



پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس

مرکز تحقیقات زیست فناوری دریایی پزشکی

مرکز تحقیقات طب گرمسیری و عفونی خلیج فارس

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

سال دوازدهم، شماره ۳، صفحه ۱۸۹ - ۱۹۷ (زمستان ۱۳۸۸)

بررسی اثر تزریق هپارین بر غلظت‌های گلوکز و لاکتات پلاسمای هنگام فعالیت

ورزشی زیر بیشینه

مجتبی ایزدی^{*}، فرزاد ناظم^۲، اصغر ظریفیان^۳، انوش اقدامی^۴، داود خورشیدی^۵

^۱ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی ساوه

^۲ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بوعلی همدان

^۳ گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی ساوه

^۴ گروه بیوشیمی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی ساوه

چکیده

زمینه: برخی مطالعات اشاره می‌کنند که افزایش موجودیت اسید چرب آزاد پلاسمای به افزایش اکسیداسیون چربی و کاهش مصرف کربوهیدرات در عضله اسکلتی و کل بدن هنگام فعالیت ورزشی منجر می‌شود. هدف از اجرای این مطالعه، تعیین اثر تزریق هپارین روی برخی فاکتورهای اثربخش در عملکرد و متابولیسم هوایی هنگام فعالیت ورزشی زیر بیشینه است.

مواد و روش‌ها: ۳۰ مرد سالم در قالب دو گروه تجربی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) یک آزمون ارگومتری را با شدت ۷۰ درصد حداقل اسکیژن مصرفی به مدت ۲۰ دقیقه در دو مرحله؛ مرحله اول (اجرای آزمون ورزشی بدون تزریق هپارین یا لاکتوز) و مرحله دوم (تزریق هپارین یا لاکتوز قبل از اجرای آزمون ورزشی به ترتیب در گروه‌های تجربی و کنترل) اجرا نمودند. بالاصله پس از اتمام هر آزمون، نمونه گیری خون به منظور اندازه گیری غلظت‌های پلاسمایی لاکتات و گلوکز و میزان فعالیت آنژیم لاکتات دهیدروژنаз به عمل آمد. حداقل اسکیژن مصرفی هنگام اجرای آزمون نیز اندازه گیری شد. یافته‌ها توسط آزمون تی مستقل و جفت در هر دو گروه با هم مقایسه شدند.

یافته‌ها: تزریق هپارین به تغییری در غلظت گلوکز و لاکتات پلاسمایی و میزان فعالیت لاکتات دهیدروژناز منجر نشد ($P > 0.05$). همچنین مقدار حداقل اسکیژن مصرفی و ضربان قلب طی ورزش در شرایط پس آزمون نسبت به پیش آزمون تغییرات معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$).

نتیجه گیری: تزریق هپارین، ظرفیت هوایی یا مصرف سوبسترا هنگام فعالیت ورزشی زیر بیشینه را متأثر نمی‌کند. مطالعات بیشتری لازم است تا تأثیر مستقیم این نوع مکمل سازی‌ها را روی مصرف سوبسترا، متابولیسم کربوهیدرات‌چربی و عملکرد ورزشی مشخص کند.

واژگان کلیدی: هپارین، اسید چرب آزاد، متابولیسم، ورزش هوایی، لاکتات، گلوکز

دریافت مقاله: ۸۸/۶/۲۴ - پذیرش مقاله: ۸۸/۸/۱۶

*ساوه، میدان فلسطین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، دیرخانه مرکزی

Email:izadimojtaba2006@yahoo.com

مقدمه

شروع خستگی انجام گرفته یا در حال اجرا است. در این زمینه، روش‌های متفاوتی به منظور افزایش موجودیت اسید چرب آزاد (FFA)^۱ هنگام فعالیت، مورد بررسی قرار گرفته است که روزه داری، مصرف کافئین، مکمل‌سازی ال-کارنیتین، مصرف محلول‌های حاوی تری‌گلیسرید یا تزریق درون وریدی برخی ترکیبات تجزیه‌کننده منابع چربی بدن روش‌های عمدۀ مورد مطالعه قرار گرفته، می‌باشند (۵-۷).

