بین دو گروه دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و آماتور

مقدار P*	دوچرخه‌سواران حرفه‌ای*	دوچرخه‌سواران آماتور*	مقدار P*
مقدار	دوچرخه‌سواران حرفه‌ای*	دوچرخه‌سواران آماتور*	مقدار P*
۰/۰۰۱	۰/۹۱±۰/۰۹ [†]	۰/۹۰±۰/۱۱	ns [‡]
۰/۰۹۳	۰/۸۹±۰/۰۴	۰/۹۰±۰/۰۷	ns
۰/۰۸۹	۰/۹۶±۰/۰۴	۰/۹۹±۰/۰۷	۰/۰۱
۰/۰۴	۱/۴۳±۰/۱۴	۱/۵۲±۰/۲۱	۰/۰۱
۰/۰۳۶	۴۰۴/۸±۲۹/۸	۴۱۳/۰±۴۲/۸	۰/۰۳۶
۰/۰۶۵	۶۸±۱۲	۶۷±۱۱	۰/۰۶۵
۰/۰۸۳	۰/۰۸±۰/۰۷	۰/۰۹±۰/۰۹	ns
۰/۰۶۴	۰/۶۴±۰/۲۹	۰/۵۷±۰/۳۴	ns
۰/۰۳۲	۰/۳۲±۰/۳۴	۰/۲۲±۰/۴۶	ns
۰/۰۳۲	۰/۳۲±۰/۳۴	۰/۲۲±۰/۴۶	ns
۰/۰۰۱	۰/۰۸±۰/۰۵	۰/۰۹±۰/۰۴	ns
۰/۰۵۶	۰/۵۲±۰/۱۶	۰/۵۶±۰/۲۱	ns
۱/۲۱±۰/۳۲	۱/۱۱±۰/۱۹	۱/۲۱±۰/۳۲	ns
۳/۹±۰/۸۲	۳/۹±۰/۸۲	۴/۲±۱/۰۸	ns
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

* تفاوت معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ مشاهده شد. † داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. ‡ ns: عدم تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. § نسبت تبادل تنفسی

در مقدار RER بین حالت استراحت و شدت ۲۰۰ وات تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما بعد از آن با افزایش شدت ورزش، RER نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. تعامل بین دو گروه (دوچرخه‌سوار آماتور یا حرفه‌ای بودن) و شدت ورزش معنی‌دار نبود.



شکل ۱- مقایسه‌ی درصد اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در شدت‌های مختلف تمرین در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور

بحث

معنی‌داری در میزان سوخت و ساز سوپسترا بین حالت استراحت و شدت ۲۰۰ وات در هر دو گروه آزمودنی‌ها وجود ندارد. در همین راستا رامین و همکاران (۲۰۰۰) هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین اکسیداسیون سوپسترا بین حالت استراحت و شدت سبک (VO_{2max} ٪۲۵) مشاهده نکردند.^{۱۹} به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی با شدت سبک تاثیر چندانی روی مصرف سوپسترا نداشته باشد.

یافته‌ها نشان داد که RER در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای در شدت‌های ۳۰۰ و ۴۰۰ وات نسبت به دوچرخه‌سواران آماتور به طور معنی‌داری کمتر است. در حالت استراحت و شدت ۲۰۰ وات تفاوتی وجود نداشت. پژوهش‌های انجام شده به منظور مقایسه‌ی RER در آزمودنی‌های حرفه‌ای و آماتور یا آزمودنی‌های تمرین کرده و تمرین نکرده یافته‌های متفاوتی در برداشته است، البته باید با این نکته توجه داشت که بیشتر پژوهش‌ها RER را در شدت‌های نسبی مختلف بین آزمودنی‌ها مقایسه کرده‌اند، اما در پژوهش حاضر RER در بارهای کاری مشابه (مطلق) بین آزمودنی‌ها مورد مقایسه قرار گرفته است. یافته‌های برخی از این پژوهش‌ها با پژوهش حاضر همسو می‌باشد.^{۱۰، ۲۴-۲۶} همچنان‌که برگمن و همکاران (۱۹۹۹) به مقایسه‌ی RER در آزمودنی‌های دوچرخه‌سوار کلاس ۲ جهانی و آزمودنی‌های تمرین نکرده در بار کاری مطلق در شدت‌های مختلف پرداخته و مشاهده کردند که

