Sport and Biomotor Sciences
ورزش و علوم زیست حرکتی

مقایسه پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال در بازیکنان بسکتبال زن

الهام شهاب‌پور[1]، حمید آقاعلی‌نژاد[2] *

۱- دکتری بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

۲- دانشیار فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

* نشانی نویسنده مسئول: تهران، گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، حمید آقاعلی‌نژاد.

Email: halinejad@modares.ac.ir

وصول:۱۳۹۷/۱۲/۱۷ اصلاح: ۱۳۹۸/۳/۲۳ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۶

چکیده

مقدمه و هدف: پویایی اکسیژن پس از تمرین به عنوان شاخص مهم آمادگی و سلامت قلب و عروق محسوب می‌شود. هدف از این تحقیق، مقایسه پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال در بازیکنان بسکتبال زن می‌باشد.

روش‌شناسی: در این پژوهش ۷ بازیکن بسکتبال زن انتخاب و در ۳ جلسه جداگانه با فاصله ٤٨ ساعت در این آزمون شرکت کردند. جلسه اول شامل پروتکل ورزش فزاینده جهت تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی و جلسه دوم شامل پروتکل فعالیت بیشینه پیوسته بالک و ویر (۱۹۵۹) تا سرحد واماندگی و جلسه سوم شامل پروتکل فعالیت بیشینه اینتروال با وهله‌های ۱ دقیقه دویدن روی نوارگردان با شدت ۱۲۰ درصد Vvo_{2max} و ۲ دقیقه استراحت تا رسیدن به سرحد واماندگی اجرا شد. به منظور ارزیابی متغیرهای پژوهش، تغییرات گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه گازآنالیزر در تمام طول مدت فعالیت و ۱۰ دقیقه از دوره ریکاوری ثبت شد.

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال در نصف زمان ریکاوری اکسیژن (P =۰/۳۳۰) و نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن (P =۰/۸۲۱) و کل اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری (P =۰/۷٦۰) تفاوت معناداری مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به تحلیل داده‌ها مشخص می‌شود که روند تغییرات اکسیژن مصرفی در دوره ریکاوری پس از این دو نوع فعالیت ورزشی مشابه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پویایی اکسیژن ریکاوری، نصف زمان ریکاوری اکسیژن، نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن، کل اکسیژن مصرفی ریکاوری، فعالیت بیشینه پیوسته، فعالیت بیشینه اینتروال.

مقدمه

پویایی اکسیژن پس از تمرین[1] به عنوان یک شاخص مهم پیش‌گویی‌کننده آمادگی بدنی و سلامتی قلب و عروق می‌باشد (۱). هرچند به میزان کمی در پاسخ به پروتکل‌های ورزشی مختلف در ورزشکاران بررسی شده است. سازگاری‌های فیزیولوژیکی به تمرین با مطالعه پویایی اکسیژن مصرفی و ضربان قلب در طول و پس از تمرین می‌تواند به بررسی کیفی تمرینات کمک کند (۱-٤). پس از یک جلسه فعالیت حاد، اکسیژن مصرفی بلافاصله به سطوح استراحتی باز نمی‌گردد و مصرف انرژی بالاتر از متابولیسم پایه باقی می‌ماند. این تقاضای انرژی اضافی در طول دوره ریکاوری، مصرف اکسیژن اضافی بعد از ورزش (EPOC) نامیده می‌شود، که در تحقیقات اخیر از آن به عنوان پویایی اکسیژن مصرفی ریکاوری تعریف شده است (۵). هنگام ریکاوری انرژی مورد نیاز به علت متوقف شدن ورزش به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. شکی

1. Post Exercise Oxygen Kinetics

نیست که افزایش سوخت‌وساز هوازی در دوره ریکاوری برای بازگرداندن بدن به شرایط پیش از ورزش ضروری است و بیشتر ناشی از رویدادهای سوخت‌وسازی و فیزیولوژیک انجام شده به هنگام ورزش است (٦). اکسیژن مصرفی و ضربان قلب به سرعت پس از تمرین به دلیل کاهش تقاضای عضلات برای اکسیژن و دوباره فعال‌سازی تون واگ کاهش می‌یابد (۷). مطالعات نشان داده‌اند که مدت و مقدار EPOC به طور مستقیم به شدت ورزش وابسته است (۸،۹). هرچند اثرات انواع متفاوت تمرینات ورزشی بر EPOC نیاز به بررسی دارد.

پویایی اکسیژن مصرفی ریکاوری معمولاً در افراد با آمادگی بدنی پایین (۱۰)، افراد مسن (۱۱)، یا افراد با نارسایی مزمن قلبی (۱۲) آهسته‌تر می‌باشد. اختلافات آشکار مابین افراد آماده‌تر، جوان‌تر و سالم‌تر به کارایی سیستم‌های ذخیره‌سازی و رفع اتلاف متابولیکی نسبت داده می‌شود (۱۳).

نبض اکسیژن مقداراکسیژن مصرفی تحویل داده شده با هر ضربان قلب است (۱۰). حداکثر نبض اکسیژن شاخصی است که در کنار دیگر عوامل سنجش عملکرد قلبی عروقی بررسی می‌شود. حداکثر نبض اکسیژن به حجم اکسیژن منتقل شده با خون و دریافت آن به وسیله بافت‌های محیطی (عضلات) طی فعالیت ورزشی بیشینه و زیربیشینه اطلاق می‌شود که با نسبت حداکثر اکسیژن مصرفی به حداکثر ضربان قلب به هنگام اجرای یک فعالیت ویژه محاسبه می‌شود (۵). هم‌چنین میزان تغییر در مصرف اکسیژن (V_{O2}) در طول ورزش یا ریکاوری پس از آن را توصیف کرده و به تغییرات در برون‌ده قلبی و دریافت اکسیژن بافت اشاره دارد (١٤). پویایی اکسیژن ریکاوری به عنوان یک شاخص ظرفیت اکسیداتیو شناخته شده است(۱۵) و مبنایی فیزیولوژیکی را برای ارزیابی اجرای ورزشی فراهم می‌کند (١٦).

جفرسون و همکاران[1] (٢٠١٤) پویایی اکسیژن ریکاوری را مابین تمرینات متفاوت مقاومتی بررسی کردند و مقادیر EPOC بزرگ‌تری را در تمرینات اسکات در مقایسه با تمرینات پرس سینه و تمرینات سه‌سر بازو مشاهده کردند، هرچند در پویایی اکسیژن مصرفی تفاوت معنادار را مشاهده نکردند (۱). تیسدل و همکاران[2] (۲۰۱۳) ارتباط بین عملکرد عروقی و EPOC را بررسی کردند و نشان دادند عملکرد عروقی در ریکاوری بهتر و سریع‌تر می‌تواند نقش بسزایی داشته باشد (۱۷). هم‌چنین آلمیدا و همکاران[3] (۲۰۱۱) پویایی اکسیژن را در جلسات تمرینات هایپرتروفی و استقامت عضلانی مطالعه کردند و تفاوت معنادار را بین دو نوع تمرین مشاهده نکردند(۲). جونز و همکاران[4] (۲۰۰۵) اثر ورزش را بر چگونگی پویایی اکسیژن مصرفی مطالعه کردند و عنوان کردند که دستگاه گازآنالایزر یک ابزار دقیق برای بررسی دقیق نیازهای اکسیژن فعالیت‌های ورزشی محسوب می‌شود (۱۸). موخوپادیا و همکاران[5] (۲۰۰۵) نشان دادند که پویایی اکسیژن ریکاوری در ورزشکاران هوازی سریع‌تر است و پیشنهاد کردند که به دلیل اهمیت دوره ریکاوری توصیه می‌شود حتی ورزشکاران غیر هوازی هم تمرینات هوازی را در برنامه تمرینی خود داشته باشند (۱۹).