افزایش تحرک اسید چرب آزاد به‌وسیله تزریق هپارین در بهبود عملکرد ورزشی مؤثر است (۳). هپارین خاصیت ضد انعقادی خون دارد، از طرفی به افزایش و تسريع فعالیت لیپوپروتین لیپاز که تجزیه‌کننده تری‌گلیسرید به اسید چرب آزاد است نیز منجر می‌شود. تزریق وریدی هپارین با افزایش موجودیت FFA همراه است (۳). اما سئوال اینجاست که آیا تزریق هپارین با کاهش مصرف گلوکز یا حفظ گلیکوژن عضلانی یا کبد، تغییرات غلظت لاکتات خون، افزایش ظرفیت هوایی یا حداکثر اکسیژن مصرفی (توانایی بدن در جذب بیشترین میزان اکسیژن هنگام فعالیت ورزشی، حداکثر اکسیژن مصرفی بالاتر از علائم ظرفیت استقاماتی بیشتر فرد است) که از مشخصه‌های ظرفیت استقاماتی هنگام فعالیت است، همراه می‌باشد (۳).

اغلب مطالعات در این زمینه به تأثیر تزریق هپارین روی متغیرهای متابولیسم اکسایشی یا فاکتورهای آمادگی جسمانی در افراد بیمار نظری بیماران همودیالیزی (۸) دارای آنژین صدری (۹)

اهمیت کربوهیدراتات به عنوان منبع انرژی در جریان ورزش، از نخستین سال‌های قرن حاضر مورد توجه قرار گرفته و نقش حیاتی آن در فعالیت‌های استقاماتی طولانی مدت همواره مورد توجه بوده است (۱). تخلیه ذخایر گلیکوژن عضلانی و کبد یا هایپوگلیسمی به عنوان یکی از فاکتورهای اولیه بروز خستگی در تمرینات طولانی مدت شناخته شده است (۲). دلیل اصلی این پدیده، تخلیه ذخایر محدود کربوهیدراتات بدن است. از طرفی چربی‌ها ب عنوان ذخایر سوختی پایان‌نایذیر حتی هنگام فعالیت‌های استقاماتی بسیار طولانی مدت شناخته می‌شوند (۳).

انرژی مورد نیاز فعالیت‌های ورزشی – به‌ویژه فعالیت‌های استقاماتی – به سوخت و ساز کربوهیدراتات و چربی وابسته است. در ابتدای این نوع فعالیت‌ها، بیشترین میزان انرژی از سوخت و ساز کربوهیدراتات حاصل می‌شود و با افزایش زمان فعالیت، به تدریج سهم چربی در تولید انرژی افزایش می‌یابد و از سهم کربوهیدراتات کاسته می‌شود (۳). لازمه ادامه فعالیت در مراحل پایانی این نوع فعالیت‌ها که با تخلیه تدریجی ذخایر محدود کربوهیدراتات کبد یا عضله همراه است، حفظ این ذخایر به منظور زنده نگه داشتن متابولیسم بتاکسیداسیون و تأخیر در بروز خستگی است (۳ و ۴). از این‌رو، از دیرباز مطالعات متعددی در زمینه ایجاد شرایط مناسب جهت افزایش انرژی‌زایی چربی‌ها در تولید انرژی به‌ویژه هنگام فعالیت‌های ورزشی طولانی مدت، با منظور کاهش سوختن کربوهیدراتات و حفظ آن برای ادامه فعالیت در مراحل پایانی و تأخیر در

