فیزیولوژی ورزشی شماره ۲۰، زمستان ۱۳۹۲، صص ۹۶-۸۱

تغییرات شاخص های عملکردی و متابولیسمی ویژه خستگی در پاسخ به یک دوره تمرین هوازی شدید در بازیکنان فوتبال

نیما قره داغی[۱]، محمدرضا کردی[۲]، عباسعلی گائینی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۱/۲۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات شاخص های عملکردی و متابولیسمی ویژه خستگی در پاسخ به یک دوره تمرین هوازی شدید در بازیکنان فوتبال است. به این منظور ۱۸ بازیکن فوتبال شاغل در لیگ آزادگان ایران با میانگین سنی ۲/۲۴±۲۱/۸۸ سال، قد ۵/۳۳±۱۷۴/۲۲ سانتی متر و وزن ۵/۷±۶۷/۷۷ کیلوگرم در غالب دو گروه تمرین (n=۱۲) و کنترل (n=۶) برای شرکت در این پژوهش، به صورت در دسترس انتخاب شدند. برنامه چهار هفته ای تمرین متناوب هوازی شدید شامل چهار دوره حرکت با توپ در مسیر طراحی شده مخصوصی به صورت سه جلسه در هفته بود که قبل و بعد از این دوره تمرینات، با استفاده از یک جلسه تمرین وامانده ساز میزان لاکتات، پیروات و PH و زمان واماندگی بازیکنان اندازه‌گیری شد. داده ها با استفاده از آزمون اندازه‌گیری های مکرر و آزمون تعقیبی LSD و t مستقل تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد پس از چهار هفته تمرین، غلظت لاکتات، پیروات، نسبت لاکتات به پیروات، PH خون و شاخص خستگی و همچنین زمان واماندگی بازیکنان تغییرات اندکی کرد. به طور کلی می توان به عنوان نتیجه اظهار داشت احتمالاً چهار هفته تمرین متناوب هوازی شدید (هاف) بر متابولیسم هوازی و بروز خستگی بازیکنان تاثیر معناداری ندارد.

واژگان کلیدی: خستگی، تمرین متناوب هوازی شدید، توان بی هوازی، نسبت لاکتات به پیروات، هاف، بازیکنان فوتبال.

۱. کارشناس ارشد دانشگاه تهران (نویسندهٔ مسئول) Email: nima2014@gmail.com
۲. دانشیار دانشگاه تهران
۳. استاد دانشگاه تهران

مقدمه

در بین عوامل مختلف، مهارتهای فیزیولوژیکی، تکنیکی، تاکتیکی برای عملکرد بهینه طی یک مسابقه فوتبال مهم هستند (۱). اکثر بازیکنان طی یک مسابقه فوتبال (۹۰ دقیقه) معمولا مسافتی بین ۱۲-۱۰ کیلومتر را در شدتی نزدیک به آستانه بی هوازی (۹۰-۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب و یا ۸۰-۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) می دوند (۱،۲) که در این بین، فعالیت های شدید بی هوازی فشار متابولیکی بیشتری را بر بازیکنان تحمیل می کند (۳). با توجه به ماهیت ورزش فوتبال، این رشته به عنوان یک ورزش گروهی شدید و تناوبی، طبقه-بندی شده است (۲،۴) که نوع فعالیت هر ۶-۴ ثانیه تغییر می کند و بازیکنان حرفه ای تقریبا ۱۳۵۰ فعالیت طی یک بازی فوتبال انجام می دهند که شامل ۲۲۰ دوی با سرعت بالا است (۳). بیشتر فعالیت بازیکنان طی ۹۰ دقیقه، کم شدت و هوازی و درصد کمتری از فعالیت های آنان شدید و بی هوازی است، ولی این درصدهای کم، تعیین‌کننده نتیجه مسابقه و تفاوت یک بازیکن طراز اول از سایر بازیکنان است (۵). بنابراین توان بی هوازی نیز در عملکرد بازیکنان فوتبال تاثیرگذار است. از این رو در برنامه‌ریزی های تمرینی فوتبال، سعی در پوشش این عامل نیز شده است. بر همین اساس نشان داده شده است تمرینات شدید می توانند موجب افزایش توان بی هوازی بازیکنان فوتبال شود (۶). از طرف دیگر، با توجه به فرسایشی بودن فعالیت ها در یک بازی فوتبال، خستگی به عنوان یک فرآیند چند عاملی و پیچیده، می تواند عملکرد یک ورزشکار را به وسیله کاهش منابع گلیکوژنی و یا محصولات جانبی متابولیسمی حاصل از تجزیه گلیکوژن، کاهش دهد (۷). همچنین با توجه به کاهش ذخایر گلیکوژن حاصل از انقباضات شدید عضلانی، تجمع یون هیدروژن همراستا با افزایش تولید لاکتات افزایش می یابد. پس فعالیت های شدیدی که موجب تخلیه ذخایر گلیکوژنی می شوند، PH عضله را کاهش می دهد و موجب اختلالات سوخت و سازی و خلل در فرآیندهای انقباض عضلانی خواهند شد (۸). بنابراین، کاهش PH نشانه خستگی عضلانی است و تغییرات PH می تواند خواص کانال های پروتئینی را تغییر دهد و فعالیت آنزیم های کلیدی در گلیکولیز را کاهش دهد که این ها منجر به کاهش میزان تولید ATP می شود. پس بسیار مهم است که عضلات در حال فعالیت، کاهش PH و تجمع لاکتات را به تاخیر اندازند (۹). از آنجا که رابطه مثبتی بین سطح لاکتات و کاهش عملکرد در دوهای سرعتی پس از یک دوره فعالیت شدید بدست آمده است، بنابراین سطح لاکتات بالا و PH پایین می تواند عملکرد عضلانی را مختل کند (۳). نشان داده شده است اگرچه تغییرات حاد PH عضله بعد از بازی فوتبال چندان زیاد نیست و با کاهش عملکرد دوهای سرعتی در ارتباط نمی باشد، ولی این ظرفیت بالای بافری است که موجب افزایش