یافته‌های پژوهش کنونی نشان داد که با افزایش شدت ورزش میزان استفاده از کربوهیدرات افزایش و میزان استفاده از چربی کاهش می‌یابد. البته مقدار اکسیداسیون چربی در شدت ۲۰۰ وات در بالاترین حد بود. ولی با افزایش شدت ورزش این میزان رفته رفته کاهش یافت. به طور کلی می‌توان گفت که با افزایش شدت ورزش اکسیداسیون چربی کاهش یافت. یافته‌های برخی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه همسو با پژوهش کنونی می‌باشد.^{۱۸-۲۱} کاهش اکسیداسیون چربی با افزایش شدت در بالای VO_{2max} ٪۵۰ احتمال دارد به واسطه‌ی تاثیرات تحریکی تمرین شدید بر گلیکوژنولیز و برداشت گلوکز عضله باشد.^{۱۸} همچنین این رویداد ممکن است به واسطه‌ی پیشگیری از ورود اسیدهای چرب زنجیره بلند به میتوکندری باشد که می‌تواند ناشی از افزایش جریان گلیکولیتیک در طی تمرین شدید،^{۲۲} یا کاهش تنظیم کارنیتین پالمیتول ترانسفراز که موجب کاهش دسترسی کارنیتین آزاد و یا کاهش در PH به واسطه‌ی افزایش تولید لاکتات مدت تمرین شدید باشد.^{۲۳} اما به نظر می‌رسد علت اصلی آن کاهش جریان خون به سمت سلول‌های چربی و کاهش ورود اسیدهای چرب آزاد به درون خون باشد.^{۲۱} یافته‌ها همچنین نشان داد که تفاوت

آزمودنی‌های تمرین کرده RER معنی‌دار کمتری نسبت به آزمودنی‌های تمرین نکرده دارند.^{۲۴} با این حال برخی از پژوهش‌ها یافته‌های به طور کامل متفاوتی را گزارش کرده‌اند. در این بررسی‌ها در آزمودنی‌های تمرین کرده RER بیشتری نسبت به آزمودنی‌های تمرین نکرده گزارش شده است.^{۱۳،۲۷} برخی از پژوهش‌ها نیز تفاوت معنی‌داری بین RER در آزمودنی‌های تمرین کرده و تمرین نکرده گزارش نکردند.^{۱۱،۱۵،۲۸} همان‌طور که چیچارو و همکاران (۱۹۹۹) هیچ تفاوت معنی‌داری در RER بین دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و دوچرخه‌سواران آماتور پس از یک آزمون و امانده ساز مشاهده نکردند.^{۱۱} در تفسیر یافته‌های پژوهش کنونی باید توجه داشت که آزمودنی‌ها در بارهای کاری مطلق مورد مقایسه قرار گرفتند و به نظر می‌رسد این عامل موجب شود که آزمودنی‌های آماتور، ورزش با شدت ۳۰۰ و ۴۰۰ وات را با شدت و تلاش بیشتری نسبت به آزمودنی‌های حرفه‌ای انجام داده و در نتیجه RER بیشتری را نشان بدهند. از طرفی در حمایت از تاثیر تمرین روی اکسیداسیون سوبسترا و این فرضیه که ورزشکاران حرفه‌ای (که دارای تمرین‌های بیشتری می‌باشند)، RER کمتری نسبت به ورزشکاران آماتور دارند، لوسیا و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که RER در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای در سراسر طول فصل و با انجام تمرین‌های با شدت‌های تمرینی همسو به با بار کاری زیر بیشینه کاهش می‌یابد.^۱ همان‌طور که گفته شد دوچرخه‌سواران حرفه‌ای نسبت به آماتورها تمرین‌های بیشتری در سال انجام داده، این عامل شاید بتواند کمتر بودن RER و در نتیجه چربی سوزتر بودن آنها را در شدت‌های بالاتر توضیح دهد، چنان‌که پیشنهاد می‌شود یکی از مهم‌ترین سازگاری‌ها به دوچرخه‌سواری فوق استقامتی تکیه کمتر روی سوخت و ساز بی‌هوازی در یک بار کاری معین باشد.^۱ همچنین پیشنهاد شده، یکی از دلایل کمتر بودن RER در ورزشکاران تولید کمتر اسید لاکتیک در آنها است، زیرا اسید لاکتیک تولید شده ناشی از فعالیت شدید در افراد غیر ورزشکار و ورزشکارانی که از سطح آمادگی پایین‌تری برخوردار هستند، میزان VCO₂ را افزایش داده و در نهایت منجر به افزایش RER در این افراد خواهد شد.^{۲۸} به نظر می‌رسد عامل دیگر در پایین بودن RER در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای مربوط به افزایش rms-EMG^۱ در عضلات این