پویایی اکسیژن مصرفی و نبض اکسیژن دوره ریکاوری به ترتیب با استفاده از شاخص‌های نصف زمان ریکاوری اکسیژن و نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن که به عنوان مدت زمانی (برحسب ثانیه) از دوره ریکاوری که در آن مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی و حداکثر نبض اکسیژن به مقدار نصف کاهش می‌یابد، محاسبه گردید (۱۲). هم‌چنین کل اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری که برابر است با محاسبه مساحت زیر منحنی اکسیژن مصرفی V_{O2} (٦) از پایان فعالیت تا گذشت ۱۰ دقیقه از دوره ریکاوری بر حسب لیتر و یا میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم از توده بدن، محاسبه شد. مدت زمان بالاتر به معنای پویایی کندتر و بازگشت به حالت اولیه دیرتر محسوب می‌شود که در افراد بیمار خصوصاً افراد با نارسایی قلبی، این مقادیر نشان‌دهنده اختلال در عملکرد و خطر بالاتر مرگ‌ومیر می‌باشد (۱۹). بنابراین پویایی اکسیژن مصرفی و نبض اکسیژن پس از تمرین شاخص‌های مهم آمادگی فیزیولوژیک و سلامتی قلبی عروقی محسوب می‌شود (۲۰). بیشتر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه بر پویایی اکسیژن ریکاوری پس از فعالیت ورزشی در بیماران تأکید دارد (۲۱).

آگاهی از پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری، پایه‌ای برای سازمان‌دهی دوره‌های کار تناوبی و بهینه‌سازی دوره ریکاوری محسوب می‌شود، فعالیت‌هایی با دوره‌های بلندتر ورزش بی‌هوازی به بهای ساخته شدن لاکتات در خون و عضلات فعال و نیز اختلال چشمگیر در سایر فرایندهای فیزیولوژیک انجام می‌شود. تحت چنین شرایطی، اکسیژن

1. Jefersom et al
2. Tisdell et al
3. Almeida et al
4. Jones et al
5. Mukhopadhyay et al

مصرفی دوره ریکاوری شامل هر دو بخش سریع و آهسته است و به طور قابل ملاحظه‌ای برای کامل شدن دوره ریکاوری به زمان بیشتری نیاز دارد. این موضوع می‌تواند در ورزش‌هایی مانند بسکتبال، هاکی، فوتبال، تنیس و بدمینتون مساله‌ساز باشد، زیرا ورزشکاری که تحت فشار ورزش به سطح بالایی از سوخت‌وساز بی‌هوازی رسانده می‌شود، ممکن است در دوره-های استراحتی کوتاه مدت مانند توقف‌های بازی، امتیازگذاری-ها یا حتی استراحت‌های بین دو نیمه به ریکاوری کامل نرسد (۲۲). بنابراین فعالیت‌های ورزشی با شدت بالا از جمله فعالیت بیشینه اینتروال، که شامل اجرای پی در پی وهله‌های فعالیت با دوره‌های ریکاوری کوتاه مدت بین آن‌ها تعریف می‌شود (۲۳) و فعالیت بیشینه پیوسته که ورزشی با شدت ۱۰۰ درصد VO_{2max} انجام می‌شود (۲٤) در این‌گونه ورزشکاران بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

هم‌چنین با توجه به این که گرایش به ورزش قهرمانی بیش از پیش مطرح است و هزینه‌های بسیاری صرف بهبود در اجرای ورزشکاران در میادین و عرصه‌های بین‌المللی می‌شود، بنابراین باید به این مهم توجه داشت که برنامه‌های تمرینی براساس اصول فیزیولوژیکی به گونه‌ای باید طراحی شود که دست‌یابی به اوج اجرا، سلامت ورزشکار را به خطر نیندازد. دانستن این که پس از چه نوع فعالیت ورزشی، ریکاوری سریع‌تری در ورزشکاران ایجاد می‌شود می‌تواند برنامه تمرینی اصلی را در زمانی که حجم کار تمرینی تیم بالا است تعیین کند و کمک به‌سزایی در جلوگیری از ایجاد حالت بیش تمرینی در ورزشکاران باشد. بررسی ادبیات پژوهشی موجود نشان می‌دهد پژوهش‌های بسیار اندکی در زمینه پویایی اکسیژن دوره ریکاوری پس از ورزش در ورزشکاران انجام شده است. با توجه به این‌که اطلاعات بسیار اندکی در زمینه پویایی مصرفی اکسیژن دوره ریکاوری در دسترس است (۲۵)، بنابراین آگاهی از چگونگی پویایی اکسیژن مصرفی در دوره ریکاوری با استفاده از شاخصه‌های آن، به‌ویژه در ورزشکاران پس از دو نوع فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال به مربیان و ورزشکاران کمک بسیار شایانی در طراحی برنامه تمرینی به ویژه در زمان فصل مسابقات دارد. بر همین اساس، پژوهش حاضر در صدد است پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال در بازیکنان بسکتبال زن را مطالعه کند.

روش‌شناسی

جامعه آماری مورد استفاده در این پژوهش، کلیه بازیکنان بسکتبال زن شهر تهران بودند که تعداد ۷ نفر از آن‌ها که در لیگ دسته یک کشور شرکت داشتند، براساس سابقه و سطح فعالیت در این رشته ورزشی به صورت هدف‌مند و در دسترس انتخاب شدند. این ورزشکاران به طور متوسط ٦ سال سابقه فعالیت در این رشته ورزشی را داشتند. برای همگن ساختن نمونه‌ها و به‌منظور ارزیابی ترکیب‌بدنی ورزشکاران از دستگاه آنالیز ترکیب بدن استفاده شد تا اطلاعات فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها به دست آید. پس از این‌که آزمودنی‌های تحقیق، گزینش نهایی شدند، ویژگی‌های آزمودنی‌ها شامل مشخصات عمومی، وضعیت سلامت و رضایت‌نامه آنان از طریق پرسشنامه محقق ساخته جمع‌آوری شد و در نهایت هفت بسکتبالیست زن به طور هدف‌مند و براساس تعداد نمونه‌های تحقیقات پیشین انتخاب شدند. بنابراین تحقیق روی ۷ آزمودنی (N=۷) با میانگین سنی ۱/۵۲۷ ± ۲۱ سال، توده بدن ۵/۷۲٦ ± ٦۰/۷۱٤ کیلوگرم، قد ۵/٦۷۸ ± ۱٦۸/۳ سانتی‌متر، شاخص توده بدنی ۱/۷۲۹ ± ۲۱/۷۱٤ کیلوگرم بر مترمربع و حداکثر اکسیژن مصرفی ۳/٤۰۳ ± ٤۱/٤٤۲ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه انجام شد. آزمودنی‌ها فقط در رشته بسکتبال فعالیت داشتند و فاقد هرگونه بیماری قلبی-تنفسی و یا بیماری مزمن یا مصرف دارویی بودند. در یک جلسه جداگانه هدف از انجام پژوهش و نحوه اجرای آن برای ورزشکاران شرح داده شد و از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲٤ ساعت قبل از آزمون هیچ‌گونه فعالیتی نداشته باشند و طی دوره پژوهش در هیچ‌گونه فعالیت ورزشی خارج از طرح شرکت نکنند. هریک از آزمودنی‌ها ۳ جلسه جداگانه با فاصله ٤۸ ساعت به پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی مراجعه کردند. اندازه‌گیری قد با متر نواری که به دیوار نصب شده بود در هنگام صبح، بین ساعت ۹-۸ بدون کفش و به سانتی‌متر انجام پذیرفت. آزمودنی‌ها سپس برای اندازه‌گیری وزن با ترازوی معمولی و ترکیب بدن روی دستگاه ارزیابی کننده ترکیب بدن[1] (با نام تجاری Venus ۵/۵ ساخت کره جنوبی) قرار گرفتند و حداکثر ضربان قلب با استفاده از فرمول {(سن x (۰/۷) – ۲۰۸ }به دست آمد(۲٦). در جلسه اول همه آزمودنی‌ها، آزمون فزاینده را جهت تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی[2] اجرا کردند (۲۷). در ابتدا هر یک از آزمودنی‌ها