¹ Free Fatty Acid

مواد و روش کار

این مطالعه کارآزمایی بالینی دو سوکور روی گروهی (۳۰ نفر) از دانشجویان پسر دانشگاه ساوه با دامنه سنی 21 ± 3 سال و دامنه وزنی 75 ± 15 کیلوگرم که به شیوه تصادفی از جامعه تحقیق انتخاب شدند، پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه انجام گرفت. افراد مورد مطالعه در هیچ‌یک از تیم‌های ورزشی دانشگاه یا باشگاه خارج از دانشگاه فعالیت نداشتند. بررسی سابقه پژوهشی آنان نشان داد که به هیچ نوع بیماری خاص یا ناراحتی ارتوپدی یا متابولیکی نظیر دیابت و دیس‌لیپیدمی مبتلا نیستند. این پژوهش با تأیید اداره بهداشت شهرستان انجام شد. افراد مورد مطالعه برای مدت ۴۸ ساعت قبل از اجرای آزمون‌های ورزشی یا نمونه‌گیری خون از اجرای هرگونه فعالیت ورزشی منع شدند و رژیم غذایی آنان در این مدت یکسان تجویز شد. در این پژوهش ابتدا افراد مورد مطالعه به شیوه تصادفی به دو گروه ۱۵ نفری - گروه کنترل و تجربی - تقسیم شدند. آزمون ورزشی در قالب دو مرحله با فاصله زمانی یک هفته اجرا شد. مرحله اول، با اجرای آزمون ورزشی بدون تزریق هپارین در گروه تجربی یا لاكتوز (دارونما) در گروه شاهد و مرحله دوم، با تزریق درون وریدی ۱۰۰۰۰ واحد هپارین و لاكتوز به ترتیب در گروه تجربی و شاهد حدوداً ۳۰ دقیقه قبل از آزمون ورزشی اجرا شد. آزمون ورزشی این پژوهش از نوع آزمون ارگومتری زیر بیشینه استراند روی دوچرخه کارسنج بود (۱۷).

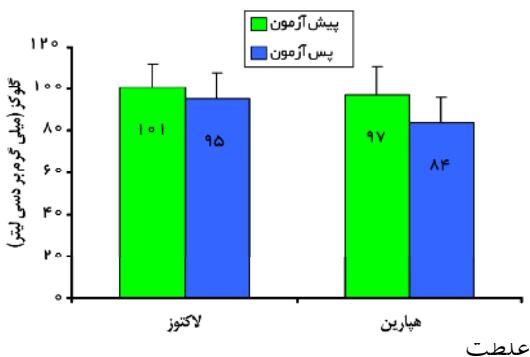
یک ساعت قبل از اجرای آزمون، ضربان قلب استراحت افراد در وضعیت درازکش روی تخت ثبت شد. در این آزمون ابتدا فرد به مدت ۲ دقیقه

و ۱۰)، مبتلا به بیماری ایسکمیک (۱۱) و آترواسکلروزیس (۱۲) پرداخته‌اند. از طرفی یافته‌های برخی مطالعات که به ارزیابی این متغیرها در افراد سالم پرداخته‌اند دوسویه و متناقض بوده و اتفاق نظر واحدی در این زمینه وجود ندارد. در این رابطه، مطالعه دایک (Dyck) نشان داد که تزریق هپارین به کاهش مصرف گلیکوژن عضلانی بدون تغییر در لакتان خون هنگام فعالیت ارگومتری ۱۵ دقیقه‌ای منجر می‌شود (۱۳). اما یافته‌های وان‌بک (Van baak) عدم تأثیر تزریق هپارین روی غلظت‌های گلکوز و لакتان پلاسمای هنگام فعالیت ورزشی را گزارش می‌کند (۱۴). مطالعه دیگری نشان داد در حالی که غلظت‌های اسید چرب آزاد و گلیسرول به واسطه تزریق هپارین به میزان معنی‌داری افزایش یافت؛ اما به تغییر معنی‌داری روی استقامت ورزشی و غلظت‌های لакتان و گلکوز منجر نشد (۱۴). مطالعه دیگری نشان داد که افزایش موجودیت اسید چرب آزاد به واسطه رژیم غذایی، به افزایش اکسایش چربی، حداکثر اکسیژن مصرفی $VO_{2\text{max}}^1$ و زمان دویدن منجر می‌شود (۱۵). همچنین مطالعه گراهام (Graham) نشان داد که مصرف کافئین که دارای اثراتی مشابه هپارین است به افزایش استقامت و سرعت منجر می‌گردد، اما منجر به افزایش $VO_{2\text{max}}$ نمی‌شود (۱۶). از این رو، این پژوهش با هدف تعیین اثر تزریق وریدی هپارین بر روی غلظت گلکوز و لакتان خون، میزان فعالیت لакتان دی‌هیدروژنаз، حداکثر اکسیژن مصرفی و ضربان قلب گروهی از دانشجویان انجام گرفت.

