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

مقاله‌ی پژوهشی

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

دکتر محمدرضا حامدی‌نیا[۱]، دکتر محمد شبانی[۲]، مهدی زارعی[۱]، دکتر جان میدللی[۳]

۱) گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، ۲) گروه تربیت بدنی، دانشگاه بجنورد، 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 حرفه‌ایی و آماتور است. مواد و روش‌ها: در این پژوهش ۴۲ نفر دوچرخه‌سوار حرفه‌ایی 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 مقدارRER 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=۰/۰۱). 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 ـ دریافت اصلاحیه: ۸۹/۹/۱۵ ـ 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،[i] جیرود ایتالیا[ii] و دور

i-Tour de France
ii-Giro d´Italia

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]

اسپانیا[i]،چند نمونه از این مسابقه‌ها می‌باشند که به‌صورت 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 ۶/۴-۴/۴ لیتر بر دقیقه و توان خروجی ۵۰۰-۳۰۰ وات در آستانه لاکتات) می‌باشند و این یک شاخص مهم محسوب می‌شود.[۲،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 ـ 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 بین المللی 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

i-Vuelta a Espana

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]

از مسابقه‌های اصلی سه هفته‌ایی 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 بین المللی دوچرخه‌سواری) را داشتند.

فصل مسابقه برای دوچرخه‌سواران از فوریه تا اکتبر طول می‌کشد 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 (۶-۳ 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 دریچـــه‌ی هانس ـ ریودولف[i] جمع‌آوری و به یک سیستم کالریمتری مدار باز (مینگنهارد[ii]، گرونینگن[iii]، 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) ۱۰± 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:

میزان اکسیداسیون چربی (گرم در دقیقه) = ۱/۶۹۵×VO2 ـ ۱/۷۰۱×VCO2

میزان اکسیداسیون کربوهیدرات (گرم در دقیقه) = ۴/۵۸۵ × VCO2 ـ ۳/۲۲۶×VO2

$$\text{درصد اکسیداسیون چربی} = \left[\frac{(1-RER)}{۰/۲۹}\right] \times ۱۰۰$$

برای تعیین نرمال بودن توزیع متغیرهای موجود در پژوهش از آزمون کولموگراف ـ 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<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

i-Hans- Rudolph
ii-Mijnhardt
iii-Groningen

iv - Respiratory exchange ratio
v-Stoichi

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]

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 VO2max دوچرخه‌سواران حرفه‌ای به طور معنی‌داری بیشتر از دوچرخه‌سواران آماتور بود.

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

	دوچرخه‌سواران حرفه‌ای*	دوچرخه‌سواران آماتور*	مقدار P*
سن (سال)	۲۷/۳±۴/۲†	۲۳/۷±۳/۶	۰/۰۰۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۹/۵±۶/۵	۱۷۹/۷±۵/۹	۰/۹۳
وزن (کیلوگرم)	۷۱/۳±۶/۲	۷۱/۵±۶/۴	۰/۸۹
بیشینه‌ی اکسیژن مصرفی (دقیقه/ میلی‌لیتر کیلوگرم)	۶۹/۶ ±۵/۴‡	۶۶/۹±۵/۷	۰/۰۴
بیشینه‌ی توان خروجی (وات)	۴۱۳/۰±۴۲/۸	۴۰۴/۸±۲۹/۸	۰/۳۶
ضربان قلب استراحت (دقیقه/بار)	۶۷±۱۱	۶۸±۱۲	۰/۶۵

*اختلاف معنی‌دار در حد P<۰/۰۵ دیده شد، †داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشند. ‡ اختلاف معنی‌دار در حد P<۰/۰۱ 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 دوچرخه‌سوارای 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.