1. Body Composition
2. VO2max

یک‌سری حرکات کششی را انجام سپس ضربان‌سنج و کمربند مخصوص POLAR ساخت فنلاند به منظور ثبت ضربان قلب بسته شده و ماسک مخصوص جمع‌آوری گازهای تنفسی مربوط به دستگاه تجزیه گازهای تنفسی ZAN ٦٠٠ ساخت آلمان روی دهان و بینی آن‌ها نصب شد. پیش از آغاز آزمون دستگاه با گازهای استاندارد شده که غلظت‌شان قبل از آزمون شناخته شده بود تنظیم، و مطابق با رطوبت و دمای محیط کالیبره شد. اندازه‌گیری‌ها در حالت قائم و ایستاده در طول فعالیت بدست آمد. پس از انجام اقدامات اولیه آزمودنی‌ها پروتکل ورزش فزاینده روی نوارگردان را اجرا کردند. بر اساس این پروتکل آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۳ دقیقه روی نوار گردان با سرعت ٦ کیلومتر در ساعت با شیب صفر، به منظور گرم کردن دویدند. پس از گذشت ۳ دقیقه گرم کردن، هر یک دقیقه، یک کیلومتر بر ساعت به سرعت نوارگردان اضافه شد تا جایی که دیگر آزمودنی‌ها قادر به ادامه فعالیت نبودند. آزمون به دلیل بالا رفتن ضربان و رسیدن به حداکثر ضربان قلب برای سن فرد، درد عضلانی و عدم تعادل آزمودنی‌ها، خستگی مفرط و عدم تمایل به ادامه، قطع شد. ساعت اندازه‌گیری VO_{2max} صبح بین ساعت ۱۲-۹ بود. در تمام طول اجرای فعالیت و دوره ریکاوری اطلاعات مربوط به تغییرات گازهای تنفسی در هر ۲ ثانیه به صورت نفس‌به‌نفس ثبت شد. جلسه دوم با انجام اقدامات اولیه مشابه جلسه اول، آزمودنی‌ها پروتکل فعالیت بیشینه پیوسته را اجرا کردند. بر اساس این پروتکل ابتدا به مدت ٦ دقیقه روی نوار گردان با شدت ٦٥ درصد ضربان قلب بیشینه، برنامه گرم کردن را اجرا کردند. سپس به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۳ کیلومتر در ساعت روی نوار گردان راه رفتند، تا از اثر افزایش ضربان قلب هنگام گرم کردن بر ورزش اصلی جلوگیری شود. پس از پایان ۳ دقیقه ریکاوری فعال اولیه، پروتکل فزاینده بالک و ویر (۱۹۵۹) را اجرا کردند (۲۸). بر اساس این پروتکل، شیب نوار گردان در ابتدا صفر بوده و آزمودنی‌ها با سرعت ۵/۵ کیلومتر در ساعت شروع به دویدن کردند، در دقیقه اول ۲ درصد به شیب نوار گردان اضافه شد و از دقیقه دوم به بعد، هر یک دقیقه ۱ درصد به شیب نوار گردان اضافه شد، این امر تا رسیدن به حد واماندگی که دیگر آزمودنی‌ها قادر به ادامه فعالیت نبودند، ادامه پیدا کرد. پس از اشاره آزمودنی‌ها مبنی بر عدم توانایی ادامه فعالیت، فعالیت قطع و دوره ریکاوری غیر فعال به مدت ۱۰ دقیقه آغاز شد. در تمام طول مدت فعالیت و ۱۰ دقیقه ریکاوری اطلاعات مربوط به تغییرات گازهای تنفسی به‌صورت نفس‌به‌نفس ثبت شد. مقادیرحداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) و حداکثر نبض (میلی‌لیتر در ضربه) به عنوان میانگین ۲۰ ثانیه انتهای فعالیت محاسبه شد (۲۱).

در جلسه سوم پس از انجام اقدامات اولیه مشابه جلسه فعالیت بیشینه پیوسته، گرم کردن به مدت ٦ دقیقه و ۳ دقیقه ریکاوری فعال اولیه، پروتکل اصلی فعالیت بیشینه اینتروال شامل وهله‌های ۱ دقیقه‌ای دویدن روی نوار گردان با شدت ۱۲۰ درصد V_{VO2max} به همراه وهله‌های استراحت ۲ دقیقه‌ای که شامل دویدن با سرعت ٦ کیلومتر در ساعت روی نوار گردان بود، اجرا شد. فعالیت تا رسیدن به حد واماندگی به طوری که دیگر آزمودنی‌ها قادر به ادامه فعالیت نبودند ادامه پیدا کرد. پس از اشاره آزمودنی‌ها مبنی بر عدم توانایی ادامه فعالیت، فعالیت قطع و دوره ریکاوری غیر فعال به مدت ۱۰ دقیقه آغاز شد. در تمام طول مدت فعالیت و ۱۰ دقیقه ریکاوری اطلاعات مربوط به تغییرات گازهای تنفسی به‌صورت نفس‌به‌نفس ثبت شد. مقادیرحداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) و حداکثر نبض اکسیژن (میلی‌لیتر در ضربه) به عنوان بالاترین مقدار به دست آمده، محاسبه گردید. هم‌چنین شاخص‌های پویایی اکسیژن مصرفی ریکاوری در هر دو پروتکل ورزشی شامل نصف زمان ریکاوری اکسیژن و نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن و کل اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری محاسبه شد.

روش‌های آماری

با استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک توزیع داده‌ها طبیعی نشان داده شد و به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه بین میانگین متغیرها در دو نوع پروتکل ورزشی بیشینه پیوسته و اینتروال از آزمون t همبسته استفاده شد. عملیات آماری به وسیله نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۳ در سطح معناداری $P\leq ۰/۰۵$ انجام پذیرفت. هم‌چنین از نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۷ برای رسم نمودارها و نرم‌افزار متلب برای محاسبه مساحت زیر منحنی استفاده شد.

