فیزیولوژی ورزشی شماره ۱۴، تابستان ۱۳۹۱، صص ۹۰-۷۵

تأثیر گرم کردن با دو شدت مختلف بر اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات حین فعالیت فزایندهٔ واماندەساز در بازیکنان تمرین‌کردهٔ فوتبال

وریا طهماسبی[۱]، محمد غلامپور[۲]، زهره ابراهیمی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۴/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۷/۲۰

چکیده

یافتن راه‌کارهایی برای به‌کارگیری منابع انرژی در جهت بهبود عملکرد ورزشکاران یکی از مهم‌ترین اهداف مربیان ورزشی است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر شدت گرم کردن در فوتبالیست‌های تمرین‌کرده بر اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات است. آزمودنی‌های پژوهش را ۱۰ مرد سالم فوتبالیست در سطح باشگاهی (میانگین±انحراف معیار سن ۲±۲۱ سال، قد ۰/۰۴±۱۷۸ سانتی‌متر، وزن ۸/۱۸±۶۸/۸۰ کیلوگرم) تشکیل می‌دادند. آزمودنی‌ها در دو جلسه و به فاصلهٔ ۷۲ ساعت، دو برنامهٔ گرم کردن با شدت ۵۰ و ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه را اجرا کردند و پس از آن در فعالیتی فزاینده تا رسیدن به واماندگی شرکت کردند. ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن تولیدی در طول فعالیت فزایندهٔ هر مرحله از آزمون، اندازه‌گیری و نسبت تبادل تنفسی محاسبه شد. برای مقایسهٔ میزان اکسیداسیون چربی و سایر متغیرهای مکرر در دو نوع فعالیت از آزمون تحلیل واریانس مکرر (۹×۲) استفاده شد. همچنین در مقایسهٔ میانگین سایر متغیرهای دو جلسه از آزمون t همبسته استفاده شد. مقادیر اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات و همچنین هزینهٔ انرژی محاسبه شد. نتایج این تحقیق در کل نشان داد شدت گرم کردن بر میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات، ضربان قلب و نسبت تبادل تنفسی بازیکنان تمرین‌کردهٔ فوتبال طی فعالیت فزاینده تأثیر معنی‌داری ندارد (p>۰/۰۵)، اما انرژی مصرفی کل در فعالیت فزاینده با شدت زیاد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (p<۰/۰۵). بر اساس نتایج تحقیق حاضر توصیه می‌شود فوتبالیست‌ها و نیز ورزشکاران رشته‌هایی که سیستم انرژی مشابه فوتبال دارند برای استفاده بهینه از منابع انرژی و جلوگیری از هدر رفتن منابع انرژی، پیش از رقابت گرم کردن با شدت کمتر را انجام دهند.

کلیدواژه‌های فارسی: حداکثر اکسیژن مصرفی، حداکثر اکسیداسیون چربی، نسبت تبادل تنفسی، انرژی مصرفی.

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش دانشگاه شهید بهشتی(نویسنده مسئول) Email: worya2626@yahoo.com
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
m.53gholampour@yahoo.com
۳. دکترای پزشکی ebrahimi.zmed@yahoo.com

مقدمه

در زمان اجرای فعالیت‌های ورزشی برای ورزشکاران، مربیان و حتی افرادی که تنها برای حفظ سلامتی خود فعالیت می‌کنند، چگونگی ورود به فعالیت ورزشی و نحوهٔ گرم کردن اهمیت زیادی دارد (۱-۴). هرچند توصیه شده است ورزشکاران قبل از شروع جلسهٔ تمرین سنگین یا رقابت، دقایقی را به تمرین‌های مقدماتی یا گرم کردن بپردازند، نتایج برخی پژوهش‌ها باعث شده است در مورد شدت و مدت گرم کردن اتفاق نظر وجود نداشته باشد (۵). شدت تمرین و فعالیت ورزشی همواره از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در تعیین انرژی مورد نیاز و از جمله اکسیداسیون چربی به‌عنوان یکی از منابع مهم انرژی و استفاده از سوبسترای بیشتر برای افزایش عملکرد فرد به شمار می‌رود (۶). محققان نشان داده‌اند افزایش شدت تمرین تا حد مشخص موجب ازدیاد مصرف سوخت چربی و جریان خون عضله می‌شود که متعاقب آن دسترسی عضلات به اسید چرب افزایش می‌یابد (۷، ۸) و از آنجا که گلیکوژن عضله، گلوکز خون، اسیدهای چرب آزاد پلاسما و تری گلیسرید درون عضلانی چهار منبع اصلی انرژی طی ورزش‌اند (۹)، زمانی که شدت فعالیت در رشته‌های ورزشی مختلف همچون فوتبال به مقدار بسیار زیاد افزایش می‌یابد، اکسیداسیون کربوهیدرات به‌طور برجسته‌ای زیاد می‌شود؛ زیرا افزایش روند گلیکولیتیک از انتقال اسیدهای چرب زنجیرهٔ بلند به داخل میتوکندری ممانعت به عمل آورد و در نهایت به کاهش اکسیداسیون اسیدهای چرب منجر می‌شود (۱۰)؛ بنابراین یکی از عوامل مهمی که به ورزشکار امکان می‌دهد در پست‌های مختلف فوتبال توانمندی‌های مطلوبی داشته باشد، چگونگی گرم کردن یا شدت مناسبی از گرم کردن برای ورود به مسابقه است تا به‌صورت صحیح از منابع انرژی در زمان‌های مختلف بهره‌مند شوند (۱۱، ۱۲). به هر حال بازیکنان پست‌های مختلف فشار کاری متفاوتی دارند، هافبک‌ها بیشترین مسافت (بیشتر از ۱۱- ۱۱/۵ کیلومتر) را در مقایسه با مدافعان و فورواردها می‌دوند، در حالی که این مقدار برای دروازه‌بان‌ها حدود ۴ کیلومتر است؛ بنابراین نیاز آن‌ها به اکسیداسیون چربی نیز متفاوت است (۲). به گزارش فیفا FIFA در جام جهانی نوزدهم ژاوی هرناندز از اسپانیا در هفت بازی ۸۰/۲۰ کیلومتر را در ۶۳۶ دقیقه با سرعت میانگین ۲۲/۰۷ کیلومتر بر ساعت دویده و همچنین ماکسی میلیانو پریرا از اروگوئه در هفت بازی ۷۸/۶۰ کیلومتر را در ۶۶۰ دقیقه با سرعت میانگین ۲۲/۰۲ کیلومتر بر ساعت دویده است. این موضوع به صراحت اهمیت چربی‌ها را به‌عنوان منبع بزرگی از انرژی برای تأمین اسیدهای چرب ضروری، جذب ویتامین‌های محلول در چربی و در نهایت به تأخیر انداختن خستگی و افزایش توان ورزشکار برای ادامهٔ فعالیت و

نیز کالری مناسب برای فعالیت‌های بلند مدت روشن می‌سازد (۱۳).