¹ Maximal Oxygen Consumption

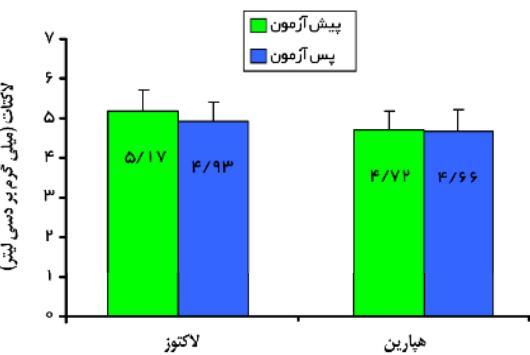
یافته‌ها

افراد مورد مطالعه در هر دو گروه، آزمون ورزشی استراند را با موفقیت کامل به اتمام رساندند. نتایج حاصل از آزمون تی مستقل نشان داد که بین متغیرهای مورد مطالعه در وضعیت پیش آزمون در دو گروه کنترل و تجربی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P>0.05$). یافته‌های آماری نشان دادند، تزریق هپارین به تغییرات معنی‌داری در غلظت گلوکز پلاسمای هنگام فعالیت ارگومتری استراند منجر نشد ($P>0.05$ ، نمودار ۱).



نمودار ۱) تغییرات غلظت گلوکز خون متعاقب آزمون ارگومتری در دو گروه مورد مطالعه

لاکتات پلاسمایی به واسطه تزریق هپارین حکایت می‌کند ($P<0.05$ ، نمودار ۲).



نمودار ۲) تغییرات غلظت لاکتات خون متعاقب آزمون ارگومتری در گروه‌های مورد مطالعه

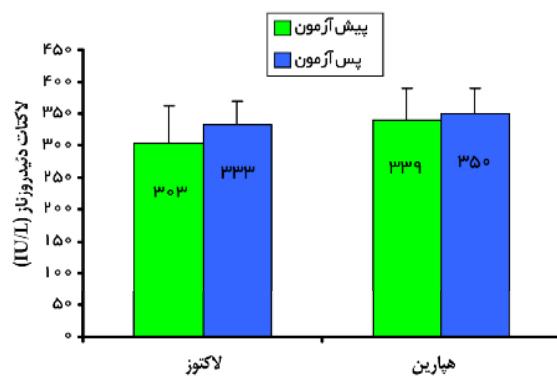
روی دوچرخه ثابت آزمایشگاهی بدون بار کار پدال زدن. سپس مرحله اصلی آزمون با سرعت پدالزنی ۵۰ دور در دقیقه و شدت کار ۹۸ واحد اجرا شد. میزان شدت کار و سرعت پدالزنی در طول اجرای آزمون ثابت بود. زمان اجرای این آزمون برای محاسبه حداکثر اکسیژن مصرفی ۶ دقیقه در نظر گرفته شد. بهمنظور فعال شدن مکانیسم اکسایشی، این آزمون تا مدت ۲۰ دقیقه ادامه یافت. ضربان قلب دقیقه ۶ آزمون جهت محاسبه حداکثر اکسیژن مصرفی توسط نمودار استراند ثبت شد. بلافاصله پس از اتمام آزمون، نمونه‌گیری خون وریدی از افراد به‌منظور اندازه‌گیری غلظت فاکتورهای لاکتات و گلوکز خون و میزان فعالیت لاکتات دهیدروژنانز به عمل آمد. کلیه نمونه‌گیری‌های خون در حالت ناشتا و پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت گرسنگی انجام گرفت. اندازه‌گیری گلوکز سرم به روش آنزیمی گلوکز اکسیداز با استفاده از کیت پارس آزمون ساخت کشور ایران توسط دستگاه اتوآنالایزر کوباس، ساخت کشور آلمان انجام شد. اندازه‌های لاکتات و لاکتات دهیدروژنانز نیز به روش آنزیماتیک با کیت ساخت شرکت رندوکس از کشور انگلیس توسط دستگاه کوباس مشخص شدند. محاسبه حداکثر اکسیژن مصرفی نیز توسط نموگرام استراند انجام گرفت ($P<0.05$). پس از جمع‌آوری اطلاعات آماری مربوط به گلوکز، لاکتات، لاکتات دهیدروژنانز، ضربان قلب استراحت و $VO_{2\text{max}}$ ، کلیه نتایج در محیط نرم-افزار SPSS Inc, Chicago, IL نسخه ۱۶ () انجام شد. توسط آزمون تی مستقل و جفت در هر دو گروه با هم مقایسه شدند. سطح پذیرش فرض‌های آماری $P\leq0.05$ منظور شد.