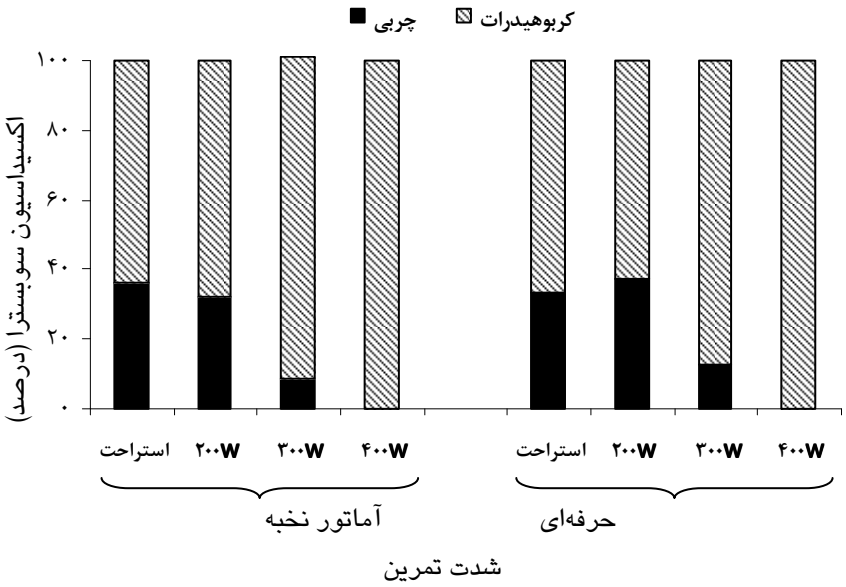
جدول ۲ – مقایسه‌ی میزان RER، اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات در چهار حالت بین دو گروه دوچرخه‌سوار حرفه‌ای و آماتور

	دوچرخه‌سواران حرفه‌ای	دوچرخه‌سواران آماتور	مقدار P*
RER §			
استراحت	۰/۹۱±۰/۰۹†	۰/۹۰±۰/۱۱	ns‡
۲۰۰ (وات)	۰/۸۹±۰/۰۴	۰/۹۰±۰/۰۷	ns
۳۰۰ (وات)	۰/۹۶±۰/۰۴	۰/۹۹±۰/۰۷	۰/۰۱
۴۰۰ (وات)	۱/۴۳±۰/۱۴	۱/۵۲±۰/۲۱	۰/۰۱
میزان اکسیداسیون چربی (دقیقه/گرم)			
استراحت	۰/۰۸±۰/۰۷	۰/۰۹±۰/۰۹	ns
۲۰۰ (وات)	۰/۶۴±۰/۲۹	۰/۵۷±۰/۳۴	ns
۳۰۰ (وات)	۰/۳۲±۰/۳۴	۰/۲۲±۰/۴۶	ns
۴۰۰ (وات)	۰±۰	۰±۰	ns
میزان اکسیداسیون کربوهیدرات (دقیقه/گرم)			
استراحت	۰/۰۹±۰/۰۴	۰/۰۸±۰/۰۵	ns
۲۰۰ (وات)	۰/۵۳±۰/۱۶	۰/۵۶±۰/۲۱	ns
۳۰۰ (وات)	۱/۱۱±۰/۱۹	۱/۲۱±۰/۳۲	ns
۴۰۰ (وات)	۳/۹±۰/۸۲	۴/۲±۱/۰۸	ns
P بین حالت استراحت و شدت‌های مختلف	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

*تفاوت معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ 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.

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]



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

بحث

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. به‌طور 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 ۵۰٪ VO2max 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 معنی‌داری در میزان سوخت و ساز سوبسترا 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 سوبسترا بین حالت استراحت و شدت سبک (۲۵٪ VO2max) مشاهده نکردند.[۱۹] به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی با شدت سبک تاثیر چندانی روی مصرف سوبسترا 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.[۱،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

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]

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 وامانده 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[i] 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 تکیه‌ی بیشتری بر سوخت و ساز هوازی نسبت به گلیکولیز بی‌هوازی دارند، باشد.[۱،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 بی‌تحرک 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.[۱۴] 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

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]

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.[۳۰] 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 سوبسترا 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 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 می شد 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.[۱،۷] با مقایسه یافته‌های این پژوهش با چند بررسی انجام شده روی ورزشکاران غیر نخبه[۱۳،۲۱] 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.

References

1. 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.
2. Mujika I, Padilla S. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. Sports Med 2001; 31: 479-87.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
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.
7. 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.
8. Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiology of professional road cycling. Sports Med 2001; 31: 325-37.
9. Coggan A, Raguso C, Gastaldelli A, Sidossis L, Yeckel C. Fat metabolism during high-intensity exercise in

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]

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. Manettaa J, BrunaJF, 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 regretssion 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.

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]

Original Article

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

Hamedinia M[1], Shabani M[2], Zarei M[1], [3]Medelli J

[1]Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Tarbiat Moallem University of Sabzevar, Sabzevar, Khorasan, [2]Department of Physical Education, Bujnord University, I.R. Iran [3]Department of Exercise Biology and Sport Medicine, University North Hospital, Amins-Nord Place Victor Pauchet, France
e-mail:mrhamedi1350@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±3.6yr) 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

[Downloaded from ijem.sbmu.ac.ir on 2025-07-16]