مطالعات اندکی در مورد اکسیداسیون چربی و کربوهیدارت حین فعالیت وامانده ساز انجام شده است و نشان داده شده که بیشترین میزان اکسیداسیون چربی در آزمون فزاینده روی نوار گردان و نه چرخ کارسنج روی می‌دهد؛ زیرا تودهٔ عضلانی بیشتری را درگیر می‌کند (۱۴، ۱۵). همچنین در مقایسهٔ میزان حداکثر اکسیداسیون چربی طی فعالیت وامانده‌ساز در زنان و مردان محبی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که به‌طور مطلق میزان اکسیداسیون چربی در مردان بیشتر است، اما با اصلاح سطح آمادگی جسمانی به‌طور نسبی زنان میزان اکسیداسیون چربی بیشتری نشان دادند (۱۶). در کل، طی فعالیت وامانده‌ساز با افزایش شدت فعالیت، نوع مادهٔ اولیهٔ سوختی و مصرف آن تغییر می‌کند (۱۷). همچنین سهم نسبی اکسایش کربوهیدرات در تأمین انرژی افزایشی تصاعدی دارد و به تناسب آن سهم نسبی اکسایش چربی در تأمین انرژی مصرفی کاهش می‌یابد، هر چند با افزایش شدت فعالیت از کم به متوسط، میزان مطلق اکسایش چربی افزایش و با بیشتر شدن شدت فعالیت کاهش می‌یابد (۱۸). این روند تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل جنسیت (۱۶)، ویژگی‌های فردی (۱۵)، سطح آمادگی جسمانی (۱۹) و نوع پروتکل به‌کار رفته (۱۴، ۱۵) قرار دارد. علاوه بر شدت، مدت زمان و نوع فعالیت بدنی نیز بر اکسیداسیون چربی مؤثر است. با توجه به عوامل تمرینی به نظر می‌رسد گرم کردن در افزایش اجرای فعالیت ورزشی از طریق پاسخ پویایی اکسیژن مصرفی به تمرین عاملی تأثیرگذار باشد (۲۰). همچنین انجام گرم کردن قبل از شروع فعالیت تمرینی یا رقابت موجب افزایش سرعت سوخت و ساز عضلات افزایش حرارت و تولید CO2 و H^+ بیشتری می‌شود (۲۱). مطالعات نشان داده است در صورتی که سوخت و ساز عضلانی در فعالیت اولیه یا همان گرم کردن ابتدایی تمرین یا رقابت کمتر از حدی باشد که نتواند دما و میزان PH عضلانی را تغییر دهد، پویایی اکسیژن مصرفی تحت تأثیر قرار نخواهد گرفت (۲۰) و این خود می‌تواند عاملی برای به‌کارگیری غیراقتصادی منابع سوخت عضلات، به‌خصوص منابع چربی باشد؛ از این رو شدت گرم کردن قبل از فعالیت امکان دارد در تحریک و به‌کارگیری منابع انرژی حین فعالیت اهمیت داشته باشد و موجب افزایش کارآیی فرد در بهره‌گیری از آن منابع در مدت زمان و شدت بیشتر شود. با این حال، اطلاعات کمی دربارهٔ اثر شدت گرم کردن بر اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات و انرژی مصرفی فعالیت‌های فزاینده در دست است، همچنین حداکثر اکسیژن مصرفی برآورد مهمی از میزان توانایی هوازی افراد است؛ به همین دلیل، این پژوهش در نظر دارد تأثیر دو نوع مختلف گرم کردن را بر شاخص‌های اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات، انرژی مصرفی کل، ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و VO2max بازیکنان تمرین‌کردهٔ فوتبال طی

یک فعالیت فزایندهٔ وامانده‌ساز بررسی کند.

روش‌شناسی پژوهش

۱۰ مرد سالم تمرین‌کردهٔ فوتبالیست (میانگین±انحراف معیار سن ۲±۲۱ سال، قد ۰/۰۴±۱۷۸ سانتی‌متر، وزن ۸/۱۸±۶۸/۸۰ کیلوگرم) از باشگاه‌های تهران که به‌طور متوسط سابقهٔ دو سال بازی در تیم‌های ملی پایه را داشته‌اند (جدول ۱) به‌صورت داوطلبانه و با هماهنگی و معرفی مربیان باشگاه‌های مربوط در این پژوهش شرکت داشتند. آزمودنی‌ها پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و آشنا شدن با طرح تحقیق، آمادگی خود را اعلام کردند. آزمودنی‌ها بر اساس محتوای پرسشنامه‌ای که تکمیل کردند، طی دو سال گذشته به‌طور متوسط ۳- ۵ جلسه در هفته تمرینات منظم و سابقهٔ حضور در تیم‌های ملی نونهالان، نوجوانان و یا جوانان داشتند. همچنین هنگام شرکت در تحقیق حاضر در مرحلهٔ پس از رقابت‌های فصل قرار داشتند و از آخرین رقابت آن‌ها یک هفته سپری شده بود. از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲۴ ساعت قبل از روز آزمون از فعالیت بدنی شدید اجتناب کنند و مصرف غذاهای روزانه و همیشگی را اعمال نمایند. همچنین در صورت مصرف کافئین یا مکمل، از مصرف آن‌ها ۴۸ ساعت قبل از آزمون اجتناب ورزند. آزمون برای همه افراد از ساعت ۹ تا ۱۲ در سالن سنجش آکادمی ملی المپیک و با درجه حرارت ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد پس از ۸- ۱۰ ساعت حالت ناشتا برگزار شد. قد و وزن افراد اندازه‌گیری شد و درصد چربی بدن نیز با استفاده از روش مقاومت بیوالکتریکی (Inbody، مدل 3/0، ساخت کره) رأس ساعت ۸ صبح در حالت ناشتا برآورد گردید. آزمودنی‌ها، در دو جلسه و به فاصلهٔ ۷۲ ساعت، دو برنامه گرم کردن با شدت ۵۰ و ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه (سن- ۲۲۰) را اجرا کردند و پس از آن در فعالیتی فزاینده روی نوار گردان تا رسیدن به واماندگی شرکت کردند (۲۲).