بحث

ورزشکاران اغلب در برابر وسوسه‌های مصرف انواع مکمل‌ها جهت بهبود اجرای ورزشی ضعیف هستند و از روش‌های تغذیه‌ای متفاوت مانند بارگیری کربوهیدرات و استفاده از مواد نیروزا جهت بهبود عملکرد ورزشی استفاده می‌کنند. هپارین علاوه بر ویژگی ضد انعقاد خون، به افزایش فعالیت نوعی لیپاز به نام لیپوپروتین لیپاز منجر می‌شود که نتیجه آن افزایش تبدیل تری-گلیسرید به FFA است (۳). این یافته‌ها توسط مطالعه مورا (Mora) که در سال ۲۰۰۱ که به هنگام فعالیت ورزش زیر بیشینه انجام شده، نیز تأیید شده است (۱۸). تزریق درون وریدی هپارین به هفت مرد ورزشکار در بررسی سال ۲۰۰۰ هاولی (Hawley) نیز به افزایش اکسیداسیون چربی منجر شد (۱۹).

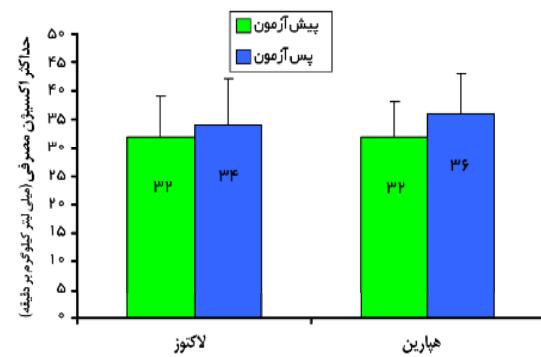
افزایش غلظت گلوکز خون هنگام فعالیت ورزشی متعاقب تزریق هپارین حاکی از کاهش مصرف این پیش ماده (سوپسترا) یا کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات و پیامد آن افزایش اکسیداسیون چربی‌ها است. از طرفی منابع علمی بیان می‌دارند که انباشتگی بیش از حد لاكتات هنگام فعالیت‌های بی‌هوایی یا هوایی فزاینده عامل مؤثر خستگی به شمار می‌رود (۳). چنانچه به واسطه تمرینات مداوم یا نوع رژیم غذایی یا مصرف برخی مکمل‌ها بتوان انباشتگی لاكتات را هنگام هر نوع فعالیت ورزشی کاهش داد به منزله اثکای بیشتر انرژی تولیدی به متاپولیسم هوایی به ویژه چربی‌ها است و پیامد آن کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات و کاهش مصرف گلوکز در متاپولیسم سوخت و سازی و تأخیر در شروع

از طرفی مقایسه آماری مراحل اول و دوم مربوط به آنزیم لاكتات دی‌هیدروژنаз نیز نشان داد که میزان فعالیت این آنزیم نیز متعاقب تزریق هپارین، دستخوش تغییر معنی‌داری نمی‌شود ($P > 0.05$). نمودار (۳).



نمودار (۳) تغییرات میزان فعالیت لاكتات دی‌هیدروژناز متعاقب آزمون ارگومتری در گروه‌های مورد مطالعه

حداکثر اکسیژن مصرفی نیز که از شاخص‌های بر جسته سنجش آمادگی قلبی-عروقی است تحت تأثیر تزریق درون وریدی هپارین قرار نگرفت ($P > 0.05$). هیچ‌یک از متغیرهای مورد نظر در گروه کنترل به واسطه تزریق لاكتوز نیز دستخوش تغییر نشدند ($P > 0.05$).