ورزشکاران باشد. rms-EMG یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری فراخوانی واحدهای حرکتی می‌باشد. پیشنهاد شده که این افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی مربوط به تارهای کند انقباض نوع I که تکیه بیشتری بر سوخت و ساز هوازی نسبت به گلیکولیز بی‌هوازی دارند، باشد.^{۱۰،۲۹} یافته‌ها نشان داده اگرچه مقدار اکسیداسیون چربی در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای نسبت به دوچرخه‌سواران آماتور در توان‌های مختلف تا حدی بیشتر و اکسیداسیون کربوهیدرات تاحدی کمتر بود، با این حال بین دو گروه در مقدار و درصد اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی در حالت استراحت و شدت‌های مختلف ورزش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشتر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه یافته‌های متفاوتی را گزارش کرده‌اند. همان‌طور که مانتا و همکاران (۲۰۰۴) میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در ۸ مرد جوان دوچرخه‌سوار را نسبت به مردان جوان بی‌تحرك در ورزش با شدت بالای آستانه تهویه‌ای به طور معنی‌داری کمتر گزارش کردند. از طرفی میزان اکسیداسیون چربی به طور معنی‌داری در گروه تمرین کرده بالاتر بود.^{۱۳} در پژوهشی دیگر آزمودنی‌های تمرین کرده با انجام ۱۲۰ دقیقه تمرین با شدت ۵۰٪ Wmax اکسیداسیون چربی بالاتری نسبت به آزمودنی‌های تمرین نکرده گزارش کردند، اما همسو با یافته‌های پژوهش کنونی هیچ اختلافی در اکسیداسیون کربوهیدرات مشاهده نشد.^{۱۳} همچنین برگمن و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که میزان اکسیداسیون چربی در آزمودنی‌های دوچرخه‌سوار کلاس دو و سه جهانی نسبت به آزمودنی‌های تمرین نکرده، فقط در شدت ۴۰٪ به طور معنی‌داری بالاتر می‌باشد.^{۲۴} با این حال در پژوهش برگمن و همکاران (۱۹۹۹) و نیز بالدوین و همکاران (۲۰۰۰) میزان مطلق اکسیداسیون کربوهیدرات در مردان تمرین کرده استقامتی در مقایسه با تمرین نکرده‌ها به طور معنی‌داری بیشتر گزارش شد. آنها اظهار داشتند که این یافته ممکن است ناشی از بالاتر بودن میزان بار کاری انجام شده توسط آزمودنی‌های تمرین کرده باشد.^{۲۴،۲۸} یکی از دلایل عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار در میزان اکسیداسیون سوبسترا در پژوهش کنونی ممکن است ناشی از کم بودن اختلاف و سطح بین ورزشکاران حرفه‌ای و آماتور نخبه در این پژوهش باشد. بیشتر بررسی‌های گزارش شده در بالا به مقایسه‌ی آزمودنی‌های تمرین کرده و تمرین نکرده پرداخته‌اند، ولی در این بررسی هر دو گروه تمرین کرده بوده و فقط از نظر

