پژوهش در علوم ورزشی شماره ۲۶، بهار ۱۳۸۹، صص ۱۸۸-۱۷۳

تأثیر زمان روز بر سوخت و ساز چربی در طی فعالیت بدنی زیر بیشینه و دورهٔ بازیافت

دکتر مینو باسامی[۱]، دکتر سجاد احمدی‌زاد[۲]، دان مکلارن[۳]

۱. عضو هیئت علمی پژوهشکدهٔ تربیت بدنی
۲. استادیار دانشگاه شهید بهشتی
۳. پروفسور تغذیه ورزش دانشگاه جان مورس انگلستان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۶/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۸/۳۰

چکیده

هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر زمان روز بر شاخص‌های سوخت و ساز چربی در زمان استراحت و در پاسخ به فعالیت بدنی زیر بیشینه و دورهٔ بازیافت (ریکاوری) بوده است. در این پژوهش، تعداد ۹ مرد سالم با (میانگین± انحراف معیار ، سن ۵ ± ۲۶ سال، وزن ۵/۹ ± ۷۴ کیلوگرم و قد۴/۶ ±۱۷۷/۴ سانتی‌متر) در دو روز مجزا و با فاصلهٔ سه روز، دو جلسه دویدن با شدت ۶۵درصد اکسیژن مصرفی اوج را برای مدت ۴۵ دقیقه روی نوارگردان در صبح (ساعت ۸) و بعد از ظهر (ساعت ۲۰) اجرا کردند. ضربان قلب در طی دورهٔ فعالیت ثبت شد و سه نمونهٔ خونی سیاهرگی قبل از فعالیت، سریعاً بعد از فعالیت و بعد از ۳۰ دقیقه بازیافت غیر فعال گرفته شد. نمونه‌های خونی برای اندازه‌گیری اسید چرب آزاد استریفیه نشده (NEFA)، گلیسرول، بتا هیدروکسی بوتیرات، لاکتات و گلوکز تجزیه و تحلیل شدند. مقدار سوخت و ساز چربی و کربوهیدرات برای دوره‌های ۵ دقیقه‌ای در قبل از فعالیت بدنی، سریعاً بعد از فعالیت و ۵ دقیقهٔ آخر دورهٔ بازیافت با استفاده از VCo_2 و VO_2 به‌دست آمده از گازهای تنفسی محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که غلظت گلیسرول و NEFA در هر دو جلسهٔ صبح و بعدازظهر بعد از ۴۵ دقیقه دویدن افزایش معنی‌داری (P<۰/۰۵) داشت و در پایان دورهٔ بازیافت به سطح قبل از ورزش بازگشت. بتا هیدروکسی بوتیرات در طی فعالیت زیر بیشینه، تغییر معنی‌داری نداشت اما در طی دورهٔ بازیافت دارای افزایش معنی‌داری بود. بین مقادیر استراحتی تمامی شاخص‌ها به استثنای NEFA در صبح و بعد از ظهر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. غلظت استراحتی NEFA در بعد از ظهر به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) بالاتر از صبح بود. با این حال، زمان روز بر پاسخ شاخص‌های متابولیکی خون به ورزش تأثیر معنی‌داری نداشت. میزان سوخت کربوهیدرات به طور معنی‌داری در ۵ دقیقه بعد از ورزش بالاتر از داده‌های قبل از ورزش بود و همچنین در طی دورهٔ بازیافت، کاهش داشت، در حالی

Archive of SID

www.SID.ir

که سوخت چربی در طی ورزش بـدون تغییـر، و در دورهٔ بازیافـت، افـزایش نشـان داد. تفـاوت معنی‌داری بین سوخت چربی و کربوهیدرات در زمان استراحت و در پاسخ به ورزش در دو جلسه صبح و بعد از ظهر مشاهده نشد. بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که زمان روز بر پاسخ شاخص‌های سوخت‌وساز چربی به ورزش زیـر بیشـینه در مـردان تـأثیری نـدارد و تغییرات این شاخص‌ها در طی فعالیت زیر بیشینه، وابسته به زمان روز نمی‌باشد.

کلیدواژه‌های فارسی: **زمان روز، فعالیت بدنی، اسید چرب آزاد استریفیه نشده ، گلیسـرول، سوخت چربی،سوخت کربوهیدرات.**

مقدمه

ریتم‌های زیست- شناختی، به‌عنوان تغییرات چرخه‌هایی که در یک دورهٔ زمانی خاص بـه‌طـور منظم وجود دارد، تعریف شده‌اند و با فرایندهای فیزیولوژیک مرتبط هستند (۱). سـازوکارهایی در پستانداران وجود دارند کـه بـه‌وسـیلهٔ آنهـا محـرک محیطـی چرخـه ای مـی‌توانـد سـاعت شبانه‌روزی را هر روز برای تضمین هماهنگی ریتم‌هایشان بـا سـاعت محلـی تنظـیم کنـد (۲). اعتقاد بر این است منبع این ریتم‌ها از ساختارهای متنوع مغـزی منشـأ گرفتـه‌انـد کـه آنهـا را اصطلاحاً ریتم‌های درون‌زا می‌نامند (۳). با آگاهی به اینکه ریتم‌های شـبانه‌روزی شـاخص‌هـای خونی، ممکن است کاربردهای تشخیصی در طب بالینی داشته باشند و با دانش به اثرات ریـتم شبانه‌روزی بر اجرای ورزشی، انجام تحقیقی که اثر زمان روز بر شـاخص‌هـای چربـی خـون در استراحت و در پاسخ به ورزش را بررسی کند، می‌تواند اطلاعات با ارزشی را برای هر دو حیطـهٔ پزشکی و داروشناسی و همچنین علوم ورزشی فراهم کند.

گلیکوژن عضله، گلوکز خون، اسیدهای چرب آزاد پلاسما و تری‌گلیسرید درون عضـلانی، چهـار منبع اصلی انرژی در طی ورزش هستند (۴). تری گلیسرید ذخیره شده در سـلول‌هـای چربـی می‌تواند به گلیسرول و اسیدهای چرب تجزیه شود و اسیدهای چرب باید برای انتقال از طریـق گردش خون به عضلات فعال به آلبومین متصل شوند (۵). ترکیبات دیگر مرتبط با چربی مانند گلیسرول و اجسام کتونی هم می‌توانند به‌عنوان یک منبع سوختی، در طی ورزش عمل کننـد، اگرچه مشارکت‌شان عموماً بسیار ناچیز پنداشته شده است (۶، ۷).