نمودار (۴) تغییرات حداکثر اکسیژن مصرفی هنگام آزمون ارگومتری در گروه‌های مورد مطالعه

ضریبان قلب، اکسیژن مصرفی، اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات مشاهده نشد (۲۶). عدم تغییر ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و نسبت تبادل تنفسی هنگام فعالیت ورزشی در برخی مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۲۵). در مطالعه‌ای دیگر نیز عدم تغییر غلظت‌های گلوکز، لاكتات و گلوکز ۶-۶ فسفات هنگام فعالیت ورزشی به‌واسطه تزریق هپارین گزارش شد (۲۷). یافته‌های آخر رانتزا (Rantza) نیز نشان داد که تزریق هپارین به تغییر معنی‌داری در غلظت گلوکز خون هنگام فعالیت ورزشی منجر نمی‌شود (۲۸). یافته‌های مطالعه اورت (Everett) نیز از این نتایج حمایت می‌کند (۲۹). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که تزریق هپارین به تغییرات معنی‌داری در متغیرهای غلظت لاكتات، گلوکز خون، میزان فعالیت لاكتات دهیدروژنانز و حداقل اکسیژن مصرفی منجر نمی‌شود. از محدودیت‌های مطالعه آخر عدم اندازه‌گیری همزمان متغیرهای مؤثر در متابولیسم چربی‌ها نظری FFA و تری‌گلیسرید است که بدون شک اندازه‌گیری آن‌ها به نتایج مهم‌تری در زمینه تأثیر تزریق هپارین روی متابولیسم کربوهیدرات‌چربی منجر می‌شد. البته لازم به ذکر است که اغلب مطالعات به افزایش FFA و کاهش تری‌گلیسرید به واسطه تزریق هپارین در جامعه بیمار و سالم اشاره نموده‌اند (۳۰ و ۳۱). برخی مطالعات نیز اظهار دارند که افزایش FFA به‌واسطه تزریق هپارین با تغییری در اندازه گلوکز یا لاكتات پلاسمای VO_{2max} احتمالاً به نظر می‌رسد که گرچه غلظت FFA پلاسمای به‌واسطه تزریق هپارین یا سایر مکمل‌ها افزایش می‌یابد و

خستگی است. کاهش فعالیت لاكتات دهیدروژنانز که پیروات را به لاكتات بر می‌گرداند نیز به کاهش تولید لاكتات هنگام ورزش بیشینه یا وامانده‌ساز منجر می‌شود (۲۰).

این‌که تزریق هپارین، متغیرهای مذکور را دستخوش تغییر می‌کند همواره بحث برانگیز بوده و یافته‌های پژوهشی در این زمینه کمابیش متناقض هستند. در این زمینه یک مطالعه نشان داده است تزریق وریدی هپارین به کاهش مصرف گلیکوزن در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل هنگام فعالیت دوچرخه سواری منجر می‌شود (۱۳). همچنین در مطالعه‌ای دیگر تزریق هپارین به کاهش مصرف گلیکوزن عضلانی هنگام فعالیت روی دو چرخه ثابت منجر شد (۲۱). در مطالعه سالورنتا (Saloranta) افزایش FFA به‌واسطه تزریق هپارین با کاهش ۲۰ درصدی مصرف گلوکز و کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات همراه بود (۲۲). نتایج برخی مطالعات دیگر نیز نشان داد که ترکیبی از تزریق هپارین و فعالیت ورزشی به افزایش ظرفیت تمرین و کاهش زمان برگشت به حالت اولیه متعاقب تمرین در برخی بیماری‌ها نظری آژین صدری و بیماران شریان کرونری منجر می‌شود (۲۳ و ۲۴). در بررسی دیگری افزایش زمان رسیدن به واماندگی و تأخیر در شروع خستگی هنگام فعالیت ورزشی به واسطه تزریق هپارین به ۶ مرد ورزشکار نیز مشاهده شده است (۲۵).

اما در مطالعه لایدین (Layden)، علی‌رغم افزایش معنی‌دار غلظت FFA هنگام فعالیت ورزشی به‌واسطه تزریق هپارین نسبت به سالین، تغییری در غلظت گلوکز پلاسمای تری‌گلیسرید،

نمی‌شود و با تغییر در فرآیند سوخت و ساز اکسایشی نسبت به گروه کنترل همراه نیست. البته این احتمال وجود دارد که میزان اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت بیشتر به مکانیسم‌های ورود اسید چرب آزاد به درون میتوکندری تا به میزان موجودیت آن در پلاسمما وابسته باشد. برخی مطالعات نیز به افزایش زمان رسیدن به واماندگی و تأخیر در شروع خستگی هنگام فعالیت ورزشی بدون تغییر در الگوی سوخت و سازی اشاره کرده‌اند که نیاز به مطالعات بیشتری در این زمینه را یادآوری می‌کند.