i- Root mean square voltage electromyography

شاید یکی از دلایل اختلاف ناچیز اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات بین دو گروه ممکن است اختلاف سنی آنها باشد، همان‌طور که اگر این اختلاف سنی وجود نداشت، اختلاف اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات بین دو گروه بیشتر می‌شد و به احتمال زیاد حرفه‌ای‌ها به طور معنی‌داری چربی سوزتر از آماتورها بودند. با این حال با توجه به اختلاف سنی ناچیز دو گروه تاثیر این عامل شاید از اهمیت کمتری برخوردار باشد.

در نهایت به نظر می‌رسد که نخبگی آزمودنی‌ها موجب افزایش میزان مطلق اکسیداسیون چربی و قند در این ورزشکاران نسبت به سایر ورزشکاران و افراد غیر ورزشکار شده، همچنین به نظر می‌رسد که درصد اکسیداسیون چربی نسبت به کربوهیدرات در آزمودنی‌های نخبه بیشتر از افراد عادی باشد،^{۳۲} همان‌طور که یکی از سازگاری‌های اصلی به رقابت در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای افزایش سوخت و ساز چربی در هر شدت زیر بیشینه (کمینه‌ی تا ۴۰۰ وات) می‌باشد.^{۱۷} با مقایسه یافته‌های این پژوهش با چند بررسی انجام شده روی ورزشکاران غیر نخبه^{۳۳،۳۴} این موضوع مورد تایید قرار گرفت. همچنین میزان Fatmax و شدتی که Fatmax استخراج می‌شود ممکن است مورد تاثیر وضعیت نخبگی قرار گیرد و در شدت نسب بالاتری نسبت به افراد عادی ایجاد شود.^{۳۲}

یافته‌های این پژوهش نشان داد که تفاوت اندکی در خصوص استفاده از کربوهیدرات و چربی بین دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور وجود دارد، ولی همین تفاوت اندک و صرفه‌جویی ناچیز دوچرخه‌سواران حرفه‌ای در استفاده از کربوهیدرات‌ها موجب تفاوت عملکردی عمده‌ای بین آنها می‌شود.

آمادگی (عملکرد) در سطح مختلفی نسبت به یکدیگر قرار داشتند، همچنین موسلی و همکاران (۲۰۰۴) در حمایت از این نکته اظهار داشتند که هیچ اختلافی در کارایی و اقتصاد حرکت بین دوچرخه‌سواران حرفه‌ای کلاس جهانی و آماتور وجود ندارد.^{۲۰} توضیح دیگر این است که پژوهش کنونی در دوره‌ی زمانی اجرا شد که ورزشکاران حرفه‌ای در فصل تعطیلات و استراحت خود قرار داشتند و احتمال دارد که دور بودن از شرایط تمرین و مسابقه، عدم تفاوت مشاهده شده بین دو گروه را توضیح دهد. مانتا و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که وضعیت‌های تمرینی (زمان ابتدا، میانه و انتهای فصل)، الگوی به کارگیری سوسترا در مدت تمرین را تعدیل می‌کند.^{۱۵} البته بیان این نکته ضروری است که اگرچه در میزان استفاده از کربوهیدرات و چربی در فشارهای ۳۰۰ و ۴۰۰ وات بین دوچرخه‌سواران حرفه‌ای و آماتور تفاوت آماری وجود نداشت، ولی تفاوت اندک و عملکردی بین دو گروه وجود دارد، به طوری‌که دوچرخه‌سواران حرفه‌ای نسبت به دوچرخه‌سواران آماتور چربی بیشتر و کربوهیدرات کمتری اکسید می‌کنند. این موضوع می‌تواند به صرفه‌جویی گلیکوژن منجر شود و خستگی را به تاخیر اندازد. این تفاوت اندک و عملکردی را در بیشینه‌ی فشار اعمال شده در آزمون ورزشی هم می‌توان دید، به طوری‌که بیشینه‌ی فشار اعمال شده در دوچرخه‌سواران آماتور ۴۰۴/۸۳ وات، ولی در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای ۴۱۳/۰۹ وات می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، دوچرخه‌سواران حرفه‌ای میانگین سنی بالاتری نسبت به دوچرخه‌سواران آماتور نخبه دارند و با توجه به تاثیر افزایش سن در کاهش اکسیداسیون چربی^{۳۱} می‌توان گفت