جدول ۱. میانگین±انحراف معیار داده‌های BMI، WHR، درصد چربی و VO2max

متغیر	میانگین±انحراف معیار
BMI (kg/m^2)	۲/۰۵±۲۱/۶۵
WHR	۰/۰۸±۰/۸۶
درصد چربی (٪)	۳/۱۸±۱۴/۴۸

پروتکل گرم کردن

جلسهٔ اول- در جلسهٔ اول، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه (سن-۲۲۰) روی نوار گردان شروع به دویدن کردند (۲۳) و پس از آن ۱۰ دقیقه حرکات کششی و پیاده‌روی آرام را انجام دادند (۲۴). حرکات کششی شامل کشش عضلات اصلی اندام تحتانی، تنه و اندام فوقانی بود که هر حرکت شامل ۳۰ ثانیه کشش به‌صورت ایستا بود و در بین هر حرکت پیاده‌روی سریع انجام شد. پس از گرم کردن با قرار گرفتن روی نوار گردان فعالیت فزاینده تا رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی را اجرا کردند.

جلسهٔ دوم- در جلسهٔ دوم، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه و با ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه (سن-۲۲۰) روی نوار گردان شروع به دویدن کردند (۲۳) و پس از ۱۰ دقیقه حرکات کششی و پیاده‌روی نرم را مشابه جلسه اول انجام دادند. سپس، با قرار گرفتن روی نوار گردان فعالیت فزاینده تا رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی را اجرا کردند. هنگام فعالیت فزاینده، حجم اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن دفعی به‌صورت نفس به نفس و توسط دستگاه تجزیهٔ گازهای تنفسی (مدلQuark b2 ساخت شرکت Cosmed از ایتالیا) اندازه‌گیری شد.

آزمون فزاینده

تمامی آزمودنی‌ها در دو جلسهٔ مجزا برای اجرای پروتکل فزاینده به آزمایشگاه مراجعه نمودند. در هر یک از این جلسات، پس از انجام فعالیت‌های دینامیک و استاتیک گرم کردن که در بالا به آن اشاره شد، روی نوار گردان رفتند و به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت راه رفتند. پس از آن، با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت شروع به دویدن کردند و هر دقیقه یک کیلومتر در ساعت به سرعت دستگاه افزوده شد (۲۵) تا وقتی که فرد به خستگی ارادی رسید. در سرتاسر آزمون گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه گازآنالیزر (مدل Quark b2 ساخت شرکت Cosmed از ایتالیا) تجزیه شد و ضربان قلب به‌طور پیوسته با استفاده از ضربان سنج دیجیتالی ثبت شد. آزمودنی به‌طور شفاهی تشویق می‌شد تا آزمون را تا حد ممکن ادامه دهد. آزمودنی‌ها میزان درک از تلاش[1] خود را هر ۲ دقیقه بر اساس معیار ۶-۲۰ نمره‌ای درک از فشار بورگ بیان می‌نمودند. حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از برآورد دست‌کم سه مورد از معیارهای فیزیولوژیکی انجمن بریتانیایی علوم ورزش و فعالیت بدنی[2] تأیید شد که شامل: نسبت تبادل تنفسی بالاتر از ۱/۱۵، رسیدن به فلات اکسیژن مصرفی با افزایش میزان بار، ضربان قلب در سطح حداکثر میزان پیش‌بینی شده بر اساس فرمول (سن-۲۲۰=حداکثر ضربان

1.Rate of Perceived Exertion
2.British Association of *Sport* and Exercise *Sciences*

قلب) و درک از تلاش ۲۰ (۲۵) بود.

میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات با استفاده از معادلات عنصر سنجی (فرمول۱،۲) از VO_2 و VCO_2 اندازه‌گیری شده توسط دستگاه گاز آنالایزر در ۳۰ ثانیهٔ انتهای هر با افزایش سرعت نوار گردان بر اساس فرمول محاسبهٔ اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات محاسبه شد (۲۶).

فرمول۱: میزان اکسایش چربی $_{(g/min)}$ = $1.67\times VO_{2(L/min)} - 1.67\times VCO_{2(L/min)} - 0.307\times POX$

فرمول۲: میزان اکسایش کربوهیدرات $_{(g/min)}$ = $4.55\times VCO_{2(L/min)} - 3.21\times VO_{2(L/min)} - 0.459\times POX$

در این فرمول POX، میزان اکسیداسیون پروتئین[1] است که با فرض اینکه اکسیداسیون پروتئین حداکثر ۱۲٪ از انرژی مصرفی حالت استراحت است با استفاده از فرمول ۳ برآورد گردید (۲۷).

فرمول۳: میزان اکسیداسیون پروتئین $_{(g/min)}$ = [انرژی مصرفی $_{(kJ/min)}\times 0.12]/16.74_{(kJ/g)}$]

پس از برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی در آزمون فزاینده شدت‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۸۰ و ۹۰ در صد بر اساس آن محاسبه شد و در این شدت‌ها نهایتاً میانگین اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات، انرژی مصرفی و ضربان قلب محاسبه شد. سپس، با ترسیم نمودار اکسایش چربی-شدت فعالیت (براساس VO_2 و HR) در هر فرد شاخص‌های Fat_{max} (شدتی از فعالیت است که بیشترین اکسایش چربی روی می‌دهد) تعیین گردید.