تشکر و قدردانی

نویسنده‌گان مقاله از اداره بهداشت شهرستان ساوه، معاونت پژوهش دانشگاه آزاد ساوه، پرسنل آزمایشگاه هماتولوژی دانش و کلیه دانشجویان که در اجرای پژوهش همکاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

از اهمیت قابل توجهی در عملکرد ورزشی برخوردار است، اما با وجود غلظت بالای پلاسمایی آن، انتقال آن به درون میتوکندری از اهمیت بالاتری برخوردار است. در واقع به نظر می‌رسد که این افزایش انتقال FFA به درون میتوکندری به وسیله برخی مکمل‌های دیگر نظری کارنیتین (۳۲-۳۴) است که به افزایش اکسایش و انرژی دهی چربی‌ها منجر می‌شود و به نوبه خود با کاهش مصرف گلوکز و افزایش غلظت پلاسمایی آن همراه است.

افزایش موجودیت FFA پلاسمما به واسطه تزریق هپارین بارها ثابت شده است. در برخی مطالعات این افزایش با کاهش مصرف گلوکز خون یا حفظ ذخایر گلیکوژن عضله و کبد گزارش شده است. اما برخی مطالعات عدم تغییر در مصرف گلوکز یا ذخایر کربوهیدرات را گزارش کرده‌اند. یافته‌های مطالعه حاضر نیز نشان داد که تزریق هپارین به تغییر محسوسی در غلظت‌های گلوکز یا لاكتات و ظرفیت هوایی هنگام فعالیت ورزشی منجر

References:

- Krogh A, Lindhard J. The Relative Value of Fat and Carbohydrate as Sources of Muscular Energy: With Appendices on the Correlation between Standard Metabolism and the Respiratory Quotient during Rest and Work. *Biochem J* 1920;14:290-363.
- Coyle EF. Fuels for sport performance. In: Lamb DR, Murray, R, eds. Perspectives in exercise science and sport performance. vol. 10. Optimizing Sport Performance. Carmel: Cooper Publ Group 1997;96-137.
- Maughan RJ, Gleeson M, Maughan R. Biochemistry of exercise & Training. (oxford Medical Publications), Oxf University Press, Usa 1997;130-7.
- Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, et al. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol* 1986;61:165-72.
- Cha YS, Choi SK, Suh H, et al. Effects of carnitine coingested caffeine on carnitine metabolism and endurance capacity in athletes. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2001; 47(6):378-84.
- Hathcock JN, Shao A. Risk assessment for carnitine. *Regul Toxicol Pharmacol* 2006; 46(1):23-8.
- Hawley JA. Effect of increased fatty availability on metabolism and exercise capacity. *Med Sci Sports Exercise* 2002; 34(9):1485-91.
- Nasstrom B, Olivercrona G, Olivercrona T, et al. Lipoprotein lipase during heparin infusion: lower activity in hemodialysis patients. *Scand J Clin Lab Invest* 2003;63(1):45-53.
- Fujita M, Sasayama S, Asanoi H, et al.