نتایج

مقادیر مربوط به تغییرات متغیرهای پژوهش در دو پروتکل ورزشی بیشینه پیوسته و اینتروال در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی متغیرهای مورد بررسی در دو نوع پروتکل فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال

متغیر	فعالیت بیشینه پیوسته	فعالیت بیشینه اینتروال
زمان کل فعالیت (min)	۱۸/٤۰۶ ± ۰/٤۲۸	۳۳/۱۹۸ ± ۱۲/٤۱۰
حداکثر اکسیژن مصرفی VO_{2peak} (ml/ kg/min)	٤۱/۰۷۱ ± ۳/۲٤۱	٤۱/۹٤٤ ± ۶/۰۰۶
حداکثر نبض اکسیژن O_2pulse_{peak} (ml/kg /beat)	۲۲/۱۰۱ ± ۱/۶۱۵	۲۳/۹۵۱ ± ٤/۲۷۲
نصف زمان ریکاوری اکسیژن مصرفی $1/2t\ Rec\ VO_2$ (s)	۶۵/۵۷۱ ± ۱٤/۵۲٤	۷۵/۸۵۷ ± ۲۵/۰٤۹
نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن $1/2t\ Rec\ O_2pulse$ (s)	۷٤/۵۷۱ ± ۱۵/۸۵۱	۷۶/٤۲۹ ± ۱۸/۷۰۷
کل اکسیژن مصرفی دوره فعالیت (L)	۲۳/۲٤ ± ۳/۸۶۵	٤۷/۷ ± ۲۲/٤۱
کل اکسیژن مصرفی دوره فعالیت(ml/kg)	۳۸۳/۶۷ ± ۲۵/۶۲	۷۶۶/۸۰ ± ۳/۱۵
کل اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری (L)	۳/۷۳ ± ۱/۳٤۹	۳/۸۳ ± ۱/٤۸۱
کل اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری (ml/kg)	۶۰/۵۰ ± ۱۶/۲۰	۶۳/۹۵ ± ۱۸/۷۹

*اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده اند.

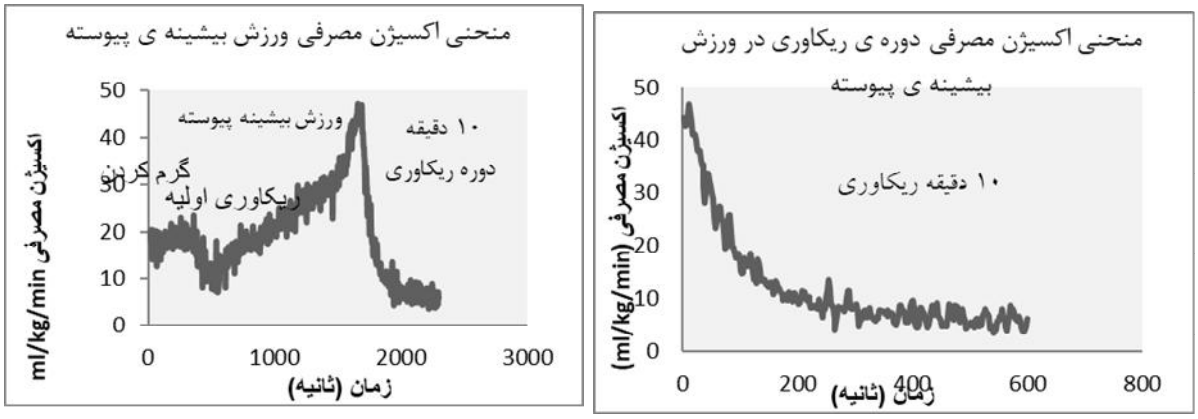
نتایج پژوهش حاضر نشان داد مقایسه میانگین شاخص‌های نصف زمان ریکاوری اکسیژن مصرفی (P=۰/۳۳۰)، نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن (P=۰/۸۲۱) و کل اکسیژن مصرفی در ۱۰ دقیقه از دوره ریکاوری (P=۰/۷۶۰) بین دو فعالیت بیشینه اینتروال و پیوسته تفاوت معناداری نداشت (جدول ۲). هم‌چنین، منحنی تغییرات اکسیژن مصرفی در واحد زمان فعالیت بیشینه پیوسته در ٤ مرحله گرم گردن، ریکاوری اولیه، پروتکل فعالیت بیشینه پیوسته و ۱۰ دقیقه ریکاوری (شکل ۱) و فعالیت بیشینه اینتروال (شکل ۲) نشان داده شده است که حاکی از تغییرات مشابه و یکسان در روند پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری در هر دو پروتکل می‌باشد.

جدول۲. مقایسه میانگین شاخص‌های پویایی اکسیژن ریکاوری و نتایج آزمون t همبسته

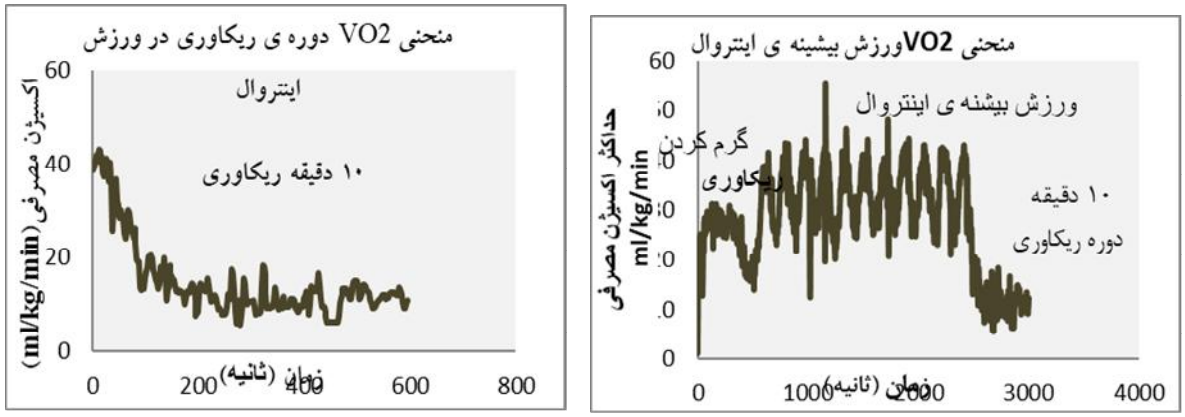
متغیر	فعالیت ورزشی	میانگین	انحراف معیار	t	P
نصف زمان ریکاوری اکسیژن (s)	بیشینه پیوسته	۶۵/۵۷۱	۱٤/۵۲٤	-۱/۰۵۹	۰/۳۳۰
	بیشینه اینتروال	۷۵/۸۵۷	۲۵/۰٤۹		
نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن (s)	بیشینه پیوسته	۷٤/۵۷۱	۱۵/۸۵۱	-۰/۲۳۶	۰/۸۲۱
	بیشینه اینتروال	۷۶/٤۲۹	۱۸/۷۰۷		
کل اکسیژن مصرفی در ۱۰ دقیقه ریکاوری(L)	بیشینه پیوسته	۶/۸۳٤	۱/۳٤۹	-۰/۳۲۰	۰/۷۶۰
	بیشینه اینتروال	۶/۹٤۰	۱/٤۸۱		

**سطح معناداری پذیرفته شده P<۰/۰۵ .

شکل ۱ منحنی تغییرات اکسیژن مصرفی در واحد زمان فعالیت بیشینه پیوسته در ٤ مرحله گرم گردن، ریکاوری اولیه، پروتکل فعالیت بیشینه پیوسته و ۱۰ دقیقه ریکاوری را در پنجمین آزمودنی نشان می‌دهد. شکل ۲ منحنی تغییرات اکسیژن مصرفی در واحد زمان فعالیت بیشینه اینتروال در ٤ مرحله گرم گردن، ریکاوری اولیه، پروتکل فعالیت بیشینه پیوسته و ۱۰ دقیقه ریکاوری را در پنجمین آزمودنی نشان می‌دهد.