عملکرد در فعالیت های شدید می شود (۷،۸). در این میان نباید از میزان لاکتات و پیروات موجود در خون که ادامه فعالیت فرد را ممکن می سازند، به سادگی گذشت. از آنجا که لاکتات خون می تواند یک سوبسترای تولید انرژی برای قلب در حال فعالیت باشد و لاکتات طی ورزش یک منبع گلیکونئوژنز به حساب می آید و از طرف دیگر پیروات هم به عنوان یک ماده تولید انرژی در بدن مطرح است، لذا نسبت این دو ماده می تواند در میزان کارآمدی سیستم هوازی بازیکنان فوتبال موثر باشد (۱۰). با این وجود، علی رغم مکانیسم های موجود برای مصرف و پاک سازی لاکتات و پروتون ها در درون عضلات، فعالیت های شدید و حداکثری، میزان لاکتات و پروتون های بیشتری از توان این مکانیسم ها تولید می کنند. این مکانیسم در زمان انجام فعالیت های شدید غالب است و مسئول تقریبا ۷۵-۷۰ درصد خروج پروتون و ۸۰-۷۰ درصد خروج لاکتات از سلول عضلانی است و در نتیجه PH می تواند تا ۶/۴ در داخل سلولهای عضلانی و تا ۶/۹۴ در خون پس از فعالیت هایی با حداکثر تلاش کاهش یابد. بنابراین مکانیسم های انتقال دهنده لاکتات و تنظیم کننده PH می توانند عامل محدودکننده ای برای عملکرد در طول بازی فوتبال باشند (۹). از طرف دیگر، کاهش تجمع لاکتات (عامل ایجاد خستگی فیزیولوژیکی) تاثیرات مثبت بسیاری برای سلولهای بدن ورزشکاران دارد، که می تواند موجب افزایش حداکثر عملکرد ورزشکاران و به تاخیر افتادن زمان واماندگی شود.

یک پروتکل استقامتی موجب سازگاری های زیادی در متابولیسم هوازی (به وسیله آنزیم های اکسیداتیو) و عملکرد استقامتی می شود، در حالی که تمرین دوهای سرعتی غلظت سوبستراهای انرژی و فعالیت آنزیم های مربوط به متابولیسم بی هوازی را افزایش می دهد (۱۱). ساز و کار تنظیم‌کننده PH می تواند با تمرینات مختلف سازگاری پیدا کند و این سازگاری برای عملکرد بازیکنان اهمیت فوق العاده ای دارد. معمولا رابطه خطی بین تجمع لاکتات و پیروات و PH عضلانی وجود دارد. سیستم تنظیم کننده PH در خون و عضله اسکلتی می تواند در پاسخ به تمرین، سازگاری پیدا کند. تاثیر مفید تمرین بر ظرفیت تنظیم PH در عضلات اسکلتی ورزشکاران را می توان هم در سطوح پروتئینی سلولی و هم در سطح عملکرد آنان جستجو کرد. در سطوح عملکردی ورزشکاران، تاثیرات تمرین بر تنظیم PH بررسی شده است (۱۲). با وجود انجام تمرینات شدید و سازگاری هایی که می توانند ایجاد کنند، گزارش شده است که تمرینات تداومی استقامتی نیز می توانند موجب تغییرات همودینامیک و سوخت و سازی شوند، ولی عملکرد استقامتی یا VO_{2max} را نمی توانند چندان تغییر دهند و همچنین تغییرات شگرفی هم در آنزیم ها موجب نمی شوند. اغلب ورزشکاران به یک برنامه تمرینی احتیاج دارند که در کوتاه ترین زمان بتواند آمادگی آنها را هر چه بیشتر افزایش دهد. این

موضوع زمانی اهمیت پیدا می کند که نیاز است بعد از دوره های بی تمرینی ناشی از آسیب، بیماری یا مشکلات شخصی و یا حتی زمانی که نیاز هست تغییرات ناگهانی در تمرینات به وجود آید، برنامه تمرینی برای افزایش آمادگی ورزشکاران طراحی شود. در این میان هر ورزشی نیازمند تمرین اختصاصی خود است (۱۱). به هر حال در بیشتر موارد هدف از آماده سازی ورزشکار، بهبود ویژگی های هوازی و بی هوازی او است. اغلب ورزشکاران نیازمند برنامه تمرینی هستند که در کوتاهترین زمان به آمادگی مطلوبی برسند (۱۳). اما از میان تمریناتی که برای بازیکنان فوتبال طراحی می شود، دویدن صرف یک فعالیت محبوب در بین بازیکنان به حساب نمی آید و از طرف دیگر بازی کردن فوتبال هم به تنهایی نمی تواند شدت تمرین کافی برای بازیکنان را فراهم کند (۱). در همین راستا در پژوهش هایی که تمرینات متناوب شدید به همراه توپ مورد بررسی قرار گرفته، نتایج نشان داده اند این نوع تمرینات موجب افزایش VO_{2max}، پرش عمودی و عملکرد بازیکنان فوتبال می شود (۱،۲)، ولی محدودیتهایی در هر دو تحقیق بیان شده اند. به عنوان مثال در یکی از پژوهش ها، تنها شش آزمودنی داوطلب به کار گرفته شدند و بر طبق گفته محقق مربوطه، این نتایج را نمی توان به سادگی به تمامی بازیکنان تعمیم داد و از طرف دیگر گروه کنترل نیز در این پژوهش وجود نداشت. در پژوهش دیگر نیز آزمودنی ها همگی جوان بودند و به دلیل شرایط خاص بلوغ و دوران رشد، نتایج آن را نیز باید با احتیاط تفسیر کرد (۱،۲). از طرف دیگر بر اساس اطلاعات موجود تنها یک پژوهش بطور همزمان هم از روش تمرینی هاف و هم از گروه کنترل استفاده کرده است که البته هیچ کدام از شاخص های مربوط به خستگی موجود در پژوهش حاضر بررسی نشده بود (۲). به همین دلیل در پژوهش حاضر، تاثیرات چهار هفته تمرین ویژه با توپ (هاف) بر شاخص های مختلف خستگی بازیکنان فوتبال مورد بررسی قرار گرفته است.