- Improvement of treadmill capacity and collateral circulation as a result of exercise with heparin pretreatment in patients with effort angina. *Circulation* 1988;77(5):1022-9.
10. Fujita M, Yamanishi K, Hirai T, et al. Comparative effect of heparin treatment with and without strenuous exercise on treadmill capacity in patients with stable effort angina. *Am Heart J* 1991;122(2):453-7.
11. Fragasso G, Leonardo F, Piatti P, et al. Detrimental effects of acute heparin administration on ischemic threshold in patients with coronary artery disease. *Ital Heart J* 2000;1(6):407-11.
12. Shioji K, Fujita M, Yamada T, et al. heparin and exercise treatment in the patients with arteriosclerosis obliterans. *Circ J* 1997; 61(8):715-8.
13. Dyck DJ, Putman CT, Heigenhauser GJ, et al. Regulation of fat-carbohydrate interaction in skeletal muscle during intense aerobic cycling. *Am J physiol Endocrinol Metab* 1993;265(6):852-859.
14. Van Baak MA, Mooij JM, Wijnen JA. Effect of increased plasma non-esterified fatty acid concentrations on endurance performance during beta-adrenoceptor blockade. *Int J Sports Med* 1993;14(1):2-8.
15. Muoio DM, Leddy JJ, Horvath PJ, et al. Effect of dietary fat on metabolic adjustments to maximal VO₂ and endurance in runners. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26(1):81-8.
16. Graham TE. Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism. *Can J Appl Physiol* 2001;26:103-19.
17. Assessing VO_{2max} in epidemiological studies: Modification of the Astrand-Ryhming test. *Medicine and science in sports and exercise* 1982;14(5):335-8.
18. Mora-Rodrigues R, Hodgkinson BJ, Laury O, et al. Effects of bete-adrenergic receptor stimulation and blockade on substrate metabolism during submaximal exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;280(5): 752-60.
19. Hawley JA, Burke LM, Angus DJ, et al. Effect of altering substrate availability on metabolism and performance during intense exercise. *Br J Nutr* 2000;84(6):829-38.
20. Huertas R, Campos Y, Diaz E, et al. Respiratory chain enzymes in muscle of endurance athletes: effect of L-carnitine. *Biomechanical and biophysical research communications* 1992;188(1):102-7.
21. Vukovich MD, Costill DL, Hickey MS, et al. Effect of emulsion and fat feeding on muscle glycogen utilization during cycle exercise. *Appl Physiol* 1993;75(4):1513-8.
22. Saloranta C. contribution of muscle and liver to glucose-fatty acid cycle in human. *Am J physiol* 1993;264(4):599-605.
23. Fragasso G, Leonardo F, Piatti P, et al. Detrimental effects of acute heparin administration on ischemic threshold in patients with coronary artery disease *Ital Heart J* 2000;1(6):407-11.
24. Fujita M, Yamanishi K, Hirai T, et al. Comparative effect of heparin treatment with and without strenuous exercise on treadmill capacity in patients with stable effort angina. *Am Heart J* 1991;122(2):453-7.
25. Pitsiladis YP, Smith I, Maughan RJ. Increased fat availability enhances the capacity of trained individuals to perform prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(11):1570-9.
26. Layden JD, Malkova D, Nimmo MA. During exercise in the cold increased availability of plasma nonesterified fatty acids does not affect the pattern of substrate oxidation. *Metabolism* 2004;53(2):203-8.
27. Hargreaves M, Kiens B, Richter EA. Effect of increased plasma free fatty acid concentrations on muscle metabolism in exercising men. *J Appl Physiol* 1991; 70(1):194-201.
28. Rantzau C, Christopher M, Alford FP. Contrasting effects of exercise, AICAR, and increased fatty acid supply on in vivo and skeletal muscle glucose metabolism. *J Appl Physiol* 2008;104(2):363-70.
29. Everett-Grueter C, Edgerton DS, Donahue EP, et al. The effect of an acute elevation of NEFA concentrations on glucagon-stimulated hepatic glucose output. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2006 Sep; 291:449-59.
30. Garcia-Roves P, Huss JM, Han DH, et al. Raising plasma fatty acid concentration induces increased biogenesis of mitochondria in skeletal muscle. *Proc Natl Acad Sci USA* 2007;104(25):10709-13.
31. Odland LM, Heigenhauser GJ, Spriet LL. Effects of high fat provision on muscle PDH activation and malonyl-CoA content

- in moderate exercise. *J Appl Physiol* 2000; 89(6):2352-8.
- 32.Muroski S, Lee TR, Muroyama K, et al. A combination of caffeine, arginine, soy isoflavones, and L-carnitine enhances both lipolysis and fatty acid oxidation in 3T3-L1 and HepG2 cells in vitro and in KK mice in vivo. *J Nutr* 2007; 137(10):2252-7.
- 33.Muller DM, Seim H, Kiess W, et al. Effect of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adult. *Metabolism* 2002;51(11):1389-91.
- 34.Kim E, Park H, Cha YS. Exercise training and supplementation with carnitine and antioxidants increases carnitine stores, triglyceride utilization, and endurance in exercising rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2004;50(5):335-43.