شکل ۱. منحنی تغییرات اکسیژن مصرفی در واحد زمان فعالیت بیشینه پیوسته و ۱۰ دقیقه ریکاوری



شکل ۲. منحنی تغییرات اکسیژن مصرفی در واحد زمان فعالیت بیشینه اینتروال و ۱۰ دقیقه ریکاوری

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر مقایسه پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته واینتروال در بازیکنان بسکتبال زن بود. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت پاسخ‌های پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری در هر دو پروتکل ورزشی بیشینه پیوسته و اینتروال در ۱۰ دقیقه دوره ریکاوری مشابه بوده است، البته اگر چه تفاوت‌هایی دیده شد که به لحاظ آماری معنادار نبود. از سوی دیگر مقایسه پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری در پژوهش‌های مختلف با ادبیات پژوهشی موجود به دلیل نبود تشابه در پروتکل‌های ورزشی استفاده شده، تحلیل اجرا را مشکل می‌سازد (۲۱).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد بین نصف زمان ریکاوری اکسیژن مصرفی پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال تفاوت معناداری وجود ندارد با افزایش شدت ورزش کسر اکسیژن افزایش یافته و در نتیجه اتکا به کراتین فسفات و گلیکولیز برای بازسازی ATP افزایش می‌یابد (۳۰). با افزایش کسر اکسیژن به همان اندازه اکسیژن مصرفی اضافی پس از ورزش (EPOC) نیز افزایش یافته و مدت آن طولانی‌تر می‌شود (٦). هم‌چنین، به دلیل بیشینه بودن و فعالیت آزمودنی‌ها تا سرحد واماندگی در هر دو پروتکل ورزشی و با توجه به تفاوت‌های شناخته شده در متابولیسم انرژی و کارایی انواع تارهای عضلانی به نظر می‌رسد تغییر در فراخوانی تارهای عضلانی ممکن است پاسخی برای علت‌شناسی در پویایی اکسیژن مصرفی در شدت‌های ورزشی بالاتر از آستانه لاکتات باشد (۳۱).

با افزایش شدت فعالیت در پروتکل ورزشی بیشینه اینتروال فراخوانی تارهای FT و تولید ATP از مسیرهای بی‌هوازی افزایش می‌یابد. بنابراین، افزایش خستگی و تولید متابولیت‌های ناشی از فرایندهای بی‌هوازی و تولید انرژی از تارهای FT موجب ریکاوری کندتر و پویایی اکسیژن مصرفی بلندتر(۳۲) در پروتکل ورزشی بیشینه اینتروال نسبت به پروتکل ورزشی بیشینه پیوسته شد هر چند این اختلاف معنادار نبود. در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد، به این دلیل که بسکتبال فعالیت ورزشی اینتروال بوده، اما در پاسخ به فعالیت ورزشی بیشینه پیوسته در مقایسه با فعالیت بیشینه اینتروال در سیستم هوازی مشابه بوده و هم‌چنین بالا بودن سطح آمادگی بدنی ورزشکاران و حرفه‌ای بودن بسکتبالیست‌های شرکت‌کننده در این پژوهش می‌تواند از دلایل عدم وجود اختلاف معنادار در نصف زمان ریکاوری اکسیژن در پاسخ به دو پروتکل ورزشی استفاده مطرح کرد.

نصف زمان ریکاوری اکسیژن نشان‌دهنده جز سریع وام اکسیژن است که مربوط به بازسازی منابع فسفوکراتین و منابع اکسیژن می‌باشد لیم و همکاران[1](۱۹۹۸) نصف زمان ریکاوری را در آزمودنی‌های معمولی ۵ ± ۵۹ ثانیه پس از پروتکل رمپ (۲۰W) (افزایش ۲۰ وات در هر دقیقه در آزمودنی‌های معمولی) گزارش کردند (۳۳). هم‌چنین، کرتیلی و همکاران[2](۱۹٦٦) (۳٤)، هاگبرگ و همکاران[3] (۱۹۸۰) (۳۵) نصف زمان ریکاوری اکسیژن سریع‌تری را پس از پروتکل‌های ورزشی با حجم ثابت در آزمودنی‌های سالم گزارش کردند (۲۵ تا ٤۵ ثانیه) که در مقایسه با پژوهش حاضر سریع‌تر بود که به نظر می‌رسد این تفاوت ناشی از ماهیت پروتکل ورزش بوده باشد. کلاینمن و همکاران[4](۲۰۰۷) نصف زمان ریکاوری اکسیژن بلندتری را در آزمودنی‌های سالم با VO_{2Peak} برابر با ٦±۲۵/٤ میلی لیتر به هر کیلوگرم توده بدن در دقیقه پس از یک پروتکل فزاینده تا سرحد واماندگی روی چرخ‌کارسنج (۲۰ ± ۸٤ ثانیه) گزارش کردند (۱۲). به نظر می‌رسد تفاوت در پروتکل‌های ورزشی، کار روی چرخ‌کارسنج و پایین‌تر بودن سطح VO_{2Peak} در پژوهش کلاینمن و همکاران موجب بلندتر شدن این شاخص در مقایسه با پژوهش حاضر شده است. هم‌چنین بیلات و همکاران[5](۲۰۰۲) اثر تمرین استقامتی بر پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری را در ۷ دانشجوی تربیت بدنی با یک پروتکل ورزشی بیشینه تا رسیدن به سرحد واماندگی مطالعه کرده و نصف زمان ریکاوری کوتاه‌تری را گزارش کردند (۳٦). در این پژوهش نصف زمان ریکاوری اکسیژن ۰/۸±۲۹ ثانیه گزارش شد. زمان ریکاوری بلندتر در پژوهش حاضر پس از دو پروتکل ورزشی بیشینه پیوسته و اینتروال به احتمال زیاد بازتاب شدت بالاتر ورزش بوده است. هم‌چنین به دلیل بالا بودن شدت هر دو پروتکل ورزشی اجراشده در پژوهش حاضر شرایط برای بلندتر شدن نصف زمان ریکاوری با وجود انتظار ریکاوری سریع‌تر و نصف زمان ریکاوری اکسیژن کوتاه‌تر در ورزشکاران فراهم شده است. در

1. Lim et al
2. Cerretelli et al
3. Hagberg et al
4. Klinman et al
5. Billat et al

مجموع، در ورزشکاران به‌دلیل عملکرد عروقی بهتر و بهبود انتقال اکسیژن وابسته به جریان خون به بافت‌های در حال سوخت‌وساز و دفع متابولیت‌ها از بافت‌ها، تبادل بهتر گازهای تنفسی و اکسیژن مصرفی عضلات در حال فعالیت و یا در حال ریکاوری و توزیع مناسب خون به بافت‌های فعال به وسیله گشادشدگی عروق خونی آن‌ها و انقباض عروق خونی بافت‌های غیر فعال اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها بهتر شده، پویایی اکسیژن به‌ویژه در دوره ریکاوری تسریع شده و نصف زمان ریکاوری اکسیژن کوتاه‌تر می‌شود.