روش پژوهش

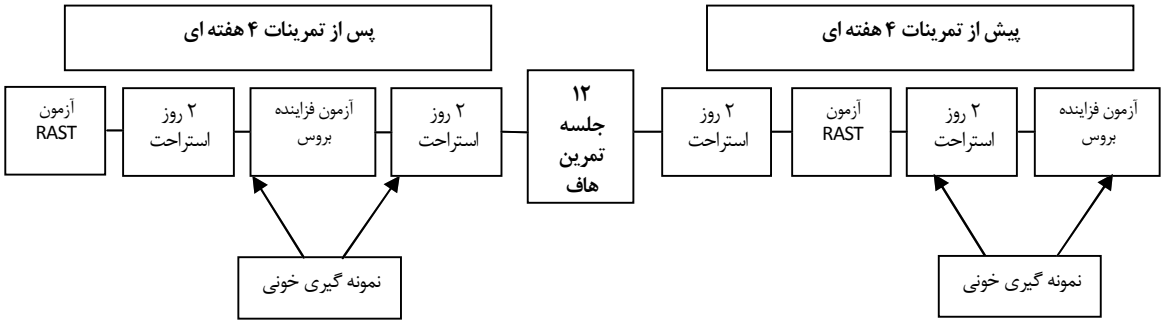
نوع مطالعه کاربردی و روش این پژوهش نیمه تجربی با دو گروه تجربی و کنترل است که تاثیر متغیر مستقل (اجرای تمرین هاف) بر متغیرهای وابسته (حداکثر توان بی هوازی، شاخص خستگی، نسبت لاکتات به پیروات، تراکم لاکتات، پیروات و PH) را مورد بررسی قرار می دهد.
جامعه آماری این پژوهش را بازیکنان فوتبال تشکیل دادند. تعداد نمونه نیز ۱۸ بازیکن فوتبال شاغل در لیگ آزادگان بودند که برای شرکت در این پژوهش به صورت در دسترس انتخاب شدند. بعد از انتخاب آزمودنی ها، از آنها رضایت‌نامه شرکت در این پژوهش گرفته شد و پس از آن، به دو گروه کنترل (۶ بازیکن) و تمرین (۱۲ بازیکن) تقسیم شدند و مراحل پژوهش برای

آنها توضیح داده شد. گروه‌ها به این دلیل این گونه انتخاب شد که بنابر هماهنگی با سرمربی تیمی که آزمودنی ها از آن تیم انتخاب شد، تصمیم بر آن شد که گروهی که تمرینات ویژه فوتبال را انجام می دادند تعدادشان بیشتر از گروه کنترل باشد تا انگیزه های تیم در تمرینات حفظ شود و تعداد کمتری از بازیکنان تمریناتی که به ظاهر می تواند برایشان سودمند باشد را انجام ندهند. گذشته از این محدودیت در پژوهش ما، بیشتر بودن تعداد آزمودنی ها در گروه تمرینی موجب قویتر بودن نتایج آماری نیز می شود.

در جدول۱ مشخصات ترکیب بدن و آنتروپومتریک آزمودنی ها آورده شده است. قبل از شروع پروتکل تمرینی، ابتدا از بازیکنان آزمون های آزمایشگاهی(خونگیری و بروس) و سپس آزمون میدانی رست[1] به عمل آمد (شکل۱).

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک گروه تمرین و کنترل

گروه	سن(سال)	قد(سانتی متر)	وزن(کیلوگرم)	شاخص توده بدنی	درصد چربی
تمرین	۲۲/۱۶±۲/۳۶	۱۷۴/۱۶±۵/۶۳	۶۷/۲±۶/۶۶	۲۲/۲±۱۱/۷۵	۱۲/۲۴±۳/۹۱
کنترل	۲۱/۳۳±۲/۰۶	۱۷۴/۳۳±۵/۱۶	۶۸/۹۳±۳/۲۶	۲۲/۵۴±۱/۶۸	۱۲/۶۸±۱/۷۶



شکل۱. شمای کلی زمانبندی اجرای پژوهش در مراحل پیش و پس آزمون به همراه پروتکل تمرینی به مدت چهار هفته

1. Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST)

به منظور اندازه گیری پیروات، دو سی سی از حجم خون به آرامی داخل لوله هایی که حاوی چهار سی سی اسید پرکلریک ۰/۶ مولار (۸ درصد) بود، قرار گرفت. سپس به مدت ۱۵ دقیقه، لوله تکان داده شد تا خون با اسید دناتوره شود و پس از آن بلافاصله در دور ۱۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ شد و بلافاصله برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه فرستاده شد. به منظور تهیه لاکتات هم، نمونه های خونی در لوله ای که حاوی اسید پرکلریک ۰/۶ مولار (۸ درصد) بود ریخته شد و در ۳۰۰۰ دور در دقیقه و در مدت ده دقیقه سانتریفیوژ شد تا سرم آن بدست آید و بعد از آن، سرم بدست آمده به آزمایشگاه فرستاده شد تا تجزیه و تحلیل شود. مراحل خونگیری همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است در چهار مرحله انجام شد. مراحل به این ترتیب بود که متغیرهای استراحتی و واماندگی نسبت لاکتات به پیروات در زمان های قبل و بعد از تمرینات هاف گرفته شد. بدین ترتیب با توجه به تغییرپذیر بودن نسبت لاکتات به پیروات در هنگام واماندگی نسبت به زمان استراحت می توان اثر سازگاری بر پاسخ را سنجید.

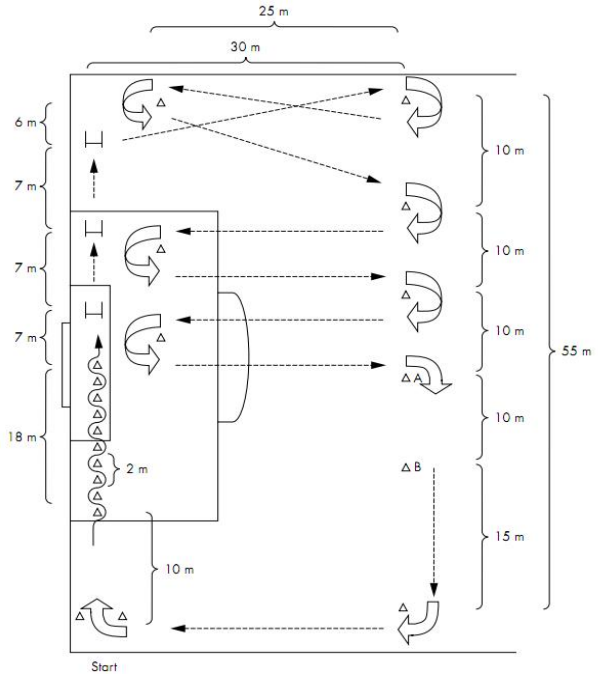
از طرف دیگر ارزش‌های PH با استفاده از تراکم لاکتات و پیروات در خون با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۱۳):