برای تعیین نرمال بودن توزیع متغیرهای موجود در مطالعه از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسهٔ میزان اکسیداسیون چربی و سایر متغیرها در دو نوع فعالیت و همچنین تأثیر شدت تمرین بر اکسیداسیون چربی از آزمون تحلیل واریانس دو طرفه با اندازه‌گیری مکرر (۹×۲) استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر دو شدت از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. همچنین، در مقایسهٔ حداکثر اکسیژن مصرفی، حداکثر میزان اکسیداسیون چربی، میزان اکسیژن مصرفی در Fatmax و ضربان قلب در Fatmax در دو جلسه فعالیت و نیز انرژی مصرفی هر جلسه تا رسیدن به VO2max و زمان رسیدن به VO2max در دو نوع فعالیت ورزشی از آزمون تی همبسته استفاده شد. تمام آزمون‌های آماری توسط نرم افزار SPSS (نسخهٔ ۱۶) انجام شده و سطح معنی‌داری آزمون‌ها $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

1. Protein Oxidation Rate

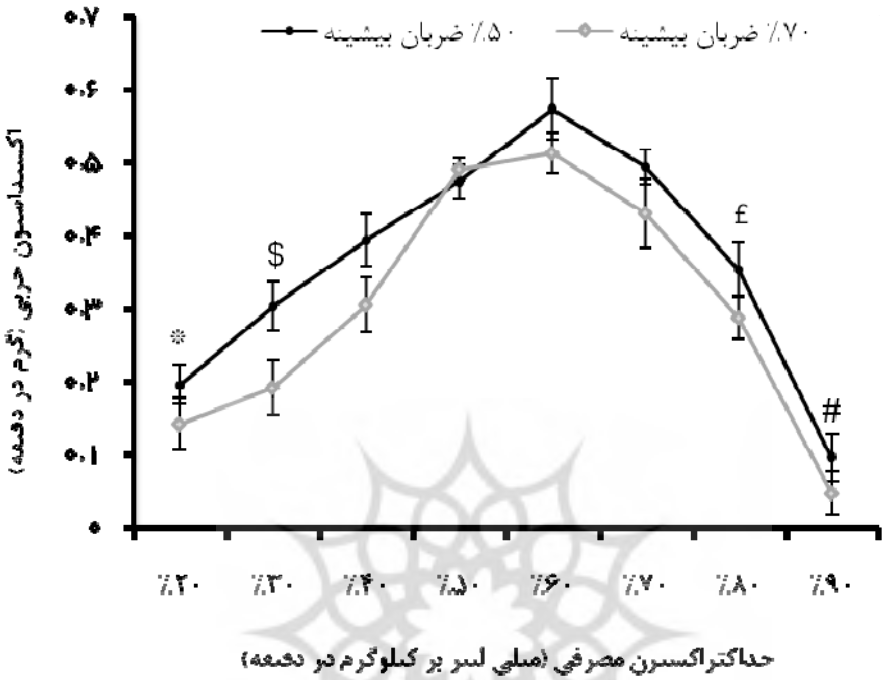
یافته‌های پژوهش

داده‌های BMI، WHR و درصد چربی به‌صورت میانگین±انحراف معیار در جدول ۱ آمده شده است. نتایج آزمون تی وابسته نشان داد حداکثر اکسیژن مصرفی، حداکثر میزان اکسیداسیون چربی، میزان اکسیژن مصرفی در Fatmax، ضربان قلب در Fatmax و زمان رسیدن به VO2max در دو جلسه فعالیت تفاوت معنی‌داری ندارد و تنها میزان انرژی مصرفی هر جلسه تا رسیدن به VO2max تفاوت معناداری را نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین ± انحراف معیار Vo2max، Fatmax و اکسیژن مصرفی در Fatmax، HR، زمان رسیدن به Vo2max و انرژی مصرفی کل و همچنین نتایج آزمون آماری تی همبسته مقایسهٔ این فاکتورها در دو جلسه

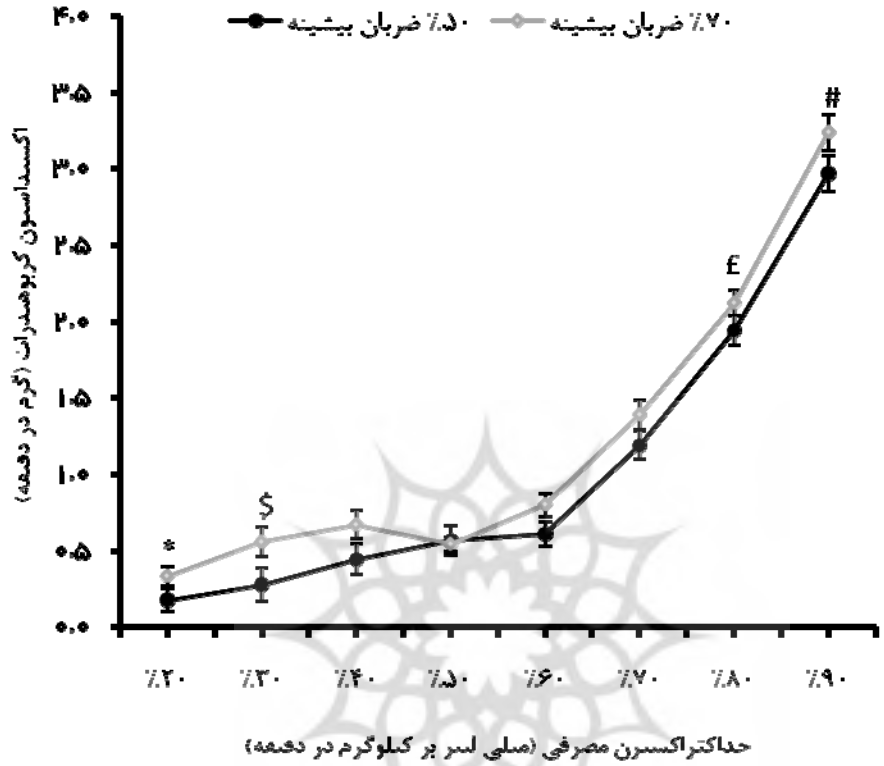
نتایج / متغیر	گرم کردن با ۵۰٪ ضربان قلب بیشینه	گرم کردن با ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه	آزمون تی وابسته	درجهٔ آزادی	میزان P
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	۴۵/۸۱(±۳/۸۵)	۴۶/۱۳(±۳/۸)	-۰/۷۱۶	۹	۰/۴۹۲
حداکثر میزان اکسیداسیون چربی (گرم در دقیقه)	۰/۶۱(±۰/۰۱)	۰/۵۴(±۰/۱۲)	۱/۰۰۲	۹	۰/۳۴۲
میزان اکسیژن مصرفی در Fatmax (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	۲۷/۰۹(±۳/۸۷)	۲۸/۴۷(±۵/۶۶)	-۰/۸۳۹	۹	۰/۴۲۳
ضربان قلب در Fatmax (ضربه در دقیقه)	۱۳۸/۲۶(±۵/۶۲)	۱۳۵/۹۱(±۱۷/۳۱)	۰/۵۳۴	۹	۰/۶۰۶
زمان رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی (دقیقه)	۱۳/۳۰(±۱/۲۲)	۱۴/۱۲(±۲/۷۲)	-۰/۹۷۸	۹	۰/۳۵۴
انرژی مصرفی کل (کیلو کالری)	۱۲۶/۶۰(±۱۲/۸۱)	۱۴۳/۶۹*(±۱۵/۲۸)	۱/۹۳	۹	۰/۰۴۳
*p<0.05					