هم‌چنین بین نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته و اینتروال تفاوت معناداری گزارش نشد. اگر چه میانگین نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن در فعالیت اینتروال به مراتب بیشتر از فعالیت بیشینه پیوسته بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود که به نظر می‌رسد نشان‌دهنده فشار ورزش یکسان و پاسخ‌های قلبی عروقی مشابه در دو پروتکل ورزشی با شدت بالا تا رسیدن به حد واماندگی در آزمودنی‌های پژوهش حاضر باشد. از آن‌جا که نبض اکسیژن به حجم ضربه‌ای وابسته است، بالاتر بودن حجم ضربه‌ای در ورزش اینتروال (۳۷) بیانگر نبض اکسیژن بیشینه بزرگ‌تر (۳۷) در مقایسه با فعالیت بیشینه پیوسته است. به هنگام ورزش با افزایش شدت فعالیت ضربان قلب و حجم ضربه‌ای افزایش یافته و به دنبال آن برون‌ده قلبی نیز افزایش می‌یابد (۳۸). در طول ابتدای ریکاوری و با قطع فعالیت برون‌ده قلبی و حجم ضربه‌ای و ضربان قلب کاهش می‌یابد. اکسیژن مصرفی و نبض اکسیژن به ترتیب با برون‌ده قلبی و حجم ضربه‌ای مرتبط هستند (۱۲). بر اساس فرمول فیک اکسیژن مصرفی مساوی با برون‌ده قلبی ضربدر اختلاف اکسیژن خون سرخرگی-سیاهرگی می‌باشد (۱۲). اختلاف اکسیژن خون سرخرگی-سیاهرگی پس از ورزش به سرعت کاهش می‌یابد. به دلیل عدم فعالیت عضلات در دوره ریکاوری، نبض اکسیژن که میزان برداشت اکسیژن توسط بدن با هر ضربان قلب را نشان می‌دهد کاهش می‌یابد. ارتباط بین اکسیژن مصرفی و نبض اکسیژن را به عنوان اکسیژن مصرفی تقسیم بر ضربان قلب که با حجم ضربه‌ای مرتبط است، نشان داده شده است (۳۹،۴۰). در دوره ریکاوری بالا ماندن برخی از هورمون‌ها مانند کاتکولامین‌ها، موجب بالا ماندن حجم ضربه‌ای به دلیل اثر بر انقباض‌پذیری عضلات قلب می‌شود و این می‌تواند در ورزش‌های با شدت بالا که در آن سطح هورمون‌ها افزایش می‌یابد، پویایی نبض اکسیژن را کمی کندتر کند (۵). هم‌چنین، نبض اکسیژن در ورزشکاران در مقایسه با افراد بی‌تحرک سالم مقادیر بالاتری را نشان داده است (۵). آرتروز و همکاران[1] (۲۰۰۱) در پژوهشی عملکرد تنفسی بازیکنان بسکتبال و فوتبال را پیش از فصل مسابقه مطالعه کردند. در ۳۲ آزمودنی این پژوهش با میانگین VO_{2max} برابر با ٤٧ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه نبض اکسیژن اندازه‌گیری شد که در ٦ مورد بین ۱۸ تا ۲۲ میلی‌لیتر در هر ضربه، در بیشتر موارد (۱۹مورد) بین ۱۸-٢٤ میلی‌لیتر در هر ضربه و در ۷ مورد بالاتر از ٢٤ میلی لیتر در هر ضربه گزارش شد (٤١). در پژوهش حاضر، میانگین نبض اکسیژن در فعالیت بیشینه پیوسته ۱/٦١٥ ± ۲۲/۱۰۱ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از توده بدن در هر ضربه و در فعالیت بیشینه اینتروال ٤٢٩/٧٠٧±٧٦/١٨ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از توده بدن در هر ضربه بود که در مقایسه با پژوهش آرتروز و همکاران بالاتر بود. به نظر می‌رسد تفاوت در پروتکل ورزشی اجراشده و تفاوت در سطح آمادگی آزمودنی‌ها در پژوهش آرتروز و همکاران با پژوهش حاضر علی‌رغم این‌که آزمودنی‌ها بسکتبالیست بودند، می‌تواند به عنوان یکی از علت‌های تفاوت باشد. کلاینمن و همکاران (۲۰۰۷) نیز در آزمودنی‌های سالم میانگین نبض اکسیژن بیشینه را ۲/٦±۱۵/۲ میلی‌لیتر در هر ضربان قلب پس از یک پروتکل ورزشی فزاینده روی چرخ کارسنج تا سرحد واماندگی گزارش کردند (۱۲). نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن در این پژوهش ۳۰ ± ۱۰۱ ثانیه گزارش شد که در مقایسه با نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن گزارش شده در پژوهش حاضر کندتر بود (۱۲). به نظر می‌رسد با توجه به این‌که آزمودنی‌ها در پژوهش کلاینمن و همکاران سالم و ورزشکار نبودند، هم‌چنین تفاوت در پروتکل‌های ورزشی، استفاده از چرخ کارسنج در پژوهش کلایمن و همکاران و تردمیل در پژوهش حاضر و هم‌چنین با توجه به تفاوت در توده عضلانی فعال در پروتکل‌های ورزشی که می‌تواند تأثیر بسزایی بر میزان نبض اکسیژن داشته باشد، می‌تواند به عنوان علت اصلی تفاوت در نصف زمان ریکاوری نبض اکسیژن مطرح گردد.

هم‌چنین یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد بین کل اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری پس از دو فعالیت بیشینه پیوسته و

1. Arturas et al

اینتروال تفاوت معناداری وجود ندارد. به نظر می‌رسد این دو پروتکل ورزشی شدید توانسته است در آزمودنی‌ها اختلال در متابولیسم و کسر اکسیژن مشابهی را با شروع ورزش ایجاد کند. از آن‌جا که EPOC کسر اکسیژن به وجود آمده در اثر شدت ورزش را بازپرداخت می‌کند (٤٢)، میزان EPOC گزارش شده در پژوهش حاضر اختلاف معناداری را نشان نداد. از سوی دیگر، میانگین مدت زمان فعالیت در پروتکل ورزشی اینتروال بیشتر از پروتکل بیشینه پیوسته گزارش شد. از آن‌جا که بزرگی EPOC تحت تاثیر مدت زمان فعالیت قرار نمی‌گیرد (٤٣)، بنابراین به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز EPOC متأثر از شدت ورزش بوده است نه مدت زمان ورزش. گفتنی است در پژوهش حاضر پویایی اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری تنها در ١٠ دقیقه ابتدایی از دوره ریکاوری سنجیده شد، در حالی که در بیشتر پژوهش‌های انجام شده زمان سنجش EPOC در دوره ریکاوری از ١ ساعت بیشتر بوده است (٤٤،٤٥). از آن‌جا که ١٠ دقیقه ابتدای دوره ریکاوری گویای جزء سریع وام اکسیژن است، بنابراین با توجه به اهداف پژوهش حاضر و دیگر عوامل اندازه‌گیری شده، فقط جزء سریع وام اکسیژن مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی هر دو جزء سریع و آهسته وام اکسیژن نیاز به زمان‌هایی بالاتر از ١ ساعت در دوره ریکاوری می‌باشد که از عهده پژوهش حاضر خارج بوده و جزء محدودیت‌های پژوهش قرار دارد. یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش پارامنتر و همکاران[1](٢٠٠١) که هیچ اختلاف معناداری را در بزرگی EPOC پس از ٣٠ دقیقه فعالیت پیوسته با ٧٠ درصد VO_{2max} و یک فعالیت اینتروال ١٥ دقیقه‌ای با ١٠٠ درصد VO_{2max} با استراحت ١ دقیقه‌ای بین هر وهله فعالیت گزارش نکرد در توافق است(٤٦). هرچند بزرگی EPOC پس از گذشت ٢ ساعت از دوره ریکاوری بین دو فعالیت متفاوت بود (٤/١±٦/١ لیتر برای فعالیت پیوسته، ٢/٨±٧/٥ لیتر برای فعالیت اینتروال)، اما از نظر آماری تفاوت معناداری بین آن‌ها دیده نشد. با این حال، انحراف استاندارد بالا در فعالیت پیوسته، ناهمسانی اطلاعات را نشان می‌دهد. هم‌چنین پژوهش حاضر با آلموزانی و همکاران[2](١٩٩٨) (٤٤) که پیشنهاد کردند بزرگی EPOC تحت تأثیر مدل تمرین قرار می‌گیرد مخالف است. در پژوهش آلموزانی نشان داده شده ٣٠ دقیقه فعالیت پیوسته بر روی چرخ کارسنج در آزمودنی‌های سالم نسبت به دو وهله فعالیت ١٥ دقیقه‌ایی بزرگی EPOC کوچک‌تری پس از گذشت ٤٠ دقیقه از زمان ریکاوری را گزارش کردند که در مقایسه با پژوهش حاضر می‌توان تفاوت در آزمودنی‌ها و سطح آمادگی آنان و تفاوت در پروتکل‌های بکاررفته و مدت زمان سنجش EPOC در دوره ریکاوری به عنوان تفاوت در نتایج مطرح کرد.