References

- Lucia A, Hoyos J, Pardo J, Chicharro JL. Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. *Jpn J Physiol* 2000; 50: 381-8.
- Mujika I, Padilla S. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Med* 2001; 31: 479-87.
- Padilla S, Mujika I, Orbananos J, Santisteban J, Angulo F, Jose Goiriena J. Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 796-802.
- Padilla S, Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Goiriena JJ. Exercise intensity and load during uphill cycling in professional 3-week races. *Eur J Appl Physiol* 2008; 102: 431-8.
- Fernandez-Garcia B, Perez-Landaluce J, Rodriguez-Alonso M, Terrados N. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 1002-6.
- Padilla S, Mujika I, Orbananos J, Angulo F. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 850-6.
- Lucia A, Pardo J, Durántez A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int J Sports Med* 1998; 19: 342-8.
- Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiology of professional road cycling. *Sports Med* 2001; 31: 325-37.
- Coggan A, Raguso C, Gastaldelli A, Sidossis L, Yecckel C. Fat metabolism during high-intensity exercise in

- endurance-trained and untrained men. *Metabolism, clinical and experimental* 2000; 49: 122-8.
10. Klein S, Coyle EF, Wolfe RR. Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. *Am J Physiol* 1994; 267: E934-40.
 11. Chicharro JL, Carvajal A, Pardo J, Pérez M, Lucía A. Physiological parameters determined at OBLA vs. a fixed heart rate of 175 beats x min⁻¹ in an incremental test performed by amateur and professional cyclists. *Jpn J Physiol* 1999; 49: 63-9.
 12. Inigo San M, Carlos GH, María S. Physiological Differences Between Road Cyclists of Different Categories. A New Approach.: 733: May 28 8:15 AM - 8:30 AM. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2009; 41: 64-5.
 13. Manetta J, Bruna JF, Prefauta C, Mercier J. Substrate oxidation during exercise at moderate and hard intensity in middle-aged and young athletes vs sedentary men. *Metabolism* 2005; 54: 1411-9.
 14. Jeukendrup AE, Mensink M, Saris WH, Wagenmakers AJ. Exogenous glucose oxidation during exercise in endurance-trained and untrained subjects. *J Appl Physiol* 1997; 82: 835-40.
 15. Manetta J, Brun JF, Maimoun L, Galy O, Caste O, Maso F, et al. Carbohydrate dependence during hard-intensity exercise in trained cyclists in the competitive season: importance of training status. *Int J of Sports Med* 2002; 23: 516-23.
 16. Frayn KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *J Appl Physiol* 1983; 55: 628-34.
 17. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *J Appl Physiol* 2005; 98: 160-7.
 18. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Gastaldelli A, Horowitz JF, Endert E, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *AM J Physiol* 1993; 265: E380-91.
 19. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Rosenblatt J, Wolfe RR. Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J Appl Physiol* 2000; 88: 1707-14.
 20. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup A. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 92-7.
 21. Bassami M, Doran D, Ahmadizad S, MacLaren DPM. Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained and untrained older males. *Eur J Appl Physiol* 2007; 101: 525-32.
 22. Sidossis LS, Gastaldelli A, Klein S, Wolfe RR. Regulation of plasma fatty acid oxidation during low- and high-intensity exercise. *Am J Physiol* 1997; 272: E1065-70.
 23. van Loon LJ, Greenhaff PL, Constantin-Teodosiu D, Saris WH, Wagenmakers AJ. The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *J Physiol* 2001; 536: 295-304.
 24. Bergman BC, Brooks GA. Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men. *J Appl Physiol* 1999; 86: 479-87.
 25. Coggan AR, Swanson SC, Mendenhall LA, Habash DL, Kien CL. Effect of endurance training on hepatic glycogenolysis and gluconeogenesis during prolonged exercise in men. *Am J Physiol* 1995; 268: E375-83.
 26. Green S, Dawson BT. The oxygen uptake-power regression in cyclists and untrained men: implications for the accumulated oxygen deficit. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995; 70: 351-9.
 27. Díaz V, Zapico AG, Peinado AB, Álvarez M, Benito PJ, Calderón FG. Physiological profile of elite triathletes: a comparison between young and professional competitors. *J Hum Sport Exerc* 2009; 4: 237-45.
 28. Baldwin J, Snow RJ, Febbraio MA. Effect of training status and relative exercise intensity on physiological responses in men. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 1648-54.
 29. Jammes Y, Zattara-Hartmann MC, Caquelard F, Arnaud S, Tomei C. Electromyographic changes in vastus lateralis during dynamic exercise. *Muscle Nerve* 1997; 20: 247-9.
 30. Moseley L, Achten J, Martin JC, Jeukendrup AE. No differences in cycling efficiency between world-class and recreational cyclists. *Int J Sports Med* 2004; 25: 374-9.
 31. Toth MJ, Tchernof A. Lipid metabolism in the elderly. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54 Suppl 3: S121-5.
 32. Silva AEL, Bertuzzi RMC, Pires F, Gagliardi JFL, Barros RV, Hammond J, et al. Relationship Between Training Status And Maximal Fat Oxidation Rate. *Journal of Sports Science and Medicine* 2010; 9: 31-5.