تحقیقات اندکی اثرات زمان روز بر شاخص‌های چربی خون را در زمان استراحت مـورد بررسـی قرار داده اند (۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲). برای مثال، شلیوف (۱۹۷۸) دریافت که سطوح اسیدهای چـرب آزاد در شب بالاتر از زمان روز است (۱۱). کارلسـون و بـالی (۱۹۶۵) نشـان دادنـد کـه سـطح اسیدچرب آزاد در طی روز اندک است و این موضوع به علت جلوگیری سـطوح بـالای گلـوکز و

Archive of SID

www.SID.ir

انسولین از تجزیهٔ چربی می‌باشد (۱۲). ،هاگستروم-تاف و همکاران (۱۹۹۷)، بر اساس داده‌های گلیسرول بافت چربی به‌طور مشابهی نشان دادند که میزان تجزیهٔ چربی به‌تدریج در طی روز کاهش، و در طی شب افزایش می‌یابد (۱۰). تفاوت در غلظت‌های روزانهٔ اسیدهای چرب استریفیه نشده (NEFA)[1] به خوبی تشخیص داده شده است و به نظر می‌رسد با الگوهای غذایی مرتبط باشد (۱۳). بعضی از تحقیقات اظهار داشته‌اند که غلظت‌های ناشتایی و پس از انسولین NEFA در غروب بالاتر از صبح است (۱۶ ، ۱۵ ،۱۴). مورگان و همکاران، پاسخ‌های پلاسمایی NEFA به انسولین را در ساعت‌های ۳۰ : ۸ و ۳۰ : ۲۰ در تعداد ۹ مرد سالم بررسی کردند و تنوع روزانه را مستقل از الگوهای غذایی و ورزش نشان دادند (۱۶). اثرات تعاملی فعالیت بدنی و زمان روز بر بعضی از متغیرهای فیزیولوژیک نظیر اکسیژن مصرفی و ضربان قلب نیز بررسی، و یافته‌های غیر همسویی گزارش شده است. برای مثال، هیل و همکاران (۱۹۸۹) دریافتند که مقادیر $\dot{V}O_{2\,max}$ با توجه به زمان روز متفاوت است (۱۷)، در حالی‌که رایلی و بروکس (۱۹۹۰) تفاوتی را در اکسیژن مصرفی اوج نشان ندادند (۱۸). به علاوه، رایلی و همکاران نشان دادند که ضربان قلب بر اساس زمانی از روز که فعالیت بدنی انجام شده باشد تغییر می‌کند، در حالی که کوهن (۱۹۸۰) هیچ تغییری را نشان نداد (۱۹).

اگر چه تأثیر زمان روز بر سطح استراحتی شاخص‌های فیزیولوژیک و هماتولوژیک بررسی شده است، اما اثرات تعاملی ورزش و زمان روز بر سطوح چربی‌های خون و سوخت و ساز چربی و کربوهیدرات انجام نشده، و به‌عنوان یک سؤال باقی مانده است. از این‌رو تحقیق حاضر طراحی شده است تا اثر فعالیت زیربیشینه روی نوارگردان در دو زمان متفاوت روز (۸:۰۰ و ۲۰:۰۰) را بر چربی‌های خون و سوخت و ساز چربی و کربوهیدرات بررسی کند.

روش‌شناسی تحقیق

تعداد ۹ مرد سالم (با میانگین ± انحراف معیار، سن ۵ ± ۲۶ سال، وزن ۵/۹ ± ۷۴ کیلوگرم، قد ۴/۶ ±۱۷۷/۴ سانتی‌متر، تودهٔ شاخص بدن ۱/۶±۲۳/۶ کیلوگرم/ مترمربع و حداکثر اکسیژن مصرفی ۸/۴±۶۱/۹ میلی‌لیتر / کیلوگرم/ دقیقه) برای شرکت در این تحقیق داوطلب شدند. قبل از شروع تحقیق روش‌ها و مراحل اجرای تحقیق برای تمام آزمودنی‌ها توضیح داده شد و فرم رضایت نامه توسط آنها امضاء گردید. تمامی آزمودنی‌ها همچنین پرسشنامه‌های سوابق سلامتی و ورزشی را پر کردند. از آزمودنی‌ها خواسته شد بود تا از نوشیدن مشروبات الکلی و فعالیت

1- Non-estrified Fatty Acid

Archive of SID

www.SID.ir

بدنی شدید در مدت ۲۴ ساعت قبل از مراجعه بـه آزمایشـگاه خـودداری کننـد. بـرای کنتـرل اثـر احتمالی رژیم غذایی و فعالیت بدنی در روز آزمون، از همه آزمودنی‌ها خواسـته شـد تـا شـام را در ساعت ۲۰ صرف و از ساعت ۲۴ به بعد هیچ نوع مواد غذایی مصرف ننمایند و از زمان بیدار شدن تـا آغاز آزمون حداقل فعالیت را داشته باشند. برای جلسهٔ آزمون غروب، از آزمودنی‌ها خواسـته شـد تـا هیچ مادهٔ غذایی و یا کافئین را ۸ ساعت قبل از آزمون مصرف نکنند.