آنالیز آماری داده‌ها نشان داد به‌طور کلی تغییرات اکسیداسیون چربی دو جلسه فعالیت فزاینده اختلاف معنی‌داری ندارند ($F_{1,9}$=۱/۰۱, P=۰/۳۴۰). همچنین صرف‌نظر از دو جلسه فعالیت فزاینده، زمان (شدت‌های مختلف) به‌طور معنی‌داری عاملی تأثیرگذار بود (۰/۰۰۱> , P۲/۱۶=$F_{2/62,23/65}$). با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی (نمودار۱) مشاهده شد بین شدت‌های مختلف در اکسیداسیون چربی بدون در نظر گرفتن جلسات در شدت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). با وجود این، تعامل معنی‌داری بین زمان و جلسات فزاینده بر اکسیداسیون چربی مشاهده نشد ($F_{2/41,21/73}$=۰/۵۸, P=۰/۶۰).



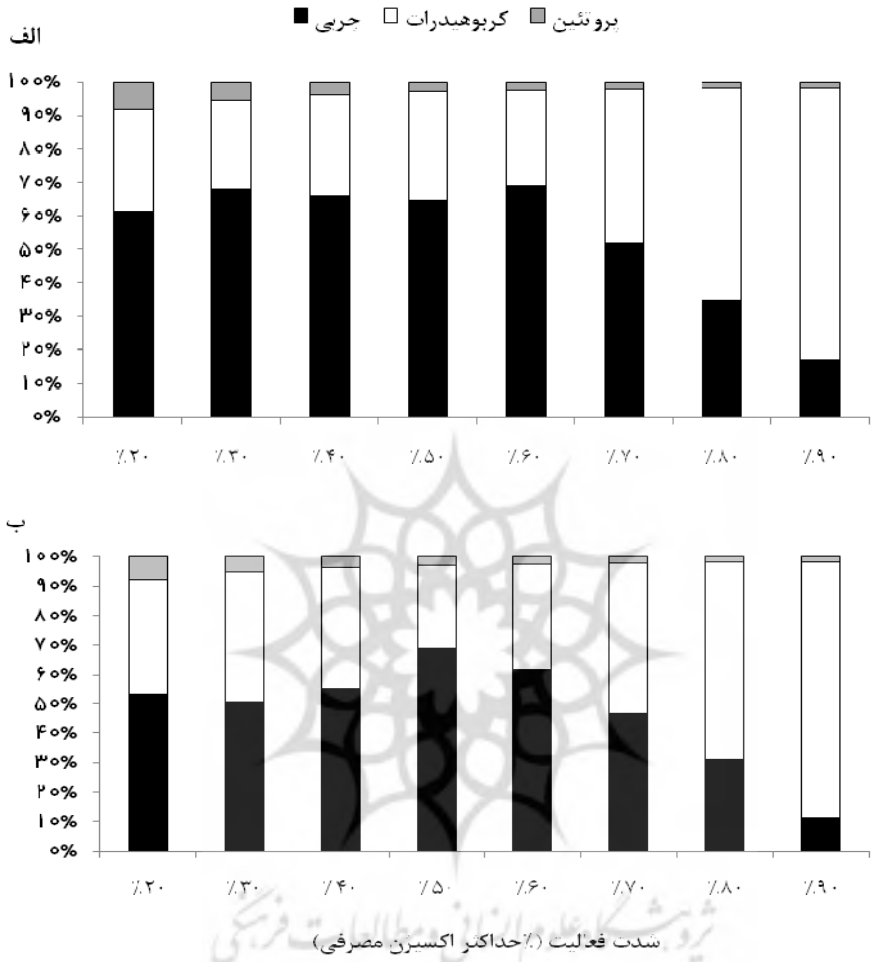
نمودار۱. اکسیداسیون چربی در شدت‌های مختلف دو جلسه گرم کردن با ۵۰ و ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه. * نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۲۰٪ با ۳۰٪، ۴۰٪، ۵۰٪، ۶۰٪ و ۷۰٪ بدون در نظر گرفتن جلسات، $ نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۳۰٪ با ۴۰٪، ۵۰٪، ۶۰٪ و ۷۰٪ بدون در نظر گرفتن جلسات، £ نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۹۰٪ با ۴۰٪، ۵۰٪، ۶۰٪، ۷۰٪ و ۸۰٪ بدون در نظر گرفتن جلسات، # نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۸۰٪ با ۶۰٪، ۷۰٪ و ۹۰٪ بدون در نظر گرفتن جلسات.