جانایا[3] و همکاران (٢٠٠٥) با مقایسه EPOC بین دو پروتکل ورزشی بیشینه اینتروال و بیشینه پیوسته تفاوت معناداری را در بزرگی EPOC پس از ٣ ساعت دوره ریکاوری گزارش کردند و به این نتیجه رسیدند که بزرگی EPOC در پروتکل ورزشی بیشینه اینتروال در مقایسه با بیشینه پیوسته بیشتر است (٤٨). هم‌چنین، پارمنتر و همکاران (٢٠٠١) هیچ اختلاف معناداری (p=٠/٤٧) را در EPOC بین دو پروتکل ورزشی اینتروال با شدت بالا و پیوسته با شدت متوسط گزارش نکردند (٤٦). گری و ویترز[4] (١٩٨٩) نیز اختلاف معناداری را در EPOC میان سه پروتکل با مدت زمان‌های مختلف ٢٠، ٥٠ و ٨٠ دقیقه دویدن روی نوارگردان با شدت‌های ٣٠ ، ٥٠ و ٧٠ درصد VO_{2max} گزارش نکرده و عنوان کردند شدت ورزش نه مدت زمان ورزش تعیین‌کننده اصلی بزرگی EPOC است (٤٩). هم‌چنین نشان دادند EPOC کسر اکسیژن رخ داده به هنگام ورزش را بازپرداخت می‌کند، زیرا با شروع ورزش متابولیسم نسبت به سطوح استراحتی دچار اختلال می‌شود که میزان این اختلال به شدت ورزش وابسته است. بنابراین، شدت ورزش بزرگی EPOC را تعیین می‌کند، درحالی که مدت زمان ورزش عوامل فیزیولوژیکی دیگر پس از حالت یکنواختی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (٥٠).

نتیجه‌گیری

از آن‌جا که بین شاخص‌های پویایی اکسیژن ریکاوری بین دو فعالیت ورزشی بیشینه پیوسته و اینتروال تفاوت معناداری دیده نشد، نتیجه‌گیری می‌شود روند تغییرات اکسیژن مصرفی در دوره ریکاوری پس از این دو نوع فعالیت ورزشی در بسکتبالسیت‌های دختر مشابه می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از کلیه آزمودنی‌های شرکت‌کننده در این تحقیق تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

1. Parmenter et al
2. Almuzaini et al
3. Junya et al
4. Gore & Withers

منابع

1. Jefersom M, Werneck FZ, Coelho EF, Damasceno VO, Reis VM. Oxygen uptake and heart rate kinetics after different types of resistance exercise. Journal of human kinetics. 2014 Oct 1; 42(1):235-44.
2. Almeida AP, Coertjens M, Cadore EL, Geremia JM, Silva AE, Kruel LF. Recovery oxygen uptake in response to two resistance training sessions at different intensities. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2011 Apr; 17(2):132-6.
3. Buitrago S, Wirtz N, Yue Z, Kleinöder H, Mester J. Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. European journal of applied physiology. 2012 Jul 1; 112(7):2739-48.
4. Kacin A, Strazar K. Frequent low□load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2011 Dec;21(6):e231-41.
5. Gaesser GA, Brooks CA. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen. Medicine and science in sports and exercise. 1984; 16(1):29-43.
6. Edward L. Fox - Donald K. Matthews. Exercise Physiology. Translator Khaledan Asghar PHD. .the first volume, the eleventh edition, Tehran, published by Tehran University. 1994.
7. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. Journal of the American College of Cardiology. 1994 Nov 15; 24(6):1529-35.
8. Meirelles CD, Gomes PS. Acute effects of resistance exercise on energy expenditure: revisiting the impact of the training variables. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2004 Apr; 10(2):122-30.
9. Castinheiras Neto AG, Silva NL, Farinatti PD. Influence of resistance training variables on post-exercise oxygen consumption: a systematic review. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2009 Feb; 15(1):70-8.
10. Arnt Erik Tjqnna, Sang Jun Lee, Qivind Rognmo, Tomas O. Aerobic Interval Training Versus Continuous Moderate Exercise as a Treatment for the Metabolic Syndrome A Pilot Study. American Heart Association, Inc 2008.
11. Geor RJ, McCutcheon LJ, Hinchcliff KW. Effects of warm-up intensity on kinetics of oxygen consumption and carbon dioxide production during high-intensity exercise in horses. American journal of veterinary research. 2000 Jun 1;61(6):638-45.
12. Klainman E, Yosefy C, Caspi A, Landau A, Vishnitzer R, Fink G. Recovery Kinetics of Oxygen Uptake in Patients with Various Degrees of Coronary Artery Disease. Journal of Clinical and Basic Cardiology. 2008 Jan 29;10(1):16-9.
13. Manns PJ, Tomczak CR, Jelani A, Haennel RG. Oxygen uptake kinetics: associations with ambulatory activity and physical functional performance in stroke survivors. Journal of rehabilitation medicine. 2010 Mar 1;42(3):259-64.
14. Kemps HM, De Vries WR, Hoogeveen AR, Zonderland ML, Thijssen EJ, Schep G. Reproducibility of onset and recovery oxygen uptake kinetics in moderately impaired patients with chronic heart failure. European journal of applied physiology. 2007 May 1; 100(1):45-52.
15. Di Prampero PE, Davies CT, Cerretelli P, Margaria R. An analysis of O2 debt contracted in submaximal exercise. Journal of Applied Physiology. 1970 Nov 1; 29(5):547-51.
16. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology. Philadelphia/London: Lea & Febiger 1991; 123–43.
17. Tisdell E, Scott MC, Bahadir Z, Parish T, Arce-Esquivel A, Dobrosielski D, Welsch M. Association of Venous Function and Post-Exercise Oxygen Consumption. International Journal of Exercise Science. 2013;6(1):8.
18. Jones AM, Burnley M. Effect of exercise modality on VO2 kinetics. Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine. Routledge, London. 2005:95-114.
19. Mukhopadhyay S, Sidhu LS, Verma SK. The kinetics of cardiopulmonary dynamics during recovery following maximal exercise. Journal of Exercise Science and Physiotherapy. 2005; 1:3.
20. Sietsema KE, Daly JA, Wasserman KA. Early dynamics of O2 uptake and heart rate as affected by exercise work rate. Journal of Applied Physiology. 1989 Dec 1; 67(6):2535-41.
21. Tisdell EJ. Evaluation of the relationship between venous function and post exercise oxygen consumption recovery kinetics.2004.
22. William D, Mack Ardle-Frank I, Kch-Victor L, Lech. Physiology of Exercise (1) (Energy and Nutrition). Translation by Dr. Asghar Khaledan, Volume 1, Sixth Edition, Tehran, Publication Samt. 2001.
23. Jeff Chandler, Chair of the Committee. Jeneifer Mak. Eric Arnold. Excess postexercise oxygen consumption and interval training. Requirements for the degree of Master of Scienc in Exercise Sciencee. in the Division of Exercise Science, Sport and Recreation. May, 2005.
24. American College of Sports Medicine. ACSM's advanced exercise physiology. Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
25. Gaesser GA, Brooks CA. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen. Medicine and science in sports and exercise. 1984; 16(1):29-43.
26. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. Journal of the american college of cardiology. 2001 Jan 1; 37(1):153-6.
27. Davies B, Daggett A, Jakeman P, Mulhall J. Maximum oxygen uptake utilising different treadmill protocols. British journal of sports medicine 1984; 18(2):74.
28. Virou, Atco, Mahis. Biochemical monitoring of exercise. Translation by Gaeni Abas A, Dhabidi Roshan V, Faramarzi M, Choobineh S, Haghighi Amir H. Tehran: Publication of the side. 2008.
29. Borrani F, Candau R, Millet GY, Perrey S, Fuchslocher J, Rouillon JD. Is the V˙ o 2 slow component dependent on progressive recruitment of fast-twitch fibers in trained runners? Journal of Applied Physiology. 2001 Jun 1; 90(6): 2212-20.
30. Hagberg JM, Mullin JP, Nagle FJ. Effect of work intensity and duration on recovery O2. Journal of Applied Physiology. 1980 Mar 1; 48(3): 540-4.