PH= ۷/۰۶- ۰/۰۰۴۱۳ × ((لاکتات (میلی گرم/دسی لیتر) + پیروات (میلی گرم/دسی لیتر))

بروس: آزمون در شرایطی برگزار شد که دمای اتاق ۲۲/۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۲۴ درصد بود. ابتدا از آزمودنی ها خونگیری به عمل آمد و سپس هر کدام از آزمودنی ها قبل از رفتن روی نوارگردان، به مدت ده دقیقه با شدت ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب پیش بینی شده گرم کردند (۱۴). پس از آن روی نوارگردان رفتند و تحت آزمون بروس دویده تا به واماندگی برسند و پس از آن بلافاصله دوباره خونگیری به عمل آمد.

برنامه چهار هفته ای تمرین متناوب هوازی سه جلسه در هفته، شامل چهار دوره حرکت با توپ بود که در مسیر طراحی شده، انجام شد (شکل۲). مخروط های مورد استفاده به منظور طراحی مسیر تمرین ۰/۳ متر ارتفاع و ۰/۱۵ متر عرض داشت. شدت تمرین برابر با ۹۵-۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب هر بازیکن بود که قبلا بر روی تریدمیل و به وسیله آزمون بروس اندازه گیری شده بود. روش اجرای تمرین نیز به این شکل بود که بازیکنان ۱۰ مخروط اول را به شکل مارپیچ دریبل می‌کردند و با توپ از مانع هایی به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر می پریدند. پس از آن مخروط های بعدی را به صورت مارپیچ طی می‌کردند و از نقطه A تا B در حالی که توپ را کنترل می کردند رو به عقب حرکت می کردند و سپس بر می گشتند و به طرف نقطه شروع

حرکت می کردند. دوره های کاری فعالیت شامل چهار دوره چهار دقیقه ای بود که با سه دقیقه استراحت فعال با ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب جدا شد. میزان ضربان قلب بازیکنان نیز به وسیله ضربان سنج (بیورر مدل PM45، آلمان) اندازه‌گیری شد. این تمرین متناوب هوازی شدید سه مرتبه طی هفته و در پایان جلسات تمرینی تیم فوتبال و در یک زمان یکسان انجام شد. چهار هفته مداخله تمرینی همزمان بود با سه هفته تمرین در زمان پیش فصل و یک هفته آخر نیز با هفته اول مسابقات باشگاهی همزمان بود (۱۵).



شکل۲. در تمرین هاف هر بازیکن باید توپ را در مسیرهایی که مشخص شده است حمل کند. عرض محوطه تمرین ۳۵ متر و طول آن ۵۵ متر می باشد. بازیکن فاصله بین مخروط A تا B را باید رو به عقب حرکت کند.

با توجه به نتایج آزمون های کولموگروف اسمیرنوف و لون[1] که نشان داد توزیع داده ها طبیعی و تجانس واریانس وجود دارد، برای تعیین تفاوت میانگین های لاکتات، پیروات، نسبت لاکتات به پیروات و PH با توجه به اندازه گیری آنها قبل و بعد از واماندگی در زمانهای پیش و پس از تمرینات هوازی شدید، از تحلیل واریانس یک طرفه با اندازه گیری مکرر[2] و آزمون تعقیبی

1. Leven's Test
2. ANOVA Repeated Measurement

LSD؛ و همچنین برای سنجش تفاوت بین میانگین های گروه کنترل و گروه تمرینی در شاخص های حداکثر توان بی هوازی و شاخص خستگی و زمان واماندگی با توجه به تجانس واریانس ها از آزمون t مستقل استفاده شد. تمامی تحلیل ها در سطح P≤0/05 انجام شد.

نتایج

اطلاعات جدول ۲ نشان می دهد ارزش عددی P در سه متغیر عملکردی مربوط به خستگی بزرگتر از ۰/۰۵ است. بنابراین تفاوت بین میانگین های پس آزمون بین دو گروه تمرینی و کنترل در این شاخص ها معنادار نیست. یعنی چهار هفته تمرین متناوب شدید (هاف) بر حداکثر توان بی هوازی و شاخص خستگی و زمان واماندگی بازیکنان فوتبال مرد باشگاهی تاثیر نداشت (جدول ۲).

جدول۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مربوط به گروه تمرین و کنترل و میزان معناداری تفاوت بین میانگین ها با استفاده از آزمون t مستقل

متغیر		پیش آزمون	پس آزمون	معناداری
وزن	گروه تمرینی	۶۷/۲±۶/۶۶	۶۷/۶۳±۶/۷۴	۰/۶۸۵
	گروه کنترل	۶۸/۹۳±۳/۲۶	۶۸/۸۴±۳/۱۱	
درصد چربی بدن	گروه تمرینی	۱۲/۲۴±۳/۹۱	۱۲/۳۳±۳/۶۷	۰/۹۷۰
	گروه کنترل	۱۲/۶۸±۱/۷۶	۱۲/۴±۱/۸۵	
حداکثر توان	گروه تمرینی	۴۶۵/۰۰±۹۲/۷۳	۵۳۳/۳۸±۱۰۰/۶۶	۰/۴۵۹
	گروه کنترل	۴۹۵/۴۵±۶۶/۴۹	۴۹۸/۳۳±۷۰/۸۲	
VO_{2max} (ml/kg/min)	گروه تمرینی	۴۹/۱۴±۴/۶۵	۵۱/۸۷±۵/۱۳	۰/۷۴۶
	گروه کنترل	۵۰/۵۸±۳/۳۰	۵۱/۱۱±۳/۲۱	
(s)Tmax	گروه تمرینی	۸۱۲/۵±۷۱/۲۲	۸۵۶/۳۳±۷۴/۵۹	۰/۶۶۲
	گروه کنترل	۸۳۳/۳۳±۵۱/۲۵	۸۴۱/۳۳±۴۸/۱۴	
شاخص خستگی(W/s)	گروه تمرینی	۴/۴۷±۲/۲۸	۵/۸۳±۲/۳۳	۰/۲۶۱
	گروه کنترل	۴/۵۷±۱/۲۷	۴/۶۴±۱/۱۳	

با توجه به اطلاعات جدول۳، ارزش عددی P در آزمون آماری واریانس با اندازه گیری مکرر کوچکتر از ۰/۰۵ است. پس از آن با استفاده از آزمون تعقیبی LSD مشخص شد تفاوت نسبت لاکتات به پیروات، تراکم پیروات، تراکم لاکتات و PH بلافاصله پس از واماندگی در مقایسه با زمان استراحت هم در زمان پیش آزمون و هم در زمان پس آزمون معنادار است (جدول۴). از طرف دیگر، تفاوت میزان متغیر های فوق پس از واماندگی در زمان پس آزمون در مقایسه با زمان پیش آزمون معنادار نبود. همچنین سطح استراحتی آنها نیز در زمان پس آزمون در

مقایسه با پیش آزمون تفاوت معناداری نداشت، یعنی چهار هفته تمرین متناوب شدید (هاف) بر پاسخ نسبت لاکتات به پیروات، تراکم پیروات، تراکم لاکتات و PH خون بازیکنان فوتبال مرد باشگاهی تاثیر نداشته است.

جدول۳. نتایج آزمون آنوا در مورد مقایسه میانگین و انحراف استاندارد متغیرها در چهار مرحله

متغیر	پیش آزمون		پس آزمون		معناداری
	قبل از آزمون واماندگی(۱)	بعد از آزمون واماندگی(۲)	قبل از آزمون واماندگی(۳)	بعد از آزمون واماندگی(۴)	
تراکم لاکتات (میلی گرم/دسی لیتر)	۱/۱۰±۰/۲۱	۱۲/۵۲±۱/۷۵*	۱/۲۵±۰/۳۰	۱۱/۵۷±۱/۹۵*	۰/۰۰۱
تراکم پیروات (میلی گرم/دسی لیتر)	۰/۵۳±۰/۴۸	۱/۱۸±۰/۵۴*	۰/۵۴±۰/۱۹	۱/۴۲±۰/۴۴*	۰/۰۰۱
نسبت لاکتات به پیروات(L/P)	۲۸/۱۴±۱۳/۰۷	۱۰۹/۲۷±۸۲/۳۰*	۲۱/۲۳±۱۳/۴۲	۷۷/۲۵±۳۰/۶۵*	۰/۰۰۱
PH	۷/۰۴±۰/۰۱	۶/۹±۰/۰۲*	۷/۰۴±۰/۰۱	۷±۰/۰۲*	۰/۰۰۱

*مراحل (۱) و (۲) مربوط به قبل و بعد از واماندگی در زمان پیش آزمون و مراحل (۳) و (۴) مربوط به قبل و بعد از واماندگی در زمان پس آزمون می باشد.

جدول۴. آزمون تعقیبی LSD میانگین متغیرها در چهار مرحله

مراحل خونگیری	مراحل خونگیری	خطای استاندارد				معناداری			
		لاکتات/ پیروات	پیروات	لاکتات	PH	لاکتات/ پیروات	پیروات	لاکتات	PH
	۲	۲۵/۷۲۳	۰/۱۶۹	۰/۴۷۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱
۱	۳	۳/۸۹۹	۰/۱۴۱	۰/۱۰۸	۰/۰۰۱	۰/۱۶۸	۱/۰۰۰	۰/۲۰۲	۰/۴۲۷
	۴	۸/۰۳۱	۰/۱۸۹	۰/۵۵۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱
	۱	۲۵/۷۲۳	۰/۱۶۹	۰/۴۷۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱
۲	۳	۲۵/۳۴۳	۰/۱۶۶	۰/۵۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱
	۴	۲۱/۷۲۳	۰/۱۶۵	۰/۴۴۸	۰/۰۰۲	۰/۰۷۱	۰/۱۷۴	۰/۰۵۶	۰/۰۷۴
	۱	۳/۸۹۹	۰/۱۴۱	۰/۱۰۸	۰/۰۰۱	۰/۱۶۸	۱/۰۰۰	۰/۲۰۲	۰/۴۲۷
۳	۲	۲۵/۳۴۳	۰/۱۶۶	۰/۵۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱
	۴	۶/۷۲۶	۰/۱۱۵	۰/۴۸۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱
	۱	۸/۰۳۱	۰/۱۸۹	۰/۵۵۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱
۴	۲	۲۱/۷۲۳	۰/۱۶۵	۰/۴۴۸	۰/۰۰۲	۰/۰۷۱	۰/۱۷۴	۰/۰۵۶	۰/۰۷۴
	۳	۶/۷۲۶	۰/۱۱۵	۰/۴۸۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱

۱. قبل از آزمون واماندگی قبل از شروع تمرینات؛ ۲. بعد از آزمون واماندگی قبل از شروع تمرینات؛ ۳. قبل از آزمون واماندگی بعد از شروع تمرینات؛ ۴. بعد از آزمون واماندگی بعد از شروع تمرینات

بحث و نتیجه گیری

مطالعه ما نشان داد پس از مداخله تمرینی یک ماهه، میانگین حداکثر توان بی هوازی و همچنین شاخص خستگی بازیکنان فوتبال به ترتیب به میزان ۶۸ وات (۱۴درصد) و ۱/۳۶ وات بر ثانیه (۳۰ درصد) بهبود داشت. با احتساب این افزایش میانگین حداکثر توان از ۴۶۵ وات در زمان پیش آزمون به ۵۳۳ وات در پایان مداخله تمرینی و میانگین شاخص خستگی از ۴/۴۷ وات بر ثانیه در زمان پیش آزمون به ۵/۸۳ وات بر ثانیه در پایان مداخله تمرینی رسید. ولی زمانی که این بهبودی در شاخص های بی هوازی با نتایج بدست آمده از گروه کنترل مقایسه شد، تغییرات معنادار نبود. با توجه به شاخص بی هوازی که عنوان شد، مک کنا و همکاران[1] (۱۹۹۷) بهبود معنادار اوج توان بی هوازی را پس از هفت هفته تمرینات تناوبی شدید گزارش کردند (۱۶). در افراد فعال هم هشت هفته تمرین تناوبی شدید موجب افزایش اوج توان بی هوازی شد (۱۷). همچنین بورگومستر و همکاران[2] (۲۰۰۸) گزارش کردند شش هفته تمرین تناوبی شدید منجر به افزایش ۱۷ درصدی اوج توان بی هوازی شد (۱۸). با این وجود جاکوبز و همکارانش[3] در سال ۱۹۸۷ گزارش کردند شش هفته تمرین تناوبی شدید افزایشی در اوج توان بی هوازی ایجاد نکرد (۱۹). تمامی این پژوهش ها از تمرینات متناوب شدید کوتاه ۱۵-۱۰ ثانیه ای با حداکثر تلاش استفاده کردند و با توجه به اصل ویژگی تمرین، شاخص های توان بی هوازی آزمودنی های شان افزایش پیدا کرد ولی در رابطه با پژوهش جاکوبز و همکاران این نکته قابل توجه بود. اولاً آنها از آزمودنی های دوچرخه سوار نخبه استفاده کرده بودند که شش هفته تمرین نتوانست تاثیر معناداری بر توان بی هوازی آنها بگذارد. ثانیاً آنها برای برآورد توان بی هوازی از آزمون وینگیت استفاده کرده بودند که به گفته خودشان این آزمون حساسیت بالایی برای سنجش سازگاری های ناشی از تمرین نداشت. از سوی دیگر با توجه به پروتکل های هوازی تر و شبیه به پروتکل پژوهش ما نیکبخت و همکاران[4] (۲۰۱۱) گزارش کردند پس از هشت هفته دو جلسه ای تمرین به صورت چهار دوره چهار دقیقه ای دویدن با شدت ۹۰ درصد VO_{2max} که با سه دقیقه استراحت از هم جدا می شد، ۲۲درصد مجموع زمان آزمون رست به صورت معناداری بهبود یافت که به معنی آن است که عملکرد بهتر شده بود و همچنین ۴/۸ درصد هم شاخص خستگی به صورت معناداری کمتر شد (۲۰). نکات قابل توجه

1. McKenna and et.al
2. Burgomaster and et.al
3. Jacobs and et.al
4. Nikbakht and et.al

در این پژوهش آن است که به مانند پژوهش ما آنان از بازیکنان فوتبال تمرین کرده استفاده کرده بودند و اگر چه گروه کنترل نداشتند ولی هشت هفته تمرین متناوب هوازی شدید توانسته بود بر شاخص خستگی و مجموع زمان آزمون رست تاثیر بگذارد. از طرف دیگر با توجه به عدم تاثیر معنادار تمرینات چهار هفته ای هاف بر شاخص های دیگر توان بی هوازی، گزارش شده است سطح بالایی از آمادگی هوازی پیش نیاز افزایش عملکرد بی هوازی در طول فعالیت های متناوب است (۲۱). بنابراین با توجه به اینکه آزمودنی های ما اگرچه تمرین کرده بودند ولی از آمادگی هوازی خیلی بالایی که برای بازیکنان نخبه ذکر شده (۵۷ تا ۷۵ میلی لیتر به ازای هرکیلوگرم از وزن بدن در دقیقه (۲۲) برخوردار نبودند. با توجه به این نکته و همچنین چهار هفته ای بودن پروتکل، می توان عنوان کرد که احتمالاً اگر مدت تمرینات بیشتر بود با افزایش توان هوازی به صورت معنادار، شاخص های دیگر توان بی هوازی هم افزایش معناداری پیدا می کرد.

از طرف دیگر مطالعه حاضر نشان داد پس از مداخله تمرینی یک ماهه میانگین نسبت لاکتات به پیروات بازیکنان در زمان استراحت ۲۵ درصد و در زمان واماندگی ۲۹ درصد کاهش داشت. یعنی در زمان استراحت، نسبت لاکتات به پیروات از ۲۸ واحد قبل از تمرینات هاف، به ۲۱ واحد در زمان بعد از تمرینات هاف رسید. همچنین در زمان واماندگی، نسبت لاکتات به پیروات از ۱۰۹ واحد به ۷۷ واحد پس از مداخله تمرینی رسید. از طرف دیگر به خوبی مشخص شده است تولید لاکتات همزمان با تشکیل یون هیدروژن (H^+) و افت سطح PH رخ می دهد. تجمع بیش از حد یون هیدروژن در طول فعالیت ممکن است بر سازگاری های سیستم تنظیم کننده PH در درون عضله اسکلتی تاثیر منفی بگذارد. یافته های جدید نشان دادند تمرینات متناوب با دوره های استراحت کوتاه (یک دقیقه) و PH پایان فعالیت ۶/۸۱ منجر به کاهش غلظت ظرفیت بافری درون سلولی شود و این در حالی است که تمرینات متناوب با دوره های استراحت طولانی ۳دقیقه ای (مانند پژوهش حاضر) و PH پایان فعالیت ۶/۹ منجر به افزایش غلظت ظرفیت بافری درون سلولی می شود (۲۳). بر همین اساس پیش‌بینی می شود تمرین شدید به صورت تک جلسه که تحریک کننده PH عضلانی پایین است ممکن است منجر به کاهش بیشتری در لاکتات عضلانی و یون هیدروژن بعد از تمرینات شدید تناوبی شود. همچنین پنج هفته تمرین شدید بر روی دوچرخه موجب کاهش لاکتات عضلانی و تجمع یون هیدروژن شد و این نتایج به طور برجسته‌ای به کاهش تولید لاکتات و یا افزایش حذف لاکتات نسبت داده شده است. افزایش آمادگی هوازی ۱۰ تا ۱۳ درصدی در VO_{2max} و آستانه لاکتات، کاهشی را در سوخت و ساز بی هوازی و افزایش توان هوازی نشان داد. بعلاوه بعد از تمرینات

استقامتی، کاهش گلیکوژنولیز گزارش شده است که این کاهش گلیکوژنولیز بی هوازی منجر به کاهش لاکتات خواهد شد (۲۳). بر این اساس، پژوهش ما نشان داد نسبت لاکتات به پیروات پس از تمرینات هوازی به میزان ۲۹ درصد در زمان واماندگی کاهش داشت. این کاهش در زمان واماندگی پس از یک دوره تمرین هوازی شدید احتمالا موجب افزایش عملکرد بازیکنان در طول مسابقات فوتبال خواهد شد. در مطالعه ای دیگر نشان داده شد پس از یک دوره تمرینات متناوب هوازی، غلظت لاکتات عضلانی در طول اولین ۶۰ ثانیه پس از فعالیت شدید تغییر معناداری پیدا نکرد (۲۳). همچنین دو هفته تمرین متناوب هوازی شدید (HIIT[1]) که در شدت تمرین ۸۰ تا ۹۵ درصد VO_{2max} انجام شد، فواید مشابهی با تمرینات شدت متوسط یا متناوب سرعتی داشت که انجام HIIT در طول دوره های طولانی تری از زمان (۴ تا ۶ هفته)، موجب افزایش عملکرد در دوره های فعالیت شدید، ظرفیت بافری عضله، میزان اکسیداسیون چربی کل بدن در طول فعالیت شده است. همچنین دو هفته تمرین مانند پروتکل تحقیق حاضر ولی بر روی دوچرخه در زنان ورزشکار تفریحی موجب افزایش ۱۳ درصدی VO_{2max} شد و از طرف دیگر لاکتات زمان واماندگی هم ۱۰ درصد (از ۱۱/۱ به ۹/۹میلی مول) کاهش داشت که البته معنادار نبود (۲۴). در مجموع براساس پژوهشی دیگر، غلظت لاکتات و پیروات سیاهرگ بازویی در طول فعالیت پیشرونده تا VO_{2max} تمایل به افزایش دارد، ولی این افزایش در لاکتات بیشتر بود و همانطور که عنوان شد، تمرین استقامتی به طور معناداری آزادسازی لاکتات را در مقادیر تمرین مختلف کاهش می دهد. پس از نه هفته تمرین هوازی، همانطور که مدت فعالیت افزایش می یابد، در شدت های فعالیت های مختلف آزاد سازی پیروات از عضله در حال تمرین تمایل به افزایش بیشتری دارد تا آزاد سازی لاکتات (۱۰). در پژوهشی دیگر، طی اندازه گیری VO_{2max} با آزمون پیشرونده، تمایلی برای افزایش پیروات خون دیده شد ولی در طول فعالیت زیر بیشینه ادامه دار این مورد دیده نشد (۲۵). ثابت شده است عضله اسکلتی در حال فعالیت به تنهایی مسئول افزایش نسبت لاکتات به پیروات نیست (۱۰). از طرف دیگر نسبت لاکتات به پیروات بالا نشان دهنده تبدیل متابولیسم هوازی به بی هوازی است (۲۶) و همچنین جریان خون مغزی زمانی که نسبت لاکتات به پیروات بالا رود افزایش می یابد و زمانی که این نسبت کاهش یابد، نزول می کند (۲۷). پس در مطالعه حاضر اگرچه تفاوت معنادار نبود ولی کاهش ۲۹ درصدی این نسبت در زمان واماندگی قبل و بعد از چهار هفته نشان دهنده تمایل عضلات به استفاده از منابع هوازی دارد. با توجه به افزایش غیر معنادار زمان واماندگی همراه با کاهش نسبت لاکتات به پیروات که همگی با افزایش کمی در VO_{2max}

1. High Intensity Intermittent Training

همراه بود، می توان اینگونه عنوان کرد که تمایل به افزایش توان هوازی ، موجب کاهش حداکثر لاکتات اوج شده و از طرف دیگر احتمالا میزان یون هیدروژن نیز کاهش یافته است که موجب افزایش زمان واماندگی بر روی نوارگردان شده و همچنین نسبت لاکتات به پیروات نیز کاهش یافته که همانطور که عنوان شد نشان دهنده افزایش متابولیسم هوازی است. بعلاوه، به خوبی ثابت شده که سازگاریها در فعالیت آنزیم میتوکندریایی، تراکم میتوکندریایی و تراکم مویرگی می تواند به سرعت تحت تاثیر تمرین افزایش یابد و مکانیسم دیگر تمرینات شدید آن است که این نوع تمرینات، موجب بهبود عملکرد بی هوازی و سپس تنظیم سلولی می شود که این موارد آستانه تحمل تولیدات متابولیسمی بی هوازی را افزایش می دهد و شروع خستگی را به تاخیر می اندازد (۲۸). تمامی این تغییرات که عنوان شد احتمالا در بازیکنان مورد آزمون ما رخ داد ولی احتمالا به دلیل کم بودن زمان پروتکل (چهارهفته) این تفاوتها نتوانست تا حدی افزایش یابد که از نظر آماری معنادار باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد چهار هفته تمرین هوازی شدید با توپ (هاف) نتوانست بر شاخص نسبت لاکتات به پیروات، تراکم لاکتات، پیروات و PH خون تاثیر بگذارد. با توجه به کاهش غیرمعنادار این متغیرها می توانیم نتیجه بگیریم که احتمالا مدت زمان کم پروتکل، موجب عدم معناداری این کاهش شد. از طرف دیگر، این دوره چهار هفته ای می تواند تاثیر هر چند غیرمعنادار بر شاخص های بروز خستگی بازیکنان بگذارد. لذا همین تغییرات جزئی می تواند در بهبود عملکرد ورزشکار در طول مسابقات تاثیرگذار باشد. بنابراین به طور کلی استفاده از این نوع تمرینات در مدت بیشتر از چهار هفته احتمالا می تواند بر آمادگی هوازی و بی هوازی بازیکنان تاثیر مثبت بگذارد. البته این خود نیازمند انجام پژوهش های بیشتری در این زمینه است.

منابع

1. Hoff J, Wisloff U, Engen L C, Kemi O J, Helgerud J (2002). Soccer Specific Aerobic Endurance Training. Br J Sports Med; 36:218–1.
2. Mcmillan K, Helgerud J, Macdonald R, Hoff J (2005). Physiological Adaptations to Soccer Specific Endurance Training In Professional Youth Soccer Players. Br J Sports Med; 39:273–7.
3. Mohr M, Krustrup P, Bangsbo J (2005). Fatigue in soccer: a brief review. Journal of Sports Sciences, 23(6), 593-9.
4. Mosey T (2009). High Intensity Interval Training in Youth Soccer Players –

Using Fitness Testing Results Practically. Journal of Australian Strength and Conditioning.17 (4)49-51.

5. Donald Sommerville A (2009). Seasonal Variation of Fitness Levels in Professional Youth Soccer Players over a Competitive Season. Degree of Master of Exercise Science. University of Glasgow.
6. Rodas G, Ventura J L, Cadefau J A, Cusso R, Parra J (2000). A Short Training Programme For The Rapid Improvement Of Both Aerobic And Anaerobic Metabolism. Eur J Appl Physiol, 82: 480-6.
7. Krustrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. Med Sci Sports Exerc. 38: 1165-74.
8. Gibala M J. Nutritional strategies to support adaptation to high-intensity interval training in team sports. Nutrition to manipulate adaptation to endurance type exercise training: 10.
9. Messonnier L, Kristensen M, Juel C, Denis C (2007). Importance of pH regulation and lactate/H+ transport capacity for work production during supramaximal exercise in humans. Journal of Applied Physiology, 102(5), 1936-44.
10. Henderson G C, Horning M A, Lehman S L, Wolfel E E, Bergman B C, Brooks G A(2004). Pyruvate Shuttling During Rest and Exercise Before and After Endurance Training In Men. J Appl Physiol .97: 317–25
11. Ortiz Mj, Stella S, Mello Mt, Denadai Bs (2003). Efeitos Do Treinamento De Alta Intensidade Sobre A Economia De Corrida Em Corredores De Endurance. Rev Bras Cienc Mov; 11:53-6.
12. Juel C (2008). Regulation of pH in human skeletal muscle: adaptations to physical activity. Acta physiologica 193(1): 17-24.
13. Rodas G, Ventura J L, Cadefau J A, Cusso R, Parra J (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. European journal of applied physiology, 82(5), 480-6.
14. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Hoff J (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO_{2max} More Than Moderate Training. Medicine and science in sports and exercise, 39(4), 665.
15. James Rogers T (2010). The Effect of High Intensity Running Training on Work Capacity in Football (Soccer). Degree of Master of Exercise Science. School Of Exercise Science.Faculty of Health Sciences.Australian Catholic University.

16. McKenna M J, Heigenhauser G J F, Mckelvie R S, Macdougall J D, Jones N L (1997). Sprint Training Enhances Ionic Regulation During Intense Exercise In Men. The Journal Of Physiology, 501(3), 687-702

17. Barnett C, Carey M, Proietto J, Cerin E, Febbraio Ma ,Jenkins D (2004). Muscle Metabolism During Sprint Exercise In Man: Influence Of Sprint Training. J Sci Med Sport 7: 221-314.

18. Burgomaster K A, Howarth K R, Phillips S M, Rakobowchuk M, MacDonald M J, McGee S L, Gibala M J (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. The Journal of physiology, 586(1), 151-60.

19. Jacobs I, Esbjornsson M, Sylven C, Holm I, Jansson E(1987) Sprint Training Effects On Muscle Myoglobin, Enzymes ,Fiber Types, And Blood Lactate. Med Sci Sports Exerc 368: 19-74.

20. Nikbakht H, Keshavarz S, Ebrahim K (2011).The Effects of Tapering on Repeated Sprint Ability (Rsa) And Maximal Aerobic Power In Male Soccer Players. American Journal Of Scientific Research 30, 125-33

21. Bakhtiari A, Rastegar R M (2012).Correlation Between Running-Based Anaerobic Sprint Test (Rast) Field Tests, Sargent Jump And 300 Yard Shuttle Run Tests With Laboratory Anaerobic Wingate Test In Evaluation Of Indoor Soccer Player's Anaerobic Readiness. Annals Of Biological Research, 2012, 3 (1):377-84.

22. Iaia F M, Rampinini E, Bangsbo J (2009). High-Intensity Training In Football. International Journal Of Sports Physiology And Performance, 4(3), 291.

23. Bishop D, Edge J, Thomas C, Mercier J (2008). Effects Of High-Intensity Training On Muscle Lactate Transporters And Postexercise Recovery Of Muscle Lactate And Hydrogen Ions In Women. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 295: 1991–8.

24. Talanian J L, Galloway S D R, Heigenhauser G J. F., Bonen A, Spriet L L (2007).Two Weeks Of High-Intensity Aerobic Interval Training Increases The Capacity For Fat Oxidation During Exercise In Women. J Appl Physiol 102: 1439–47

25. Rasmussen P, Plomgaard P, Krogh-Madsen R, Kim Y S, Van Lieshout J J, Secher N H, Quistorff B (2006). Mca Vmean And The Arterial Lactate-To-Pyruvate Ratio Correlate During Rhythmic Handgrip. Journal Of Applied Physiology, 101(5), 1406-11.

26. Hoelper B M, Hofmann E, Sporleder R, Soldner F, Behr R (2003).Transluminal Balloon Angioplasty Improves Brain Tissue Oxygenation And Metabolism In Severe Vasospasm After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage:Case Report. Neurosurgery 52:970-6.

27. Mintun M A, Vlassenko A G, Rundle M M, Raichle M E (2004). Increased Lactate/Pyruvate Ratio Augments Blood Flow In Physiologically Activated Human Brain. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101(2), 659.

28. Wolfe Rr, Jahoor F, Miyoshi H (1988). Evaluation Of The Isotopic Equilibration Between Lactate And Pyruvate. Am J Physiol Endocrinol Metab 254: 532–5.

ارجاع دهی به روش ونکوور:

قره داغی نیما، کردی محمدرضا، گائینی عباسعلی. تغییرات شاخص های عملکردی و متابولیسمی ویژه خستگی در پاسخ به یک دوره تمرین هوازی شدید در بازیکنان فوتبال. فیزیولوژی ورزشی. زمستان ۱۳۹۲؛ ۵(۲۰):۹۶-۸۱