در خصوص تغییرات اکسیداسیون کربوهیدرات نتایج نشان داد به‌طور کلی دو جلسه فعالیت فزاینده اختلاف معنی‌داری ندارند ($F_{1,9}$=۱/۱۱, P=۰/۳۱۹). همچنین صرف‌نظر از دو جلسه فعالیت فزاینده، زمان به‌طور معنی‌داری عاملی تأثیرگذاری بود ($F_{1/8,16/2}$=۱۲۲/۲۰, P<۰/۰۰۱). با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی (نمودار ۲) مشاهده شد بین شدت‌های مختلف در اکسیداسیون کربوهیدرات بدون در نظر گرفتن جلسات در شدت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). با وجود این، بین زمان و جلسات برای اکسیداسیون چربی تعامل معنی‌داری مشاهده نشد ($F_{2/4,21/7}$=۰/۴۹,P =۰/۸۶۲).



نمودار۲. اکسیداسیون کربوهیدرات در شدت‌های مختلف دو جلسه گرم کردن با ۵۰ و ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه. * نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۲۰٪ با ۳۰٪، ۴۰٪، ۷۰٪، ۸۰٪ و ۹۰٪ بدون در نظر گرفتن جلسات، $ نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۳۰٪ با ۷۰٪، ۸۰٪ و ۹۰٪ بدون در نظر گرفتن جلسات، £ نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۸۰٪ با تمامی شدت‌ها بدون در نظر گرفتن جلسات، # نشانگر تفاوت معنی‌دار شدت ۹۰٪ با تمامی شدت‌ها بدون در نظر گرفتن جلسات.

در مورد تغییرات نسبت تبادل تنفسی ($F_{۱/۹۰,۱۷/۱۶}$=۰/۴۶, P=۰/۶۲۸)، انرژی مصرفی ($F_{۸,۷۲}$=۱/۶۹, P=۰/۱۲)، ضربان قلب ($F_{۸,۷۲}$=۱/۵۹, P=۰/۱۴) و درصد به‌کارگیری منابع انرژی (چربی، کربوهیدرات و پروتئین) نیز نتایج آماری تعامل معنی‌داری بین زمان و جلسات نشان نداد (نمودار ۳).



نمودار ۳. در صد به‌کارگیری منابع انرژی در شدت‌های مختلف حداکثر اکسیژن مصرفی در دو جلسه گرم کردن با الف) ۵۰ و ب) ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد شدت گرم کردن بر میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات بازیکنان تمرین‌کردهٔ فوتبال طی فعالیت فزاینده تأثیر معنی‌داری ندارد ($p<۰/۰۵$). تاکنون تحقیقی که تأثیر شدت گرم کردن را بر متابولیسم چربی و کربوهیدرات طی فعالیت فزاینده بررسی کند، انجام نشده است در تحقیق رضایی نژاد و همکاران (۱۳۸۹) مشاهده شد فعالیت

گرم کردن با شدت متوسط پویایی اکسیژن مصرفی بهتر بوده و کاهش بیشتر زمانی اکسیژن مصرفی طی تمرین زیر بیشینه نشان داده شد (۲۰)، اما در مورد اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات طی فعالیت فزاینده تحقیقات زیادی انجام شده است. در خصوص شدت فعالیت بدنی و اکسیداسیون چربی نشان داده شده است که شدت فعالیت بدنی اصلی‌ترین فاکتور در تعیین میزان اکسیداسیون چربی حین تمرین است و شدت فعالیت موجب به‌کارگیری منابع مختلف چربی برای تأمین انرژی می‌شود و بیشترین میزان استفاده از چربی در شدت ۵۰-۷۰٪ Vo2max گزارش شده است (۲۸). بروس و همکاران (۱۹۷۵) در بررسی تأثیر گرم کردن بر پاسخ‌های متابولیکی به فعالیت شدید نشان دادند افرادی که پیش از فعالیت، گرم کردن را انجام دادند در مقایسه با افرادی که گرم نکرده بودند ضربان قلب و اکسیژن مصرفی بیشتری داشتند. همچنین، میزان تولید لاکتات در آن‌ها ۲۵٪ کمتر و دمای عضلات آن‌ها بیشتر بوده است. در مجموع، افرادی که گرم کرده بودند، در مقایسه با آن‌ها که گرم نکرده بودند پاسخ‌های متابولیکی بهتری داشتند (۲۹). همچنین در خصوص تأثیر نوع گرم کردن بر عملکرد غیرهوازی ورزشکاران نوجوان تفاوت معنی‌داری بین تأثیر سه نوع گرم کردن بر برخی قابلیت‌های غیرهوازی یافت نشده است (۳۰). در تحقیق حاضر هر چند که میزان به‌کارگیری منابع چربی در هنگام گرم کردن با شدت ۵۰٪ ضربان بیشینه بیشتر بود، عدم تفاوت معنی‌دار دو جلسه احتمالاً به این دلیل بوده است که حداکثر اکسیداسیون چربی تقریباً در دامنهٔ گسترده‌ای (۵۰-۷۰٪) قرار می‌گیرد و نیز ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها که با خود مقایسه شده‌اند؛ از این رو نوع گرم کردن در تحقیق حاضر به میزان اندکی موجب جابه‌جایی اکسیداسیون چربی شده و نتوانسته تغییر معنی‌داری ایجاد کند. همچنین، کنترل نشدن برنامهٔ غذایی آزمودنی‌ها در روز قبل از آزمون فزاینده و فاصلهٔ بین دو آزمون فزاینده و نیز تعداد کم آن‌ها احتمالاً از عوامل تأثیرگذار بر عدم معنی‌داری نتایج است. با توجه به اینکه در افرادی که به‌طور منظم فعالیت بدنی دارند، حالت پایداری در استفاده از منابع چربی و کربوهیدرات بیشتر است، همین عامل موجب تفاوت عملکردی عمده‌ای در آن‌ها در مقایسه با افراد تمرین‌نکرده می‌شود (۱۹) به نظر می‌رسد نوع گرم کردن در افراد تمرین‌نکرده تأثیر بیشتری بر متابولیسم چربی و کربوهیدرات داشته باشد. در مورد متابولیسم کربوهیدرات نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده و با توجه به تغییرات اکسیداسیون چربی این عدم معنی‌داری در خصوص اکسیداسیون کربوهیدرات منطقی به نظر می‌رسد؛ زیرا با افزایش شدت فعالیت و تغییرات یکسان اکسیداسیون چربی پس از هر دو نوع گرم کردن، بدن درصدد استفاده از منابع عمدتاً گلیکوژن برمی‌آید و با کاهش اکسیداسیون چربی، به همان نسبت اکسیداسیون کربوهیدرات شروع می‌شود. دلیل کاهش