31. Jack H. Wilmore - David L. Castile. Physiology of Sport and Physical Activity. Translation by Moeini Zia, Rahmani-Nia F, Rajabi, H, Agha Ali nejad H, Salami F. The first volume, ninth edition, Tehran, Published By Mobtakeran. 1323.
32. Sumimoto T, Sugiura T, Takeuchi M, Yuasa F, Hasegawa T, Nakamura S, Iwasaka T, Inada M. Oxygen utilization, carbon dioxide elimination and ventilation during recovery from supine bicycle exercise 6 to 8 weeks after acute myocardial infarction. The American journal of cardiology. 1991 Jun 1; 67(15):1170-4.
33. Lim HY, Lee CW, Park SW, Kim JJ, Song JK, Hong MK, Jin YS, Park SJ. Effects of percutaneous balloon mitral valvuloplasty and exercise training on the kinetics of recovery oxygen consumption after exercise in patients with mitral stenosis. European heart journal. 1998 Dec 1; 19(12):1865-71.
34. Cerretelli P, Sikand R, Farhi LE. Readjustments in cardiac output and gas exchange during onset of exercise and recovery. Journal of applied physiology. 1966 Jul; 21(4):1345-50.
35. Hagberg JM, Mullin JP, Nagle FJ. Effect of work intensity and duration on recovery O2. Journal of Applied Physiology. 1980 Mar 1; 48(3):540-4.
36. Billat BL, Mille-Hamard L, Demarle A, Koralsztein JP. Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. Eur J Physiol. 2002; 87: 496-505.
37. Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich M. Effect of high -intensity interval training on cardiovascular function, V o2max, and muscular force. J Strength Cond Res 2012; 26(1): 138–145.
38. Sedlock, D. A., Fissinger, J. A., & Melby, C. L. Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure. Medicine and Science in Sports and Exercise 1989; 21(6), 662-6.
39. Georgia C. Freya, William C. Byrnesa and Robert S. Mazzeo. July. Factors influencing excess postexercise oxygen consumption in trained and untrained women.ScienceDirect 1993; 822-828.
40. Louisy F, Jouanin JC, Guezennec CY. Filling and emptying characteristics oflower limb venous network in athletes. Study by postural plethysmography. Int J Sports Med 1997; 18:26-9.
41. Andziulis AR, Gocentas AU, Jascaniniene NI. Cardiopulmonary function of elite Basketball and soccer players during the preseason. Journal of human kinetics. 2001; 6: 29-38.
42. Robert A. Rabrgz - o Scott. Roberts. The fundamental principles of exercise physiology. Translation Gaeini, abass ali. PHD and Dabidi Roshan vali alah PHD, Fifth Edition, Tehran, publisher Samt 2006.
43. Sedlock D, Fissinger J, Melby CL. Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure. Medicine and Science in Sports and Exercise 1989; 21(6), 662-6.
44. Almuzaini KS, Potteiger JA, Green SB. Effects of split exercise sessions on excess postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate. Can. J. Appl. Physiol 1998 23: 433–443.
45 .Kaminsky LA, Padijen S, LaHam-Saeger J. Effect of Split exercise sessions on excess post-exercise oxygen consumption. Br. J. Sports Med 1990; 24: 95–98.
46. Parmenter MA, Manore MM, Daniels JT. EPOC following highintensity intermittent and moderate intensity continuous exercise. Medicine and Science in Sports and Exercise 2001; 33(5), (Suppl.1), S73.
47. Almuzaini KS, Potteiger JA, Green SB. Effects of split exercise sessions on excess postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate. Canadian Journal of Applied Physiology. 1998 Oct 1; 23(5):433-43.
48. Tanaka J, Shibuya KI, Ogaki T. The comparison of post exercise oxygen consumption between two difference supramaximal exercises. Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2005 Jan 1; 54(2):133-42.
49. Gore CJ, Withers RT. The effect of exercise intensity and duration on the oxygen deficit and excess post-exercise oxygen consumption. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1990 May 1; 60(3):169-74.
50. Tartibian Bakhtiar. Shrabyany Sudabeh. Estimate the maximum oxygen pulse postmenopausal women. Research in sports science 2010; Issue 24, 93-103.

Comparison of the dynamics of oxygen consumption in the recovery period after two maximal continuous and interval exercise in female basketball players

Elham Shahabpoor[1], Hamid Agha-Alinejad[2*]

1. PhD of biochemistry and metabolism Sports. Faculty of Humanities, University Hormozgan, Hormozgan, Iran
2. Associate Professor of Exercise Physiology.Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University Tehran, Tehran, Iran

Received: 2019/03/08 **Revised:** 2019/06/13 **Accepted:** 2019/08/28

∗Correspondence Email:

halinejad@modares.ac.ir

Abstract

Introduction: The dynamics of oxygen after exercise is considered as an important indicator of fitness and cardiovascular health.The objective of this study was to compare the dynamics of oxygen consumption in the recovery period after two maximal continuous and interval exercise in female basketball players.

Methods: In this study,7 female basketball players were selected and participated in three separate sessions of tests with an interval of 48 hours. The first session consisted of incremental exercise protocol to determine maximal oxygen uptake and the second session consisted of continuous maximal exercise protocol Balk and Weir (1959) to the point of exhaustion and the third session consisted of interval maximal exercise protocol . Exercise phases included 1-minute running on a treadmill with an intensity of 120% Vvo2max and 2-minute rest, up to the point of exhaustion. In order to assess the variables, changes in respiratory gases during the entire duration of activity and 10-minute recovery period was recorded.

Results: The findings of this study showed that two continuous and interval maximal exercise did not induce significant differences in Half- time recovery of vo2 (p=0.330) and Half-time recovery of oxygen pulse (p=0.821) and Total oxygen consumption during recovery (p=0.760).

Conclusions: According to findings of the study, the trend of oxygen consumption during recovery after these two types of exercise is the same.

Key Words: dynamics of recovery oxygen, Half- time recovery of vo2, Half- time recovery of oxygen pulse, Total oxygen consumption during recovery, continuous maximal exercise, Interval maximal exercise.