Original Article

Fat and Carbohydrate Oxidation During an Exhaustive Incremental Exercise in Professional and Elite Amateur Cyclists

Hamedinia M¹, Shabani M², Zarei M¹, ³Medelli J

¹Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Tarbiat Moallem University of Sabzevar, Sabzevar, Khorasan, ²Department of Physical Education, Bujnord University, I.R. Iran ³Department of Exercise Biology and Sport Medicine, University North Hospital, Amins-Nord Place Victor Pauchet, France
e-mail:mrhamed1350@gmail.com

Received: 17/07/2010 Accepted: 01/01/2011

Abstract

Introduction: The purpose of this study was to compare fat and carbohydrate oxidation at different intensities of exercise until exhaustion, between professional and elite amateur cyclists. **Materials and Methods:** Forty-two professional cyclists (27.3 ± 4.2 yr) and 31 elite amateur cyclists (23.7 ± 3.6 yr) performed incremental exercise tests on a bicycle ergometer with 50 Watt increments, every third minutes until volitional exhaustion. Heart rate, the average volume of oxygen consumption, production of carbon dioxide and respiratory exchange ratio were measured during the rest time and the last 3 minutes of the exercise with working loads of 200, 300 and 400 Watts. **Results:** The results showed that there was no significant difference in RER between the two groups at rest time and intensity of 200w, but at intensities of 300w and 400w, RER was significantly lower in professional cyclists ($P=0.01$). There was no significant difference between professional and elite amateur cyclists regarding the rate of fat and carbohydrate oxidation at different intensities of exercise. Also, there was no significant difference in the percentage of fat and CHO oxidation during the trials, between the two groups. With increasing exercise intensity, the fat oxidation rate decreased significantly ($p=0.001$); however between rest mode and intensity of 200w, the difference was not significant. **Conclusion:** The findings of present study suggest that although there is a little difference in fat and carbohydrate oxidation between professional and elite amateur cyclists, this small difference and the small amount of carbohydrates saved in professional cyclists leads to their superior performance.

Keywords: Oxidation, Fat, Carbohydrate, Exercises, Cyclists, Professional, Elite Amateur