اکسیداسیون چربی نیز طی ورزش فزاینده و شدید، پدیده‌ای شناخته‌شده است. کنترل اکسیداسیون چربی می‌تواند در سطوح مختلف رخ می‌دهد و انتقال با واسطهٔ کارنیتین از ماتریسک میتوکندری محل پذیرفته شده کنترل اکسیداسیون چربی است (۳۱)، اما ساهلین و همکاران (۲۰۰۸) اشاره کردند که اکسیداسیون چربی نیز در مراحل اولیهٔ کاتابولیسم و زنجیرهٔ انتقال الکترون کنترل می‌شود (۳۱). از سویی، عدم تفاوت معنی‌دار در ضربان قلب و نسبت تبادل تنفسی (RER) نشان‌دهندهٔ بی‌تأثیر بودن شدت گرم کردن در تحقیق حاضر بر واکنش متابولیکی افراد به اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات طی پروتکل فزاینده است.

در تحقیقات قبلی در مورد تأثیر گرم کردن بر پاسخ‌های متابولیکی در فعالیت‌های شدید عمدتاً گروه‌های آزمودنی در گروه‌هایی گرم‌کرده و گرم‌نکرده مقایسه شده‌اند (۵، ۲۳، ۲۹، ۳۲)، اما در تحقیق حاضر دو نوع پروتکل گرم کردن ترکیبیِ استاتیک و دینامیک با شدت‌های مختلف در فعالیت دینامیک استفاده شده است که از این جنبه جدید بوده، اما به نظر می‌رسد شدت‌های بالای گرم کردن با گرم کردن معمولی از نظر میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات تفاوت چندانی ندارند و تنها موجب افزایش انرژی مصرفی در رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی شده است. سازوکار احتمالی انرژی مصرفی بیشتر برای رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی در شدت گرم کردن ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه، نحوهٔ به‌کارگیری منابع انرژی و اولویت به‌کارگیری آن‌هاست. از سویی، کربوهیدرات بدن محدود است و بیشتر به شکل چربی ذخیره شده است؛ از این رو افزایش اکسیداسیون چربی حین فعالیت موجب به تأخیر افتادن استفاده از منابع کربوهیدرات می‌شود و بدن در پاسخ به فعالیت، مدت بیشتری دوام می‌آورد، اما نوع گرم کردن در تحقیق حاضر نتوانسته موجب استفادهٔ بیشتر بدن از منابع چربی شود و به تأخیر در استفاده بدن از منابع کربوهیدرات منجر شود. برای رسیدن به این قابلیت به نظر می‌رسد برنامهٔ تمرینی چندماهه‌ای نیاز است و به نظر می‌رسد به‌دلیل اینکه آزمودنی‌های تحقیق حاضر در مرحلهٔ خارج از فصل مسابقات بودند؛ اثرات تمرینی و نیز فشارهای ناشی از دورهٔ رقابت که حتی موجب کم بودن حداکثر اکسیژن مصرفی آن‌ها شده در نتایج تحقیق حاضر مؤثر بوده باشد؛ زیرا در تحقیقات اشاره شده است که افزایش اکسیداسیون چربی در نتیجهٔ برنامهٔ تمرینی سبب می‌شود حین فعالیت ورزشی، از گلیکوژن عضله کمتر ب عنوان سوخت استفاده شود و به‌دنبال آن عملکرد استقامتی بهبود یابد (۶، ۳۱). تحقیقات نشان داده که در هر فعالیت استقامتی معین، افزایش سهم چربی یا افزایش اکسیداسیون FFA در تولید انرژی به کاهش مصرف و اکسیداسیون گلوکز منجر می‌شود که سوخت نهایی متابولیسم کربوهیدرات است و پیامد آن افزایش عملکرد استقامتی و تأخیر در بروز خستگی هنگام این

نمونه فعالیت‌هاست (۶)؛ از این رو طراحی تمریناتی برای استفادهٔ بهینه از منابع انرژی در رشته‌های ورزشی که استقامت هوازی در آن‌ها اهمیت زیادی دارد و بیش از چند ساعت به طول می‌انجامد، احتمال می‌رود قابلیت‌های ورزشکاران را در رقابت‌ها بهبود ببخشد. بر خلاف ذخایر محدود کربوهیدرات بدن، منابع چربی بدن، نامحدود است و به‌عنوان منبع پایان‌ناپذیر سوخت هنگام فعالیت ورزشی به‌شمار می‌روند (۳۳).

در مجموع، با توجه به اینکه احتمال دارد گرم کردن در شدت‌های زیاد موجب به هدر رفتن منابع انرژی و خستگی شود (۳۴) و نیز بر اساس نتایج تحقیق حاضر که نشان داد نوع گرم کردن بر پاسخ بدن در به‌کارگیری منابع چربی و کربوهیدرات تأثیر معنی‌داری ندارد و علاوه بر آن در گرم کردن با شدت ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه در تحقیق حاضر به‌طور معنی‌داری انرژی مصرفی بیشتری مورد نیاز است، توصیه می‌شود افراد ورزشکار فوتبالیست و نیز ورزشکاران رشته‌هایی که منابع انرژی مشابه فوتبال دارند، گرم کردن با شدت کم را انجام دهند. همچنین به‌نظر می‌رسد انجام مطالعات بیشتر برای مقایسهٔ انواع مختلف برنامه‌های گرم کردن فعلی که در سطوح مختلف باشگاهی و حتی ملی انجام می‌شود، بر میزان به‌کارگیری منابع انرژی حین فعالیت، در رشته‌های مختلف ورزشی برای ارائهٔ راه‌کارهای مناسب و علمی‌تر در برنامه‌های گرم کردن ورزشکاران رشته‌های مختلف مورد نیاز است.