حد اکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از یک آزمون پیش رونده روی نوارگردان تا حد خستگی تعیین شد (۲۰). بعد از ۵ دقیقه گرم کردن و اجرای حرکات کششی، آزمون با یک دویدن اولیه با سـرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت شروع گردید و هر دو دقیقه ۲ کیلومتر بر ساعت افـزایش داده شـد. سـرعت نوارگردان بعد از دو دقیقه دویدن، با سرعت ۱۶ کیلومتر بر ساعت ثابت نگاه داشته شـد، در مقابـل، شیب دستگاه هر دو دقیقه ۲درصد افزایش یافت تا اینکه آزمودنی‌ها به حالت خستگی رسیدند. گاز استخراج شده به‌وسیلهٔ دسـتگاه متـالیزر (GMbh, Germany) جمـع‌آوری شـد و بیشـترین مقـدار اکسیژن مصرف شده در یک دقیقه زمانی به‌عنوان $\dot{V}O_{2\,max}$ محاسبه گردید. در طی ورزش ضربان قلب افراد به‌طور پیوسته با استفاده از ضربان سنج پولار (PE300, Kemple Finland) ثبت گردید و از آزمودنی‌ها خواسته شد تا میزان تلاش یا فشار بدنی را هر دقیقه طبق جدول ۶ تا ۲۰ درجـه ای بورگ مشخص کنند. از آنجائی که منحنی یکنواختی از نسبت به کار برای همهٔ آزمودنی‌ها به‌دسـت نیامد، بالاترین مقدار توان هوازی به عنوان اوج اکسیژن مصرفی (Vo_{2peak}) در نظر گرفته شد.

تمامی آزمودنی‌ها دو جلسه فعالیت استقامتی زیربیشینه را در ساعت‌هـای ۸ صـبح و ۲۰ اجـرا کردند. در هر جلسه ابتدا ۳۰ دقیقه در حالت نشسته اسـتراحت کردنـد، سـپس فشـار خـون و دمای بدن آنها اندازه‌گیـری گردیـد و یـک نمونـهٔ خـونی ۱۰ میلـی‌لیتـری گرفتـه شـد. آنگـاه آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه خود را روی نوارگردان گرم کردند. در طی دورهٔ گرم کردن، سرعت نوارگردان به‌تدریج افزایش یافت تا به سرعت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی برسـد. بعـد از گرم کردن، آزمودنی‌ها به‌طور پیوسته ۴۵ دقیقه با سرعت و ضربان قلبی کـه معـادل ۶۵درصـد حداکثر اکسیژن مصرفی محاسبه شده بود، دویدنـد. ضـربان قلـب در سراسـر دورهٔ فعالیـت بـا استفاده از ضربان سنج اندازه‌گیری شد و میزان تلاش، هر ۵ دقیقه با اسـتفاده از مقیـاس درک فشار بورگ تعیین گردید. بعد از پایان فعالیت سریعاً نمونهٔ خـونی مجـدد گرفتـه شـد. سـپس آزمودنی‌ها برای مدت ۳۰ دقیقه در حالت نشسته استراحت کردند. بعد از پایان دورهٔ اسـتراحت یک نمونهٔ خونی دیگر گرفته شد. درجهٔ حرارت بدن از طریق گـوش[1] در قبـل، بعـد از ورزش و

1. Tympanic Temperature

Archive of SID

www.SID.ir

بعد از دورهٔ بازیافت اندازه‌گیری شد. اکسیژن مصرفی، Co_2 دفع شده و میزان تبادل تنفسی در طی ۵ دقیقه قبل از ورزش، سریعا" بعد از ورزش و ۵ دقیقهٔ آخر دورهٔ بازیافت، توسط دستگاه متالیزر اندازه گیری شدند. مقادیر سوخت چربی و کربوهیدرات با استفاده از فرمول فراین (۱۹۸۳) و به شکل زیر محاسبه گردیدند (۲۱).

سوخت کربوهیدرات (دقیقه/ گرم) =۴/۵۵ (VCo_2) - ۳/۲۱ (Vo_2)

سوخت چربی (دقیقه/گرم) = ۱/۶۷ (VCo_2) - (Vo_2)

در هر جلسه، سه نمونهٔ خونی سیاهرگی در مراحل قبل و بلافاصله بعد از ورزش و بعد از ۳۰ دقیقه بازیافت از ورید پیش بازویی در حالت نشسته گرفته شد. هماتوکریت و هموگلوبین خون به ترتیب توسط دستگاه‌های خوانندهٔ هماتوکریت و (Coulter® MAXM, Coulter Corporation, Hemocue Florida, USA) اندازه‌گیری شدند. درصد تغییرات حجم پلاسما با استفاده از فرمول دیل و کاستیل (۱۹۷۴) محاسبه گردید (۲۲). برای تهیهٔ پلاسما، ابتدا نمونه‌های خونی در لوله‌های حاوی مادهٔ ضد انعقاد لیتیوم هپارین ریخته شدند و مخلوط گردیدند. سپس سریعاً در ۶۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۹۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه، سانتریفیوژ شدند. بعد از آن، نمونه‌های پلاسما جدا شدند و در دمای ۷۰ – درجه برای اندازه‌گیری لاکتات، گلوکز، گلیسرول، NEFA و 3-OHB[1] نگهداری گردیدند. پس از جمع‌آوری تمامی‌نمونه‌های مورد نیاز، شاخص‌های فوق با استفاده از دستگاه ۳۰۰ IL-Lab (Instrumentation Laboratory , Warrington,UK) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. ابتدا کلیهٔ داده‌ها برای تعیین طبیعی بودن نحوهٔ توزیع توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف آزمون شدند. با توجه به طبیعی بودن داده‌ها، از روش آماری آنالیز واریانس دو طرفه مکرر برای مقایسه میانگین‌های داده‌های پارامترهای خونی در دو جلسهٔ مختلف استفاده شد. هنگامی که آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری را نشان داد، آزمون تعقیبی بانفرونی برای یافتن محل تفاوت‌ها به‌کار گرفته شد. برای مقایسهٔ داده‌های زمان استراحت (پیش آزمون) در دو جلسه، از روش آزمون t همبسته استفاده شد. سطح معنی‌داری برای تمام داده‌های آماری $P<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. تمامی داده‌ها به شکل میانگین ± انحراف معیار ارائه شدند.

یافته‌های تحقیق

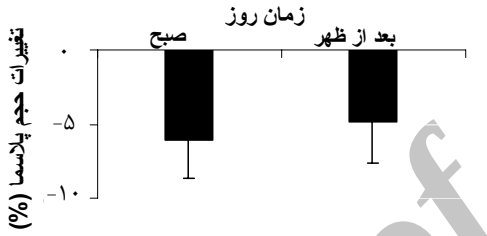
میانگین تغییرات حجم پلاسما در طی ورزش زیر بیشینه روی نوار گردان در دو آزمون صبح و بعدازظهر در شکل شمارهٔ ۱ نشان داده شده اند. حجم پلاسما در طی ۴۵ دقیقه دویدن در هر

1. B-hydroxybutyrate

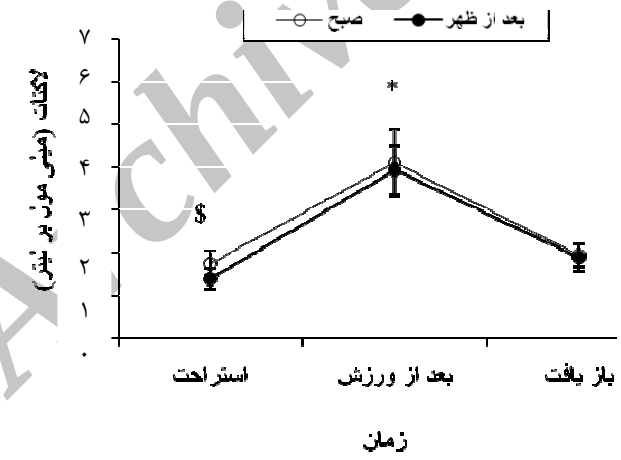
Archive of SID

www.SID.ir

دو آزمون کاهش پیدا کرد و تفاوت معنی‌داری بین داده‌های صبح و بعداز ظهر مشاهده نگردید. غلظت لاکتات خون در حالت استراحت، بعد از ورزش و بعد از ۳۰ دقیقه دورهٔ بازیافت در دو زمان مختلف صبح و بعد از ظهر در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است. آنالیز آماری داده‌ها، تفاوت معنی‌داری را بین پاسخ‌های لاکتات به دو جلسه فعالیت صبح و بعد از ظهر نشان نداد. غلظت لاکتات در طی ورزش در هر دو جلسه افزایش معنی داری داشت ($P<۰/۰۰۱$، $F_{۲/۱۶}=۲۱/۴$) و در پایان دورهٔ بازیافت، به سطح قبل از ورزش برگشت.



شکل ۱. تغییرات حجم پلاسما (میانگین± انحراف معیار) ا در طی ورزش روی نوار گردان در صبح و بعد از ظهر



*شکل ۲. میانگین (± انحراف معیار) غلظت لاکتات در حالت استراحت، بعد از ورزش و در طی دورهٔ بازیافت در صبح و بعدازظهر. * نشانهٔ اختلاف معنی‌دار بین داده‌های قبل و بعد از ورزش و $ نشانهٔ تأثیر معنی‌دار زمان روز بر سطوح استراحتی است.*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شمارهٔ ۱، داده‌های هموگلوبین و هماتوکریت را در زمان استراحت، بعد از ورزش و بعد از ۳۰ دقیقه بازیافت در دو زمان مختلف روز نشان می‌دهد. هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین تأثیر فعالیت بدنی در دو زمان روز بر هموگلوبین و هماتوکریت دیده نشد. هموگلوبین ($F_{۲/۱۶}$=۲۸/۵ ،P<۰/۰۰۱) و هماتوکریت ($F_{۲/۱۶}$=۳۵/۶ ،P<۰/۰۰۱) هر دو بعد از ورزش به‌طور معنی داری افزایش داشتند و در پایان دورهٔ بازیافت کاهش پیدا کردند و به سطح قبل از ورزش رسیدند. 3-OH در طی ورزش تغییر معنی‌داری نداشت، اما غلظت آن در طی دورهٔ بازیافت نسبت به قبل از ورزش، افزایش پیدا کرد ($F_{2,16}$=7.5, P<0.001) (جدول شمارهٔ ۱). تغییرات غلظت 3-OHB در پاسخ به ورزش زیر بیشینه در هر دو آزمایش صبح و بعدازظهر به‌طور مشابهی اتفاق افتاد و اختلاف معنی‌داری بین دو جلسه مشاهده نگردید. علاوه بر این، غلظت استراحتی 3-OHB در دو زمان روز، تفاوت معنی داری نداشتند.

جدول ۱. داده‌های(میانگین± انحراف معیار) گلوکز، هموگلوبین ، هماتوکریت و 3-OHB در دو جلسه صبح و بعدازظهر .

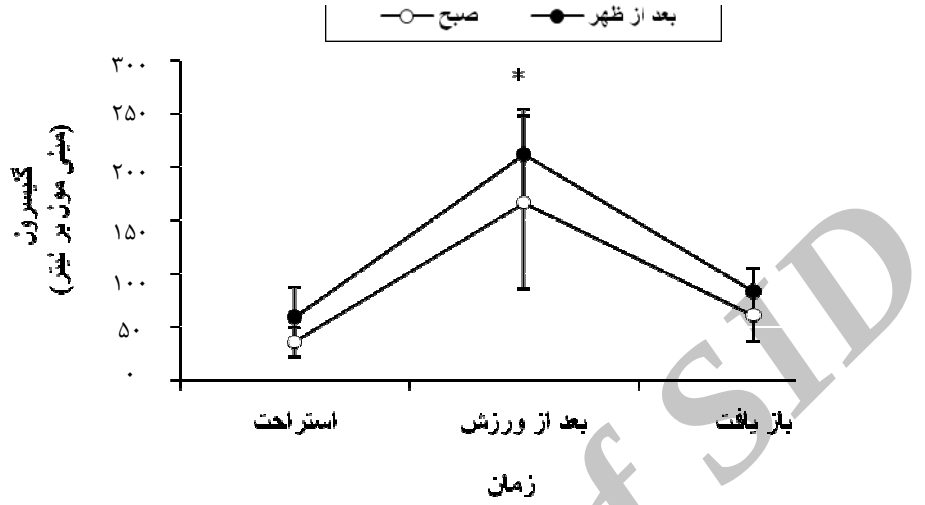
متغیر	فعالیت استقامتی صبح			فعالیت استقامتی بعد از ظهر		
	قبل	بعد	بعد از ریکاوری	قبل	بعد	بعد از ریکاوری
گلوکز (میلی‌مول بر لیتر)	۶/۰۱±۰/۴۹*	۵/۱۷±۰/۸۶*	۵/۲±۰/۵۹	۵/۶±۰/۷۸*	۵/۰۸±۰/۴۴*	۴/۹±۰/۳۳
هموگلوبین (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۴/۸۱±۱/۰۸*	۱۵/۲۵±۱/۰۱*	۱۴/۸۴±۱/۰۳	۱۵/۰۵±۰/۵۵*	۱۵/۵±۰/۶۳*	۱۵/۰۵±۰/۴۱
هماتوکریت (٪)	۴۲/۷۷±۳/۴۵*	۴۴/۳۷±۳/۲۷*	۴۳/۴±۳/۳۶	۴۳/۹۴±۲/۲۵*	۴۵/۳۱±۲/۵۲*	۴۳/۹۲±۲/۰۳
بتا هیدروکسی بوتیرات (میلی‌مول بر لیتر)	۰/۲۴±۰/۱۵	۰/۲۶±۰/۲۵	۰/۲۹±۰/۱۶*	۰/۳۷±۰/۱۸	۰/۳۸±۰/۱۷	۰/۵۱±۰/۲*

* نشانه اختلاف معنی‌داری بین داده‌های قبل و بعد از ورزش است.

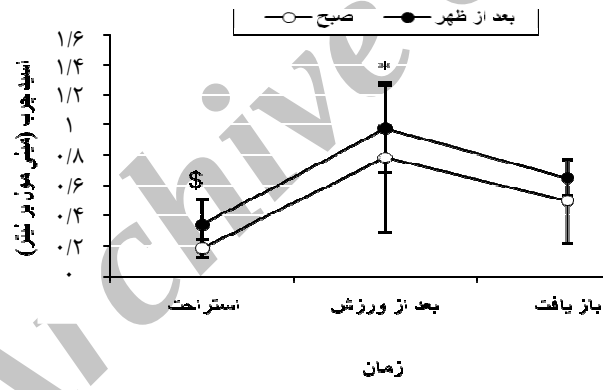
غلظت گلیسرول در پاسخ به ۴۵ دقیقه دویدن در صبح و بعد از ظهر، افزایش معنی‌داری نشان داد ($F_{۲/۱۶}$=۶۸/۸ ،P<۰/۰۰۱) و در پایان دورهٔ بازیافت بعد از ورزش به سطح قبل از ورزش بازگشت (شکل ۳). پاسخ گلیسرول به ورزش زیر بیشینه در دو زمان روز تفاوت معنی‌داری نداشتند. علاوه بر این، اختلاف معنی‌داری بین داده‌های استراحتی پیدا نشد.

Archive of SID

www.SID.ir



*شکل ۳. میانگین (± انحراف معیار) غلظت گلیسرول در حالت استراحت، بعد از ورزش و در طی دورهٔ بازیافت در صبح و بعدازظهر. * نشانهٔ اختلاف معنی‌دار بین داده‌های قبل و بعد از ورزش است.*



*شکل ۴. میانگین (± انحراف معیار) تغییرات اسید چرب استریفیه نشده در حالت استراحت، بعد از ورزش و در طی دورهٔ بازیافت در صبح و بعدازظهر. * نشانهٔ اختلاف معنی‌دار بین داده‌های قبل و بعد از ورزش و $ نشانهٔ تأثیر معنی‌دار زمان روز بر سطوح استراحتی است.*

غلظت NEFA بعد از ورزش زیر بیشینه، در هر دو جلسه صبح و بعداز ظهر افزایش معنی‌داری داشت و در دورهٔ بازیافت به سطح اولیهٔ خود بازگشت ($F_{۲/۱۶}$=۳۳/۶، P<۰/۰۰۱) (شکل شمارهٔ ۴). اما بین تغییرات NEFA در دو جلسهٔ صبح و بعدازظهر تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. با این وجود، غلظت استراحتی NEFA در بعد از ظهر به طور معنی‌داری بالاتر از صبح بود.

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش معنـی‌داری در غلظـت گلـوکز بعـد از ۴۵ دقیقـه دویـدن روی نـوار گـردان دیـده شـد ($F_{۲/۱۶}$=۹/۴ ،P<۰/۰۰۱) ولی تغییر معنی‌داری در طی دورهٔ بازیافـت، مشـاهده نگردیـد. تفـاوت معنی داری در غلظت استراحتی و همچنین تغییرات گلوکز در دو جلسـه صـبح و بعـد از ظهـر پیدا نشد (جدول شمارهٔ ۱).

میانگین داده‌های سوخت کربوهیدرات و چربی در طی استراحت، ورزش و دورهٔ بازیافت در شـکل شمارهٔ ۵ نشان داده شده است. میزان سوخت کربوهیدرات به طور معنی‌داری در ۵ دقیقـه بعـد از ورزش، بالاتر از داده‌های قبل از ورزش بود و همچنین در طی دورهٔ بازیافت کاهش پیـدا کـرد، در حالی‌که سوخت چربی در طی ورزش بدون تغییر بود و در دورهٔ بازیافت افزایش نشان داد. اختلاف معنی‌داری بین سوخت چربی و کربوهیدرات در استراحت و در پاسخ به ورزش در دو جلسهٔ صـبح و بعد از ظهر مشاهده نگردید. همچنین، اگرچه سوخت چربی در طی ورزش در بعد از ظهر نسبت به صبح تا حدودی روند متفاوتی را نشان داد، اما تفاوت بین این دو زمان روز، معنی‌دار نبود.

شکل ۵. میانگین (±انحراف معیار) سوخت کربوهیدرات (A) و چربی (B) در حالت استراحت، بعد از ورزش و در طی دوره بازیافت در صبح و بعد از ظهر

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به تعدد شاخص‌ها سعی شده است تا بحث در قالب‌های مجزا ارائه شود. برای این منظور ابتدا تأثیر فعالیت استقامتی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق بحث شده‌اند، سپس تأثیر زمان روز بر غلظت استراحتی این پارامترها و بعد از آن، تأثیر زمان روز بر پاسخ این پارامترها به فعالیت استقامتی مورد بحث و بررسی گرفته است. در پایان هم یک نتیجه‌گیری کلی از تحقیق ارائه شده است.

تأثیر ورزش بر سوخت و ساز چربی

اسیدهای چرب رها شده از بافت چربی، سوخت اصلی برای فعالیت با شدت متوسط هستند (۲۴، ۲۳). معمولا" اندکی بعد از توقف فعالیت، یک افزایش در غلظت پلاسمایی NEFA دیده می‌شود که بیانگر ادامهٔ تجزیهٔ چربی (لیپولیز) به مقدار زیاد به هنگام کاهش جذب NEFA در عضله است (۲۵). در تحقیق حاضر، داده‌های NEFA افزایش تجزیهٔ چربی را بلافاصله بعد از پایان فعالیت نشان داد که این امر به‌واسطهٔ افزایش چهار برابری در غلظت NEFA که با غلظت بالای گلیسرول همراه بود، مشاهده شد. این یافته‌ها با یافته‌های اریکسون و همکاران(۱۹۷۱) که افزایش سطوح پلاسمایی NEFA وگلیسرول در طی یک ساعت دوچرخه سواری با شدت ۶۳ درصد $\dot{V}O_{2\,max}$ را نشان دادند، همخوانی دارد (۲۶). به‌طور مشابهی کارلسون و همکاران (۱۹۶۵) نشان دادند که فعالیت بدنی با افزایش غلظت NEFA و گلیسرول در پلاسما همراه است که این تغییرات معمولاً در طی ورزش به علت افزایش جابه‌جایی FFA از بافت چربی است. افزایش میزان ظهور و در دسترس بودن NEFA در پلاسما با توقف میزان استریفیه شدن مجدد و افزایش هم‌زمان جریان خون در بافت چربی همراه است (۱۲).

پژوهش‌های قبلی، حفظ میزان سوخت و ساز چربی فراتر از سطح استراحتی در دورهٔ بازیافت بعد از فعالیت بدنی را نشان داده‌اند (۲۷). تحقیق حاضر، با نشان دادن افزایش سوخت و ساز چربی در دورهٔ بازیافت، به دنبال هر دو ورزش صبح و بعدازظهر، یافتهٔ پژوهش‌های یاد شده را تائید می‌کند. نشان داده شده که تنها قسمتی از NEFA که پس از ورزش توسط عضله جذب می‌گردد، سریعاً اکسیده می‌شود که این امر بیانگر نقش استراحت برای جایگزینی ذخایر تری‌گلیسرید عضلانی است (۲۸)؛ بنابرین، شواهد موجود اظهار می‌دارد که حفظ غلظت افزایش یافتهٔ NEFA بعد از ورزش، برای بازیافت اولیهٔ ذخایر گلیکوژن و تری‌گلیسرید دارای اهمیت است.

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش غلظت گلوکز در طی ورزش در تحقیق حاضر ممکن است به دلیل سوخت و ساز بالای کربوهیدرات در طی ورزشی صبح (۴/۷۷ گرم در دقیقه) و بعد از ظهر (۲۲/ ۵ گرم در دقیقه) باشد. غلظت 3-OHB در این تحقیق، در طی ورزش زیر بیشینه روی نوارگردان تغییر معنی‌داری نداشت، اما در طی دورهٔ بازیافت دارای افزایش معنی‌داری بود. این نتایج با یافته‌های اریکسون و همکاران (۱۹۷۱) که افزایش 3-OHB پس از دوچرخه‌سواری در شدت ۶۳ درصد $\dot{V}O_{2\,max}$ را نشان دادند، موافقت دارند (۲۶). افزایش غلظت 3-OHB، متعاقب افزایش غلظت NEFA پس از ریکاوری بود که این مسئله نشان‌دهندهٔ آن است که افزایش کتون بعد از ورزش به‌دلیل افزایش تولید اجسام کتونی توسط کبد در پاسخ به سطوح بالای FFA بعد از ورزش است.

تأثیر زمان روز بر سطوح استراحتی شاخص‌ها

سطوح استراحتی لاکتات پلاسما، تأثیر معنی‌دار زمان روز را نشان داد که در آن غلظت لاکتات در ساعت ۸ صبح بالاتر از عصر بوده است. تفاوت در غلظت لاکتات در زمان‌های مختلف روز می‌تواند به دلیل وجود تنوع در غلظت استراحتی کاتکولامین‌ها باشد (۲۹)، زیرا کاتکولامین‌ها موجب تحریک گلیکوژنولیز در عضلهٔ اسکلتی و در نتیجه منجر به افزایش تولید لاکتات می‌شوند.

نتایج به‌دست آمده در دو جلسهٔ صبح و بعد از ظهر به‌طور واضحی نشان داد که غلظت پلاسمایی NEFA در زمان استراحت، تابع زمان روز بود. با این حال، اگر چه غلظت استراحتی گلوکز در صبح بیشتر از عصر بود، این غلظت تحت تأثیر زمان روز قرار نداشت. این نتایج با یافته‌های شلیروف و دورو (۱۹۷۳) که در آن غلظت اسیدهای چرب آزاد در شب بالاتر از طول روز بود، همسویی دارد (۸). با توجه به سطوح پایین گلوکز و انسولین در طی شب، تجزیهٔ چربی‌ها به میزان بیشتری اتفاق می‌افتد و سوخت بسیاری از فرایندهای نیازمند انرژی را فراهم می‌سازد. انسولین در بعدازظهر نسبت به صبح، به مقدار زیادی از تجزیهٔ چربی جلوگیری می‌کند، بنابراین، این احتمال هم وجود دارد که پاکسازی بیشتر NEFA در بعدازظهر به علت افزایش مصرف NEFA و شاید استریفیه شدن مجدد آن باشد (۳۰). تأثیر زمان روز بر غلظت خونی 3-OHB، قبلاً در افراد طبیعی با رژیم غذایی و فعالیت بدنی طبیعی نشان داده شده است (۳۱). آنها افزایش غلظت جسم کتونی در بعد از ظهر و اوج آن در نیمهٔ شب را نشان دادند. افزایش اجسام کتونی در شب، به افزایش تولید آنها به دلیل افزایش جابه‌جایی FFA از بافت چربی نسبت داده شده است. در تحقیق حاضر، اگر چه تفاوت بین 3-OHB در صبح و عصر پیدا

Archive of SID

www.SID.ir

نشد، اما غلظت استراحتی آن در بعد از ظهر بیشتر از صبح بود. این یافته ممکن است بـه علـت جابه‌جایی بیشتر FFA از بافت چربی باشد، که با غلظت بالاتر NEFA در این زمـان روز نشـان داده شده بود.

تأثیر زمان روز بر پاسخ شاخص‌ها به ورزش

در پژوهش حاضر، پاسخ لاکتات به ورزش استقامتی زیر بیشـینه، وابسـته بـه زمـان روز نبـوده است. این یافته با نتایج تحقیقات قبلی که نشان داده‌اند پاسخ‌های لاکتات به ورزش اسـتقامتی شدید در ساعات آخر شب بیشتر است، مخالف است. (۲۹، ۳۲). تضاد بین نتایج مطالعهٔ حاضـر، با این تحقیقات ممکن است به علت تفاوت در شدت پروتکل ورزشی استفاده شده باشد که یک عامل اثرگذار در پاسخ‌های فیزیولوژیکی و سوخت و سازی به ورزش است. در این تحقیق، زمان روز بر پاسخ‌های چربی‌ها بر یک جلسه فعالیت زیر بیشینه تأثیر گذار نبود. پاسـخ‌هـای NEFA، گلیسرول، 3-OHB و گلوکز به ورزش، در دو زمان روز متفاوت نبود. احتمـالاً ورزش بـر مقـادیر استراحتی در صبح و بعداز ظهر به یک شکل تأثیر گذاشته‌اند. کربوهیدرات منبع اصـلی انـرژی در طی ۴۵ دقیقه انجام ورزش در هر دو ورزش صبح و بعدازظهر بود و بـین دو جلسـه تفـاوتی وجود نداشت.

رامین و همکاران (۱۹۹۳) نشان داده‌اند که مصرف گلیکوژن عضـله و گلـوکز خـون بـا افـزایش شدت ورزش افزایش می‌یابد (۴). اگرچه تفاوت بین سوخت و سـاز کربوهیـدرات در دو جلسـه معنی‌داری نبود، اما سوخت و ساز کربوهیدرات در طی ورزش در بعد از ظهر بالاتر از صبح بـود که ممکن است به غلظت بالاتر انسـولین در طـی ورزش در ایـن زمـان روز نسـبت داده شـود. به‌علاوه، هنگامی که سوخت و ساز چربی در هر دو جلسه مقایسه شدند، تفاوت معنی‌داری بین دو جلسه مشاهده نشد اما به‌طور جالبی مقادیر سوخت و ساز چربی در بعد از ظهر پـایین‌تـر از صبح بود و الگوی سوخت و ساز چربی در طی دو جلسه تفاوت داشت. هاگن فلدت و همکـاران (۱۹۷۱) نشان دادند که سوخت و ساز اسید چرب به غلظت اسید چـرب پلاسـما بسـتگی دارد (۳۳). با این وجود، مقدار سوخت و ساز اسید چرب در عضله ٔ فعال نه تنها به‌وسیلهٔ غلظت اسید چرب پلاسما، بلکه به‌وسیلهٔ عواملی مانند تعداد و اندازهٔ میتوکنـدری و احتمـالا" حضـور دیگـر مواد سوختی مانند گلوکز تعیین می‌شود. بنابراین، اختلاف در سوخت و ساز چربی در طی هـر دو جلسهٔ صبح و بعد از ظهر ممکن است به علت تفاوت در غلظت اسیدهای چرب و دیگر مـواد سوختی در طی ورزش در این دو جلسه باشد. در طی دورهٔ بازیافت، مقادیر سوخت و ساز چربی در هر دو جلسه افزایش یافت. یک دلیل مهم برای حفظ افزایش میزان سـوخت چربـی در ایـن

Archive of SID

www.SID.ir

دوره ممکن است این باشد که سوخت کربوهیدرات بعد از ورزش کاهش می‌یابد تا به جذب گلوکز برای جایگزینی ذخایر گلیکوژنی بافت عضلانی کمک کند. این یافته توسط دولین و همکاران (۱۹۸۹) که در مقایسه با گروه کنترل، افزایش سوخت چربی بلافاصله بعد از ورزش را با یک تغییر سوخت گلوکز به غیر آن را نشان دادند، حمایت شده است (۳۴).

به طور خلاصه، یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که اگرچه ۴۵ دقیقه دویدن روی نوارگردان، تغییرات معنی داری در شاخص‌های سوخت و ساز چربی خون (NEFA، گلیسرول،3-OHB) و کربوهیدرات (لاکتات و گلوکز) ایجاد می‌کند، اما این تغییرات وابسته به زمان روز نمی‌باشد، با این حال، غلظت استراحتی لاکتات و NEFA وابسته به زمان روز هستند. همچنین یافته‌های تحقیق نشان داد که سوخت و ساز کربوهیدرات در ۵ دقیقهٔ آخر فعالیت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ولی سوخت و ساز چربی تغییر معنی‌داری نداشت. بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که زمان روز بر پاسخ شاخص‌های سوخت و ساز چربی به ورزش زیر بیشینه در مردان تأثیری ندارد و تغییرات این شاخص‌ها در طی فعالیت زیر بیشینه، به زمان روز وابسته نیست.

منابع:

1. Atkinson, G. and Reilly T. (1996). Circadian variation in sports performance. Sports Med. 21(4):292-312.
2. Froberg, J.E., Karlsson, C.G., Levi, L. and Lidberg L. (1975). Circadian rhythms of catecholamine excretion, shooting range performance and self-ratings of fatigue during sleep deprivation. Biol Psychol. 2(3):175-88.
3. Inouye, S.I. (1982). Restricted daily feeding does not entrain circadian rhythms of the suprachiasmatic nucleus in the rat. Brain Res. 28; 232(1):194-9.
4. Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E. & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. American Journal of Physiology.265: E380 – E391.
5. Bulow, J.and Madsen, J. (1981). Influence of blood flow on fatty acid mobilisation from lipolytically active adipose tissue. Pflugers Arch. 390: 169-74.
6. Felig, P. and Wahren J, (1975). Fuel homeostasis in exercise. New Eng J Med. 20: 1078-1975.
7. Murray, R., Eddy, D.E., Paul, G.L., Seifert, J.G. and Halaby, G.A. (1991). Physiological responses to glycerol ingestion during exercise. J Appl Physiol. 71: 144-9

Archive of SID

www.SID.ir

8. Schlierf, G. and Dorow, E. **(**1973).Diurnal patterns of triglycerides, free fatty acids, blood sugar, and insulin during carbohydrate-induction in man and their modification by nocturnal suppression of lipolysis. J Clin Invest. 52(3): 732-40.

9. Gibson, T., Stimmler, L., Jarrett, R.J., Rutland, P. and Shiu M. (1975).Diurnal variation in the effects of insulin on blood glucose, plasma non-esterified fatty acids and growthhormone.Diabetologia.11(1)83-8.

10. Hagstrom-Toft, E., Bolinder, J., Ungerstedt, U. and Arner, P. (1997).A circadian rhythm in lipid mobilization which is altered in IDDM. Diabetologia. 40(9): 1070-8.

11. Schlierf, G. (1978).Diurnal variations in plasma substrate concentration. Eur J Clin Invest. 8(2): 59-60.

12. Carlson, L.A., and P.R. Bally. (1965). Inhibition of lipid mobilization. Handb.Physiol. Sect. 5.557.

13. Frayn, K.N., Williams, C.M. and Arner, P. (1995). Are increased plasma non-esterified acid concentrations a risk marker for coronary heart disease and other chronic diseases? Clin Sci. 90:243-53.

14. Whichelow, M.J., Sturge, R.A., Keen, H., Jarrett, R.J., Stimmler, L. and Grainger, S. (1974). Diurnal variation in response to intravenous glucose. Br Med J. 1(906): 488-91.

15. Zimmet, P.Z., Wall, J.R., Rome, R., Stimmler, L. and Jarrett, R.J. (1974). Diurnal variation in glucose tolerance: associated changes in plasma insulin, growth hormone, and non-esterified fatty acids. Br Med J. 1(906): 485-8.

16. Morgan, L.M., Aspostolakou, F., Wright, J. and Gama, R. (1999**).**Diurnal variations in peripheral insulin resistance and plasma non-esterified fatty acid concentrations: a possible link? Ann Clin Biochem. 36 (4): 447-50.

17. Hill, D.W., Cureton, K.J. and Collins, M.A. (1989). Effect of time of day on perceived exertion at work rates above and below the ventilatory threshold. Res Q Exerc Sport. 60(2):127-33.

18. Reilly, T. and Brooks, G.A. (1990). Selective persistence of circadian rhythms in physiological responses to exercise. Chronobiol Int.7(1):59-67.

19. Cohen C.J. (1980). Human circadian rhythms in heart rate response to a maximal exercise stress. Ergonomics.23(6):591-5.

20. Bassami, M. Ahmadizad, S. Doran, D. and Maclaren, P.M. (2007). Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained and untrained older males. European journal of applied physiology. 101:525-532.

21. Frayn, K.N. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. Journal of Applied Physiology. 55(2):628-34.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Dill, D.B., and D.L. Costill. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in hydration. Journal of Applied Physiology, 37, 247-248

23. Coyle, E.F. (1995). Substrate utilization during exercise in active people. Am J Clin Nutr. 61(4 Suppl):968S-979S

24. Kiens, B., Essen-Gustavsson, B., Christensen, N.J. and Saltin B. (1993). Skeletal muscle substrate utilization during submaximal exercise in man: effect of endurance training.J Physiol. 469:459-78.

25. Hodgetts, V., Coppack, S.W., Frayn, K.N. and Hockaday TD. (1991). Factors controlling fat mobilization from human subcutaneous adipose tissue during exercise. J Appl Physiol. 71(2):445-51.

26. Eriksson, B.O., Persson, B. and Thorell JI. (1971). The effects of repeated prolonged exercise on plasma growth hormone, insulin, glucose, free fatty acids, glycerol, lactate and -hydroxybutyric acid in 13-year old boys and in adults. Acta Paediatr Scand Suppl. 217:142-6.

27. Jeukendrup, A.E., Saris, W.H., Wagenmakers, A.J.M. (1998). Fat metabolism during exercise: A review – part 1: Fatty acid mobilisation and muscle metabolism. International Journal of Sports and Medicine. 231-244

28. Havel, R.J., Pernow, B. and Jones, N.L. (1967). Uptake and release of free fatty acids and other metabolites in the legs of exercising men. J Appl Physiol. 23(1):90-9.

29. Deschense, M.R., Sharma, J.V., Brittingham, K.T., Casa, D.J., Armstrong, L.E. and Maresh. C.M. (1998). Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. Eur. J.Appl. Phys. 77. 249-256.

30. Gilbert, C.H., Kaye, J. and Galton, D.J. (1974). The effect of a glucose load on plasma fatty acids and lipolysis in adipose tissue of obese diabetic and non-diabetic patients. Diabetologia. 10(2):135-8

31. Wildenhoff, K.E., Johansen, J.P., Karstoft, H., Yde, H. and Sorensen, N.S. (1974). Diurnal variations in the concentrations of blood Acetoacetate and 3-ydroxybutrate Acta med. Scand. 195: 25-28.

32. Hill, D.W., Borden, D.O., Darnaby, K.M., Hendricks, D.N. and Hill, C.M. (1992). Effect of time of day on aerobic and anaerobic responses to high-intensity exercise. Can J Sport Sci. 17(4):316-9.

33. Hagenfeldt L, w. J. (1971). Metabolism of free fatty acids and ketone bodies in skeletal muscle. Muscle metabolism during exercise. New York: Plenum. 153-63.

34. Devlin, J.T., Barlow, J. and Horton, E.S. (1989). Whole body and regional fuel metabolism during early post-exercise recovery. Am J Physiol. 256 (1Pt1): E167-72.

Archive of SID

www.SID.ir