منابع:

1. Ekstrand J, Gillquist J, Liljedahl SO. (1983). Prevention of soccer injuries. The American Journal of Sports Medicine.11(3):116.
2. WISLØFF U, Helgerud J, Hoff J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. Medicine & science in sports & exercise.30(3):462.
3. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.13(4):244-50.
4. Dvorak J, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Peterson L, Rösch D, et al. (2000). Risk factor analysis for injuries in football players. The American Journal of Sports Medicine.28(suppl 5):S-69.
5. Stewart I, Sleivert G. (1998). The effect of warm-up intensity on range of motion and anaerobic performance. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy.27(2):154.
6. Romijn J, Coyle E, Sidossis L, Gastaldelli A, Horowitz J, Endert E, et al. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. American Journal of Physiology-Endocrinology

And Metabolism.265(3):E380.

7. Tremblay A, Simoneau JA, Bouchard C. (1994). Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. Metabolism.43(7):814-8.
8. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE. (2005). Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. Journal of applied physiology.98(1):160.
9. Achten J, Venables MC, Jeukendrup AE. (2003). Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities* 1. Metabolism.52(6):747-52.
10. Hawley J, Dennis S, Noakes T. (1994). Carbohydrate, fluid, and electrolyte requirements of the soccer player: a review. International journal of sport nutrition.4(3):221.
11. Abt G, Zhou S, Weatherby R. (1998). The effect of a high-carbohydrate diet on the skill performance of midfield soccer players after intermittent treadmill exercise. Journal of Science and Medicine in Sport.1(4):203-12.
12. Chamari K, Hachana Y, Ahmed Y, Galy O, Sghaier F, Chatard J, et al. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. British journal of sports medicine.38(2):191.
13. Broeder C, Brenner M, Hofman Z, Paijmans I, Thomas E, Wilmore J. (1991). The metabolic consequences of low and moderate intensity execise with or without feeding in lean and borderline obese males. International journal of obesity.15(2):95-104.

۱۴.حمید محبی, رحمانی نیا فرهاد, شادمهری سعیده. (۱۳۸۸). اثر نوع فعالیت ورزشی بر میزان اکسیداسیون چربی، MOF و Fatmax در زنان جوان. المپیک. (۴۷): ۱۴۷-۱۳۹.

۱۵.زارعی مهدی, حامدی نیا محمدرضا, حاجی نیا مرتضی, احمدی محسن محمدی نیا, شهرکی محمد جابری. (۱۳۸۹). اکسیداسیون چربی و مصرف انرژی در شدت‌های مختلف دو نوع فعالیت دویدن و دوچرخه سواری در پسران نوجوان چاق. غدد درون ریز و متابولیسم ایران. (۳): ۲۸۳-۲۹۳.

۱۶.محبی حمید, دمیرچی ارسلان, روحانی هادی, شادمهری سعیده. (۱۳۸۹). مقایسه حداکثر اکسیداسیون چربی (MOF) در دانشجویان زن و مرد غیر ورزشکار. المپیک.(۵۰): ۴۳-۵۲.

17. Brooks GA. (1998). Mammalian fuel utilization during sustained exercise. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology.120(1):89-107.
18. Jones N, Heigenhauser G, Kuksis A, Matsos C, Sutton J, Toews C. (1980). Fat

metabolism in heavy exercise. Clinical Science.59(6):469-78.

۱۹.حامدی نیا محمد رضا, شبانی محمد, زارعی مهدی, میدللی جان. (۱۳۹۰). اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات طی یک فعالیت ورزشی فزاینده وامانده ساز در دوچرخه سواران حرفه ای و آماتور نخبه. غدد درون ریز و متابولیسم ایران.۹۰:۱-۷.

۲۰.رضایی نژاد نجمه, نظرعلی پروانه, رجبی حمید. (۱۳۸۹). تأثیر شدت گرم کردن بر پویایی اکسیژن مصرفی فعالیت زیر بیشینه در زنان تیم ملی فوتسال. پژوهش در علوم ورزشی.۲۶(بهار):۱۴۵-۵۸.

21. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams C, Doust JH. (2000). Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. Journal of Applied Physiology.89(5):1744-52.

22. McConnell T, Clark B. (1988). Treadmill protocols for determination of maximum oxygen uptake in runners. British journal of sports medicine.22(1):3.

23. HAJOGLOU A, FOSTER C, DE KONING JOSJ, LUCIA A, KERNOZEK TW, PORCARI JP. (2005). Effect of warm-up on cycle time trial performance. Medicine & science in sports & exercise.37(9):1608.

24. Little T, Williams AG. (2006). Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high speed motor capacities in professional soccer players. Journal of strength and conditioning research.20(1):203-7.

25. Davies B, Daggett A, Jakeman P, Mulhall J. (1984). Maximum oxygen uptake utilising different treadmill protocols. British journal of sports medicine.18(2):74.

26. Lazzer S, Lafortuna C, Busti C, Galli R, Tinozzi T, Agosti F, et al. (2010). Fat oxidation rate during and after a low- or high-intensity exercise in severely obese Caucasian adolescents. Eur J Appl Physiol.108(2):383-91.

27. Frayn K. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. Journal of applied physiology.55(2):628.

28. Jeukendrup A, Saris W, Wagenmakers A. (1998). Fat metabolism during exercise: A review-Part II: Regulation of metabolism and the effects of training. International journal of sports medicine.19:293-302.

29. Martin BJ, ROBINSON S, WIEGMAN DL, AULICK LH. (1975). Effect of warm-up on metabolic responses to strenuous exercise. Medicine & science in sports & exercise.7(2):146.

30. Faigenbaum AD, Bellucci M, Bernieri A, Bakker B, Hoorens K. (2005). Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. The Journal of Strength & Conditioning Research.19(2):376.

31. Sahlin K, Sallstedt E, Bishop D, Tonkonogi M. (2008). Turning down lipid oxidation during heavy exercise--what is the mechanism. J Physiol Pharmacol.59(Suppl 7):19-30.

32. Gelen E. (2010). Acute Effects of Different Warm-Up Methods on Sprint, Slalom Dribbling, and Penalty Kick Performance in Soccer Players. The Journal of Strength & Conditioning Research.24(4):950.

33. Jeukendrup A, Saris W, Wagenmakers A. (1998). Fat metabolism during exercise: a review. Int J Sport Med.19:371-9.

34. Woods K, Bishop P, Jones E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. Sports Medicine.37(12):1089-99.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی