Archive of SID

تأثیر مصرف کارنیتین و تزریق هپارین بر سوخت‌وساز چربی و ظرفیت هوازی

❖ **مجتبی ایزدی**؛ عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ساوه*
❖❖ **دکتر عباسعلی گائینی** ؛ استاد دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران
❖❖❖ **دکتر اصغر ظریفیان**؛ عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ساوه
❖❖❖❖ **انوش اقدامی**؛ عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ساوه
❖❖❖❖❖ **حسین دوعلی**؛ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد ساوه

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۲۲
تاریخ تصویب: ۸۸/۱۰/۲۷

چکیده: افزایش اسیدهای چرب آزاد در دسترس با افزایش اکسایش چربی و کاهش مصرف کربوهیدرات در عضلات اسکلتی همراه است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مصرف ال-کارنیتین و تزریق هپارین بر سوخت‌وساز چربی و ظرفیت هوازی انجام شد. مواد و روش‌ها: ۳۰ دانشجوی پسر غیرورزشکار در قالب دو گروه کنترل (n=۱۵) و تجربی (n=۱۵) آزمون ارگومتری استراند را به مدت ۲۰ دقیقه به فاصلهٔ یک هفته از یکدیگر اجرا کردند: ۱. اجرای آزمون ورزشی ارگومتری زیربیشینه استراند در دو گروه کنترل و تجربی بدون مصرف ال-کارنیتین یا تزریق هپارین، ۲. مصرف خوراکی ۳ گرم ال- کارنیتین + تزریق درون وریدی هپارین (U ۱۰۰۰۰) به ترتیب ۹۰ و ۳۰ دقیقه قبل از آزمون ورزشی استراند در گروه تجربی و همچنین مصرف خوراکی و تزریق لاکتوز (دارونما) قبل از آزمون ورزشی در گروه کنترل عیناً مشابه گروه تجربی. بلافاصله پس از اتمام هر دو نوبت آزمون، نمونه‌گیری خون از ورید بازویی دست چپ به منظور اندازه‌گیری غلظت اسید چرب آزاد و تری‌گلیسرید انجام گرفت. از آزمون آماری t برای تعیین تفاوت‌های میان گروهی در متغیرهای مورد مطالعه استفاده شد (p<۰/۰۵). نتایج: در گروه تجربی، غلظت‌های اسید چرب آزاد و تری‌گلیسرید خون به ترتیب افزایش و کاهش معناداری در آزمون مرحلهٔ دوم نسبت به مرحلهٔ اول پیدا کرد. همچنین، در این گروه، ضربان قلب استراحت کاهش و حداکثر اکسیژن مصرفی نیز به میزان معناداری افزایش یافت (p<۰/۰۵). همهٔ متغیرها در گروه کنترل بدون تغییر ماندند. نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان می‌دهند مکمل‌سازی ال-کارنیتین به همراه تزریق هپارین به افزایش غلظت اسید چرب آزاد و ظرفیت هوازی هنگام اجرای فعالیت زیربیشینه منجر می‌شود. این یافته‌ها به این نکته اشاره می‌کنند که افزایش موجودیت و انتقال میتوکندریایی اسید چرب آزاد به افزایش اکسیداسیون چربی و بهبود اجرای استقامتی می‌انجامد.

واژگان کلیدی: ال-کارنیتین، سوخت‌وساز، عملکرد استقامتی، هپارین.

* **E.mail: izadimojtaba@yahoo.com**

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها از منابع اصلی انرژی مورد استفاده هنگام استراحت، فعالیت ورزشی، و تمرین به شمار می‌روند (۳). گلوکز و اسیدهای چرب آزاد سوبستراهای اصلی سوخت‌وساز اکسایشی در فعالیت‌های هوازی و استقامتی‌اند (۴۰). از عوامل تعیین‌کنندهٔ خستگی هنگام فعالیت‌های استقامتی طولانی‌مدت تخلیهٔ ذخایر کربوهیدرات است (۲۷). با توجه به ذخایر محدود کربوهیدرات و منابع فراوان چربی در بدن، متخصصان بیوشیمی و فیزیولوژی ورزش با هدف ابتکار روش‌های مناسب در افزایش میزان سهم چربی‌ها در تولید انرژی به منظور حفظ ذخایر کربوهیدرات و منابع گلوکز و تأخیر در شروع خستگی به‌ویژه در فعالیت‌های استقامتی طولانی‌مدت مطالعات متعددی انجام داده‌اند یا در حال اجرایند.

اسیدهای چرب آزاد، سوبسترای اصلی اکسیداسیون چربی‌هایند (۲۷). دو مرحلهٔ کلیدی در مسیر اکسایش چربی، تجزیهٔ تری‌گلیسرید به اسید چرب آزاد و انتقال آن به درون میتوکندری است (۴۱). هپارین علاوه بر خاصیت ضد انعقاد خون، با تحریک لیپوپروتئین لیپاز به افزایش و تسریع تجزیهٔ تری‌گلیسرید به FFA می‌انجامد، به‌طوری که تزریق آن قبل از تمرین به شروع فعالیت اکسیداسیون چربی هم‌زمان با آغاز فعالیت منجر می‌شود (۴).

از طرفی، در عضلات اسکلتی، ال-کارنیتین در انتقال اسید چرب آزاد به ماتریکس میتوکندری در فرایند بتا اکسیداسیون نقش مهمی دارد (۴۲). مطالعات متعددی در خصوص تعیین اثر مکمل‌سازی ال-کارنیتین یا تزریق هپارین روی اکسیداسیون کربوهیدرات- چربی انجام گرفته است (۴۳،۴۲،۳۹،۳۸،۳۶،۳۳،۲۴،۱۹،۱۴،۹). در این خصوص، پژوهش‌های پیشین مکمل‌سازی ۲ تا ۵ گرم ال-کارنیتین در فواصل زمانی یک تا دو ساعت قبل از فعالیت ورزشی (۴۶،۴۳،۳۷،۱۳،۱۱،۹)، همچنین تزریق درون وریدی هپارین با مقادیر و فواصل زمانی مشابه هپارین قبل از فعالیت ورزشی را گزارش کرده‌اند (۲۹،۱۶،۱۲). این یافته‌ها دربارهٔ تأثیر این مکمل‌های بر فرایند اکسیداسیون اتفاق نظر ندارند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند مکمل‌سازی ال-کارنیتین به افزایش مصرف FFA (۱۵)، حفظ ذخایر گلیکوژن (۴۲)، افزایش عملکرد ورزشی (۳۳)، تسریع ریکاوری (۳۸)، و افزایش VO_2max (۳۹) می‌انجامد که از مشخصه‌های آمادگی قلبی-تنفسی است (۲).

همچنین، مطالعهٔ آیوی و همکاران (۱۹) نشان داد تزریق وریدی هپارین به افزایش FFA پلاسما و کاهش لاکتات هنگام فعالیت منجر می‌شود. افزایش FFA، کاهش غلظت گلوکز، و کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات به‌واسطهٔ تزریق هپارین در مطالعهٔ سالورنتا و همکاران (۳۶) نیز مشاهده شد. در مطالعهٔ دیگری مشخص شد افزایش موجودیت FFA با تزریق هپارین به کاهش ۲۳ درصدی مصرف گلوکز هنگام فعالیت استقامتی منجر می‌شود (۲۶).

اما برخلاف مطالب بالا، برخی مطالعات عدم تأثیر مکمل‌سازی ال-کارنیتین بر بتااکسیداسیون چربی و مصرف FFA (۲۴) و برخی مطالعات نیز عدم تأثیر تزریق هپارین بر اکسیداسیون چربی (۲۳)، غلظت لاکتات (۴۴)، و اکسیداسیون کربوهیدرات (۲۸) را گزارش کردند.

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعهٔ براد (۹) نشـان داد مصرف روزانهٔ۳ گرم ال-کارنیتین برای مدت ۴ هفته در مصرف سوبسـترا یا عملکرد اسـتقامتی و اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی هنگام اجرای زیربیشینه تغییری پدید نمی‌آورد. همچنین، در مطالعهٔ استویسـی (۴۳) مکمل‌سـازی ۲ گرم ال-کارنیتین درسـت دو سـاعت قبل از آزمون ورزشـی تأثیری بر اجرای استقامتی، ضربان قلب، و اکسیژن مصرفی نداشت.

مطالعهٔ اروگلو (۱۳) نشان داد مکمل‌سازی ۲گرم ال-کارنیتین یک سـاعت قبل از آزمون ورزشی در ضربان قلب، VO_2max، نسـبت تبادل تنفسـی، و آسـتانهٔ تهویه‌ای تغییری پدید نمـی‌آورد. اما، رانتزا (۳۱) اظهـار می‌دارد پاسـخ‌های سوخت‌وسـازی به ورزش با افزایش موجودیـت FFA تغییر نمی‌کند. در ایـن میان، برخی مطالعات این ناتوانی را به مرحلهٔ تجزیهٔ تری‌گلیسرید به FFA و برخی دیگر به مرحلهٔ انتقال میتوکندریایی FFA نسبت داده‌اند. برای مثال، کینز (۲۲) با استناد به یافته‌های خود بیان می‌کند تنظیم مصرف اسید چرب آزاد در عضلات اسکلتی هنگام فعالیت، بیشتر به سازوکار ورود آن‌ها به میتوکندری وابسته است تا سایر موارد.

برخـی مطالعات عـدم تغییر مصرف سوبسـترا یا اکسـایش چربـی- کربوهیـدرات را بـه ناتوانی ال-کارنیتین در انتقال میتوکندریایی FFA نسـبت داده‌انـد. برخی نیز آن را به عدم تأثیر تزریق هپارین بر تجزیهٔ تری‌گلیسـرید به FFA نسـبت داده‌اند که در هـر دو مورد میزان شـرکت اسـید چـرب آزاد در اکسـایش چربی‌هـا افزایـش نمی‌یابـد. تاکنون مطالعه‌ای که به طور هم‌زمان تأثیر مکمل‌سازی ال-کارنیتین و تزریق هپارین را بر سوخت‌وسـاز چربی و ظرفیت هوازی بررسـی کند انجام نگرفته است. از این رو، این مطالعه با هدف تعیین تأثیر مکمل‌سازی ال-کارنیتیـن هم‌زمـان بـا تزریق هپارین بـر میزان غلظـت FFA، تری‌گلیسـرید، حداکثـر اکسـیژن مصرفـی، و ضربان قلب اسـتراحت و ورزش هنگام فعالیت زیربیشینه و مقایسهٔ یافته‌های آن با نتایج سایر مطالعـات پرداخته اسـت و تنها تأثیر مکمل‌سـازی جداگانهٔ ال- کارنیتین یا تزریق هپارین بر متغیرهای وابسته را بررسی می‌کند.

روش‌شناسی

این مطالعهٔ تجربی دوسـو کـور در دو مرحله با فاصلـهٔ زمانی یک هفته انجام شـد. جامعهٔ تحقیق را دانشجویان پسر غیر ورزشکار(۳±۲۱ سال) دانشگاه آزاد ساوه تشـکیل دادند. افراد مورد مطالعه در هیچ یک از تیم‌های ورزشی دانشگاه یا باشگاه‌های خارج از دانشگاه فعالیت نداشتند. نمونه‌های تحقیق عبارت بودنـد از دو گروه ۱۵ نفری کنتـرل و تجربی که به شـیوهٔ تصادفی از جامعه انتخاب شـدند. آزمودنی‌ها هیچ نوع بیماری سوخت‌وسـازی یـا قلبی- عروقی یـا ناهنجاری ارتوپـدی نداشـتند و داروهایی که بر سوخت‌وساز کربوهیدرات یا چربی تأثیر داشته باشند مصرف نکردند. همچنین، سابقهٔ مصرف مواد نیروزا یا مکمل‌های ورزشی نداشـتند. همهٔ آزمودنی‌ها که دانشـجویان خوابگاه بودند به مدت ۴۸ سـاعت قبل از اجرای آزمون‌های ورزشی از فعالیت ورزشی منع شدند و رژیم غذایی آن‌ها در این دورهٔ زمانی یکسان بود. همچنین، از آزمودنی‌ها خواسـته شد از مصرف چای یا قهوه به مدت ۱۰ تا ۱۲ سـاعت قبل از اجرای آزمون‌هـای ورزشـی و نمونه‌گیری خـون اجتناب

www.SID.ir

Archive of SID

کنند. از محدودیت‌های مطالعهٔ حاضر اجرای مطالعه روی ورزشکاران (به‌ویژه استقامتی) و عدم وجود گروه‌های مجزای مکمل‌سازی ال- کارنیتین یا هپارین بود.

این تحقیق در دو مرحلهٔ جداگانه به فاصلهٔ زمانی یک هفته از یکدیگر اجرا شد: ۱. اجرای آزمون ورزشی ارگومتری زیربیشینه استراند (۴) در هر دو گروه کنترل و تجربی بدون مصرف ال-کارنیتین یا تزریق هپارین، ۲. مصرف خوراکی ۳ گرم ال-کارنیتین + تزریق درون وریدی هپارین (۱۰۰۰۰ U) به ترتیب ۹۰ و ۳۰ دقیقه قبل از آزمون ورزشی استراند در گروه تجربی؛ همچنین مصرف خوراکی و تزریق لاکتوز (دارونما) قبل از آزمون ورزشی در گروه کنترل عیناً مشابه گروه تجربی. ال-کارنیتین توسط شرکت شهردارو از شرکت سیگماتوا ایتالیا تهیه شد. در حدود یک ساعت قبل از آزمون ضربان قلب استراحت هر آزمودنی ثبت شد. آزمون استراند آزمون ورزشی زیربیشینه روی دوچرخهٔ کارسنج تحت بارکار ۹۸ وات با سرعت پدال‌زنی ۵۰ دور در دقیقه انجام شد. ضربان قلب پایانی آزمون (دقیقهٔ ۶) به منظور محاسبهٔ VO_2max با نموگرام استراند ثبت شد. با در دست داشتن بارکار هنگام فعالیت روی ارگومتری زیربیشینه استراند، همچنین ضربان قلب دقیقهٔ ۶ آزمون، VO_2max هر یک از افراد با نموگرام برآورد VO_2max مختص این پروتکل محاسبه شد. از طرفی، به منظور فعال شدن سوخت‌وساز اکسایشی کربوهیدرات و چربی اجرای آزمون استراند تا مدت زمان ۲۰ دقیقه با هر آزمودنی ادامه یافت. در این رابطه، غلظت‌های FFA، لاکتات، و سایر مؤلفه‌های اکسایش چربی و کربوهیدرات متعاقب فعالیت ارگومتری ۲۰ دقیقه‌ای اندازه‌گیری شدند (۱۸). ضربان قلب هنگام اجرای آزمون در فاصلهٔ هر سه دقیقه با ضربان‌نگار پولار ثبت شد. بلافاصله پس از اتمام آزمون، پزشک آزمایشگاه از ورید بازویی آزمودنی نمونه‌گیری خون انجام داد تا متغیرهای خونی با دستگاه اتوآنالایزر کوباس میرا ساخت شرکت آلمان تجزیه و تحلیل گردد. به منظور رعایت مسائل بهداشتی و حفظ نکات ایمنی، تمامی آزمون‌های ورزشی و نمونه‌گیری خون در محیط آزمایشگاه بیمارستان انجام گرفت.

نمونه‌گیری‌ها خون در حالت ناشتا پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت گرسنگی انجام گرفت. اسید چرب آزاد به روش گازکروموتوگرافی و تری‌گلیسرید به روش آنزیماتیک اندازه‌گیری شدند (۱۸). در پایان تمامی متغیرها در مراحل اول و دوم هر دو گروه کنترل و تجربی با آزمون آماری t در محیط نرم‌افزار SPSS با هم مقایسه شدند ($p<۰/۰۵$).

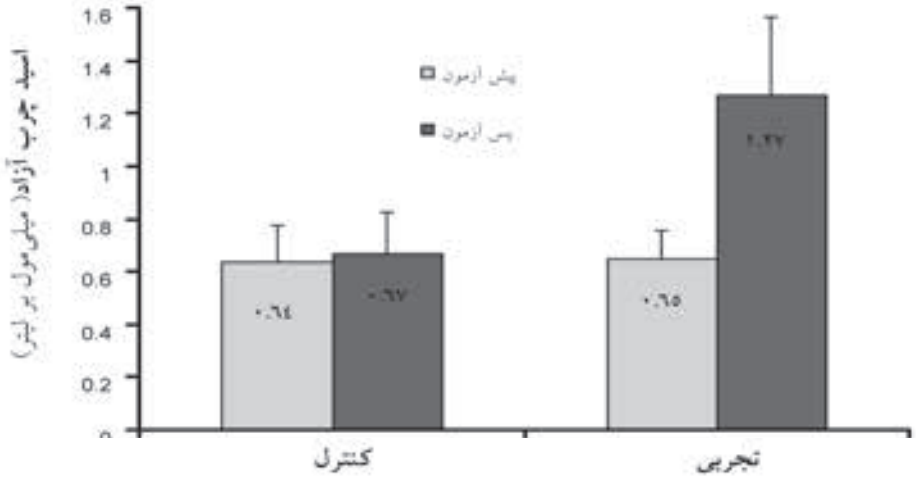
یافته‌ها

یافته‌های آماری تفاوت معناداری را در سطوح تمامی متغیرها (rest and sub HR, VO_2max, TG, FFA) در آزمون‌های مرحلهٔ اول بین دو گروه کنترل و تجربی نشان ندادند ($p>۰/۰۵$). از طرفی، نتایج آزمون t همبسته نشان داد که در گروه تجربی مکمل‌سازی ال- کارنیتین در کنار تزریق هپارین به افزایش معنادار غلظت اسید چرب آزاد پلاسما تا دو برابر منجر شد (۰/۱۱±۰/۶۵ در مقابل ۰/۳±۱/۲۷ میلی‌مول بر لیتر، ($p<۰/۰۵$) (شکل ۱). همچنین، این یافته‌ها نشان داد که غلظت تری‌گلیسرید پلاسما

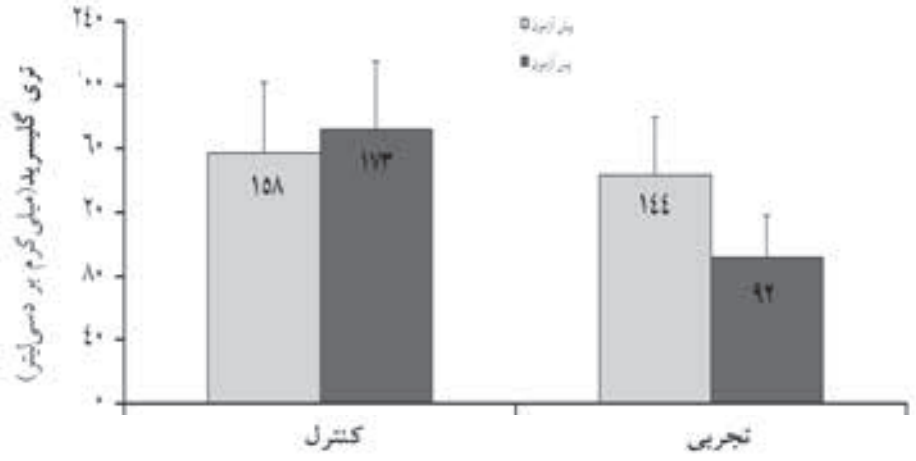
www.SID.ir

Archive of SID

در گـروه تجربی کاهش یافته اسـت (۳۶±۱۴۴ در مقابـل ۲۶±۹۲ میلی‌گـرم بر دسـی‌لیتر، $p<0/05$) (شـکل۲). اندازهٔ حداکثر اکسـیژن مصرفی در این گروه نیز بـه میزان معناداری افزایـش یافت (۶±۳۵ در مقابل ۷±۴۰ میلی‌لیتر کیلوگرم در دقیقه، $p<0/05$) (شکل ۳). همچنین، یافته‌ها نشان داد ضربان قلب استراحت در گروه تجربی به میزان معناداری کاهش یافت ($p<0/05$). یافته‌های آماری تغییر معناداری را در هر یک از متغیرهای مورد مطالعه بین مراحل اول و دوم گروه کنترل نشان نداند.



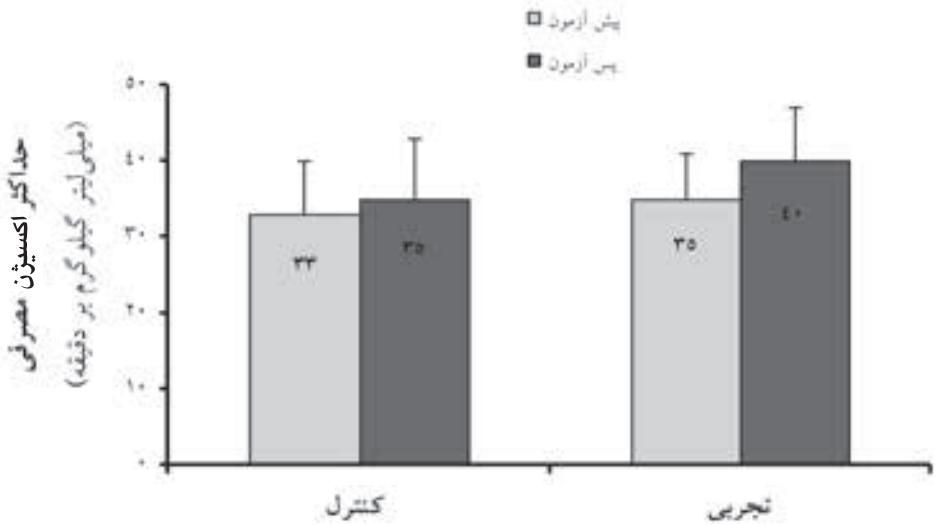
شکل ۱. الگوی تغییرات اسید چرب آزاد هنگام آزمون ارگومتری در گروه‌های مورد مطالعه



شکل ۲. الگوی تغییرات تری گلیسرید هنگام آزمون ارگومتری در گروه‌های مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. الگوی تغییرات حداکثر اکسیژن مصرفی هنگام آزمون ارگومتری در گروه‌های مورد مطالعه

بحث

تنظیم مصرف کربوهیدرات و چربی در عضلات اسکلتی هنگام استراحت و فعالیت ورزشی را از اوایل ۱۹۶۰ رندل و همکارانش (۲۰) بررسی کردند. ورزشکاران به تصور بهبود عملکرد ورزشی از مکمل‌های غذایی متعددی استفاده می‌کنند. یافته‌های مطالعهٔ حاضر نشان داد مصرف هم‌زمان ال-کارنیتین و تزریق هپارین در گروه تجربی به افزایش اسید چرب آزاد در دسترس، همچنین افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌انجامد. این یافته‌ها همچنین کاهش ضربان قلب استراحت به‌واسطهٔ این مکمل‌سازی را نشان دادند. این در حالی است که مصرف یا تزریق وریدی دارونمای لاکتوز در گروه کنترل، هیچ یک از متغیرهای وابسته را در آزمون‌های مرحلهٔ دوم نسبت به مرحلهٔ اول متأثر نکرد.

سوخت‌وساز یا اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی‌ها در عضلات اسکلتی هنگام ورزش به اسیدهای چرب آزاد در دسترس وابسته است (۴۵). روش‌های متفاوتی برای افزایش دسترسی عضلات به اسید چرب آزاد و کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات رایج است، از جمله روزه‌داری، مصرف کافئین (۱)، مکمل‌سازی ال- کارنیتین، مصرف محلول‌های تری‌گلیسریدی با زنجیرهٔ متوسط، و تزریق درون وریدی برخی مکمل‌ها نظیر هپارین (۱۷). با وجود این، بیشتر مطالعات در توصیف و معرفی چگونگی بهبود عملکرد در افراد سالم به‌واسطهٔ مکمل‌سازی کارنیتین ناتوان بوده‌اند (۸). در مطالعه‌ای مصرف ۴ گرم ال- کارنیتین درست ۹۰ دقیقه قبل از آزمون ورزشی، به افزایش مصرف FFA منجر شد (۱۱). بر مبنای این اطلاعات، برخی

www.SID.ir

Archive of SID

محققـان مصرف کوتاه و بلندمدت این آمینواسـید را عامل فیزیولوژیایی آمادگی زیسـتی ورزشکاران نخبه به هنگام تمرین و رقابت‌های سـنگین پیشنهاد می‌کنند (۱۱). اغلب مطالعاتی که آثار سودمند ال-کارنیتین بر عملکرد ورزشی و مصرف سوبستراهای اکسایشـی را تأیید می‌کنند منحصر به مکمل‌سازی ایـن آمینواسـید در بیمارانی‌اند که بـه نوعی نقص کارنیتین دارند، نظیر بیمـاران عروق محیطی(۴۳)، انسـداد ریوی (۶)، همودیالیز (۷)، و بیماران دارای مقاومت انسولین (۳۰).

از طرفی، مطالعهٔ اسپریت (۴۰) و برخی مطالعات دیگـر (۳۴، ۳۷) اظهار می‌دارند مصرف کارنیتین در افراد سالم با تغییر در مصرف VO_2max ،FFA، و سایر متغیرهای سوخت‌وسازی و هماتولوژیکی همراه نیسـت. تاکنون، اغلب مطالعاتی که با هدف افزایش اکسیداسـیون چربی و کاهش مصرف کربوهیدرات و تأخیر در شـروع خسـتگی انجـام گرفته‌اند، فقط به مصرف یکـی از این مکمل‌سـازی‌ها پرداخته‌اند و حداقـل در نیمـی از این مطالعـات، مصرف ال-کارنیتین یـا تزریق هپارین با عـدم تغییر در مصرف سوبسـترا یا بهبود عملکرد ورزشی همراه بوده است (۹،۱۴،۲۳،۲۴،۲۸،۴۳،۴۴). امـا از آنجـا کـه تجزیهٔ تری گلیسـرید به FFA و انتقال میتوکندریایی آن، دو مرحلـهٔ کلیدی در میزان اکسـایش چربی به‌ویژه هنگام اجرای استقامتی‌اند (۳۲،۴۱)، برخی مطالعات تأثیـر هم‌زمان مکمل‌هایی را که بـه نوعی بر این دو مرحلهٔ کلیدی تأثیر می‌گذارند بررسـی کرده‌اند. در این زمینه، مطالعهٔ اسچان (۳۵) نشان داد مکمل‌سازی هم‌زمان کارنیتین، کافئین، و کولین به افزایش مصرف FFA و اکسیداسیون چربی و افزایش VO_2max و عملکرد ورزشی می‌انجامد.

مطالعهٔ موروسـاکی (۲۵) نیز نشـان داد ترکیب کارنیتین، کافئین، و آرژنین به افزایش معنادار لیپولیز و بتااکسیداسیون همراه با کاهش تری‌گلیسرید پلاسما و کبد در مقایسه با هر کدام به تنهایی می‌انجامد (۲۵). از طرفـی، مطالعهٔ چا (۱۰) نشـان داد غلظت FFA پلاسما به واسطهٔ مصرف هم‌زمان کارنیتین و کافئین بـه میزان معنـاداری افزایش یافت که بـا بهبود قابل توجه زمان استقامت همراه بود، در حالی که مصرف هر کـدام از آن‌ها به تنهایی تغییـری در غلظت‌های FFA و تری‌گلیسرید به همراه نداشت.

یافته‌های مطالعهٔ حاضر نشـان داد افزایش اسـید چرب آزاد در دسـترس با کاهش غلظت پلاسمایی تری‌گلیسـرید نیـز همـراه اسـت. کاهـش غلظت تری‌گلیسرید احتمالاً به دلیل تجزیهٔ بیشتر آن به اسید چرب آزاد به‌واسـطهٔ تزریق وریدی هپارین است. از طرفی، برخی مطالعات بیان می‌کنند اگرچه کارنیتین در بدن سـنتز و توسـط رژیم غذایی نیـز وارد بدن می‌شود، در برخی شرایط مکمل‌سازی ال-کارنیتین در ورزشکاران رقابتی و فعالیت‌های شدید استقامتی که امکان کمبود احتمالـی کارنیتین عضلانی وجود دارد مفید است (۲۰).

همچنیـن، در بازنگـری اخیـر، کارلیـک و همکاران (۲۱) گزارش کردنـد کارنیتین (کارنیتین اسـیل ترانسـفراز) تأثیر مسـتقیمی در بیان ژن دارد و از طریـق تنظیـم درون سـلولی میزان اسـیدهای چرب، در اکسـایش آن‌ها و بهبود عملکرد ورزشی نقـش مهمی ایفا می‌کنـد. مطالعهٔ ادلند (۲۶) نشـان داد افزایـش موجودیـت FFA با تزریـق هپارین به افزایش انتقال میتوکندریایی آن و افزایش اکسـایش

www.SID.ir

Archive of SID

چربی می‌انجامد. مطالعهٔ حاضر روی گروه‌های غیر ورزشکار انجام شد، اما نتایج را می‌توان به افراد ورزشکار نیز تعمیم داد.

در تأیید این مطلب، یافته‌های باکورا (۵) نشان داد مکمل‌سازی کارنیتین به افزایش ۱۴ درصدی زمان رسیدن به واماندگی در خرگوش‌های غیر ورزشکار منجر شد، در حالی که این افزایش در گروه ورزشکار به مراتب بیشتر بود (۳۰ درصد)، به طوری که در این زمینه مطالعهٔ حاضر نیز نشان داد مکمل‌سازی هم‌زمان ال-کارنیتین با تزریق هپارین قبل از فعالیت ورزشی زیربیشنه به افزایش موجودیت اسید چرب آزاد منجر می‌شود که با افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی نیز همراه است.

نتیجه‌گیری

مطالعات متعددی در خصوص مصرف و تأثیر انواع مکمل‌های ورزشی روی تغییر سوبستراهای سوخت‌وسازی کربوهیدرات- چربی هنگام فعالیت انجام گرفته است و یافته‌های پژوهشی اغلب ناهمگون و دوسویه‌اند. این مطالعه در تأیید برخی یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد افزایش هم‌زمان موجودیت اسید چرب آزاد و انتقال میتوکندریایی آن با مصرف هم‌زمان ال-کارنیتین و تزریق هپارین به افزایش ظرفیت هوازی می‌انجامد که این تغییرات با بهبود عملکرد ورزشی و تأخیر در بروز خستگی در فعالیت‌های استقامتی همراه است. درک و شناخت بیشتر تأثیر این نوع مکمل‌سازی‌ها بر سوخت‌وساز اکسایشی، نیازمند اندازه‌گیری هم‌زمان سوبستراها و فاکتورهای تعیین‌کنندهٔ اکسایش کربوهیدرات و چربی به‌ویژه غلظت‌های پلاسمایی گلوکز و لاکتات در کنار متغیرهای مطالعهٔ حاضر همراه با مکمل‌سازی هر یک از این مکمل‌ها در گروه‌های مجزا در مطالعات آتی است. همچنین، اجرای پژوهش‌های مشابه روی نمونه‌های ورزشکار به‌ویژه ورزشکاران استقامتی هنگام آزمون‌های ورزشی بلندمدت پیشنهاد می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. ابراهیمی، محسن؛ رحمانی‌نیا، فرهاد؛ دمیرچی، ارسلان؛ میرزایی، بهمن، ۱۳۸۷، اثر کافئین بر پاسخ‌های متابولیکی و قلبی- عروقی به فعالیت زیربیشینه در مردان چاق و لاغر، فصلنامهٔ المپیک، (۴۴)۴. ۲۷-۱۷.

۲. ترتیبیان، بختیار؛ عباسی، اصغر؛ خورشیدی، مهدی، ۱۳۸۶، برآورد شاخص‌های توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان: مقایسهٔ پنج پروتکل، فصلنامهٔ المپیک، (۳۷)۱. ۱۱۰-۹۷.

۳. روحانی، هادی؛ دمیرچی، ارسلان؛ حسن نیا، صادق؛ روحانی، زهرا، ۱۳۸۸، مقایسهٔ میزان اکسایش چربی در دامنهٔ شدت‌های فعالیت دویدن دانشجویان پسر غیرورزشکار، فصلنامهٔ المپیک، (۴۵)۱. ۱۳۰-۱۲۱.

4. Siconolfi SF, Cullinane EM, Carleton RA, Thmpson PD (1982). "Assessing VO_2max in edipemiological studies: Modification of the Astrand- Ryhming test", Medicine and science in sports and exercise, 14(5): 335-338.

5. Bacurau, R.F.; Navarro, F.; Bassit, R.A.; Meneguello, M.O.; Santos, R.V.; Almeida, A.L.; Costa Rosa, L.F. (2003). "Does exercise training interfere with the effects of L-carnitine supplementation?", Nutrition, Apr; 19(4):337-41.

6. Borghi-Silva, A.; Baldissera, V.; Sampaio, L.M.; Pires-DiLorenzo, V.A.; Jamami, M.; Demonte, A. et al. (2006). "L-carnitine as an ergogenic aid for patients with chronic obstructive pulmonary disease submitted to whole-body and respiratory muscle training programs", Braz J Med Biol Res, Apr., 39(4): 465-74.

7. Brass, E.P.; Hiatt, W.R. (1994). "Carnitine metabolism during exercise", 54(19): 1385-93.

8. Brass, EP (2004). "Carnitine and sports medicine: use or abuse?", Ann N Y Acad Sci, Nov., 1033:67-78.

9. Broad, E.M.; Maughan, R.J.; Galloway, S.D. (2005). "Effects of four weeks L-carnitine L-tartrate ingestion on substrate utilization during prolonged exercise", Int J Sport Nutr Exerc Metab, Dec., 15(6):665-79.

10. Cha, Y.S.; Choi, S.K.; Suh, H.; Lee, S.N.; Cho, D.; Li, K. (2001). "Effects of carnitine coingested caffeine on carnitine metabolism and endurance capacity in athletes", J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo), Dec., 47(6): 378-84.

11. Dragan, G.I.; Vasiliu, A.; Georgescu, E.; Dumas, I. (1987). "Studies concerning chronic and acute effects of L-carnitine on some biological parameters in elite athletes", Physiologie, 24(1): 23-8.

12. Dyck, D.J,; Putman, C.T.; Heigenhauser, G.I.; Hultman, E.; Spriet, L.L. (1993). "Regulation of far-carbohydrate interaction in skeletal muscle during intense aerobic cycling", Am J physiol Endocrinol Metab, (256): 852-59.

13. Eroğlu, H.; Senel, O.; Güzel, N.A. (2008). "Effects of acute L-carnitine intake on metabolic and blood lactate levels of elite badminton players", Neuro Endocrinol Lett, Apr., 29(2):261-6.

14. Everett-Grueter, C.; Edgerton, D.S.; Donahue, E.P.; Vaughan, S.; Chu, C.A.; Sindelar, D.K. et al. (2006). "The effect of an acute elevation of NEFA concentrations on glucagon-stimulated hepatic glucose output", Am J Physiol Endocrinol Metab, 291(3): E449-59.

15. Gorostiaga, E.M.; Maurer, C.A.; Eclache, J.P. (1989). "Decrease in respiratory quotient during exercise following L-carnitine supplementation", Int J Sports Med, June, 10(3): 169-74.

16. Hargraeaves, M.; Kiens, B.; Richter, E.A. (1991). "Effect of increased plasma free fatty acid concentrations on muscles metabolism in exercise men", J Appl Physiol, (70): 194-201.

17. Hawley, J.A. (2002). "Effect of increased fatty availability on metabolism and exercise capacity", Med Sci Sports Exercise, Sep., 34(9): 1485-91.

18. Henry, Davidson (2001). "Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods", Vol. 286, No. 16.

19. Ivy, J.L.; Costil, D.L.; Van Handel, P.J.; Essij, D.A.; Lower, R.W. (1981). "Alteration in the lactate threshold

www.SID.ir

Archive of SID

with changes in substrate availability", Int. J. Sports Med, 2; 139-142.

20. Jeukendrup, A.E. (2002). "Regulation of fat metabolism in skeletal muscle", Ann N Y Acad Sci, June, 967: 217-35.
21. Karlic, H.; Lohninger, A. (2004). "Nutrition 5-supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense?", 20(7-8): 709-15.
22. Kiens, B.; Roepstorff, C. (2003). "Utilization of long-chain fatty acids in human skeletal muscle during exercise", Acta Physiol Scand, Aug. 178(4):391-6.
23. Layden, J.D.; Malkova, D.; Nimmo, M.A. (2004). "During exercise in the cold increased availability of plasma nonesterified fatty acids doas not affect the pattern of substrate oxidation", Metabolism, 53(2): 203-8.
24. Lee, J.K.; Lee, J.S.; Park, H.; Cha, Y.S.; Yoon, C.S.; Kim, C.K. (2007). "Effect of L-carnitine supplementation and aerobic training on FABPc content and beta-HAD activity in human skeletal muscle", Eur J Appl Physiol, June, 99(2):193-9.
25. Murosaki, S.; Lee, T.R.; Muroyama, K.; Shin, E.S.; Cho, S.Y.; Yamamoto, Y. (2007). "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, Oct., 137(10):2252-7.
26. Odland, L.M.; Heigenhauser, G.J.; Wong, D.; Hollidge-Horvat, M.G.; Spriet, L.L. (1998). "Effects of increased fat availability on fat-carbohydrate interaction during prolonged exercise in men", Am J Physiol, Apr. 274(4 Pt 2): R894-902.
27. Pendergast, D.R.; Leddy, J.J.; Venkatraman, J.T. (2000). "A perspective on fat intake in athletes", J Am Coll Nutr, June, 19(3): 345-50.
28. Piatti, P.M. et al. (1995). "Effects of an increase in plasma triglyceride levels on glucose metabolism in man", Metabolism, 44(7): 883-9.
29. Pistiladis, Y.P.; Smith, I.; Maughan, R.J. (1993). "Increased fat availability enhances the capacity of trained individuals to perform prolonged exercise", Med Sci Sports Exercise, 31(11): 1570-79.
30. Rajasekar, P.; Anuradha, C.V. (2007). "Effect of L-carnitine on skeletal muscle lipids and oxidative stress in rats fed high-fructose diet", Exp Diabetes Res, 727-41.
31. Rantzau, C.; Christopher, M.; Alford, F.P. (2008). "Contrasting effects of exercise, AICAR, and increased fatty acid supply on in vivo and skeletal muscle glucose metabolism", J Appl Physiol, Feb., 104(2): 363-70.
32. Rasmussen, B.B.; Wolfe, R.R. (1999). "Regulation of fatty acid oxidation in skeletal muscle", Annu Rev Nutr, 19:463-84.
33. Rivero, J.L.; Sporleder, H.P.; Quiroz-Rothe, E.; Vervuert, I.; Coenen, M.; Harmeyer, J. (2002). "Oral L-carnitine combined with training promotes changes in skeletal muscle", Equine Vet J Suppl, Sep. (34): 269-74.
34. Rubin, M.R.; Volek, J.S.; Gómez, A.L.; Ratamess, N.A.; French, D.N.; Sharman, M.J.; Kraemer, W.J. (2001). "Safety measures of L-carnitine L-tartrate supplementation in healthy men", J Strength Cond Res, Nov., 15(4): 486-90.
35. Sachan, D.S.; Hongu, N. (2000). "Increases in VO_2max and metabolic markers of fat oxidation by caffeine, carnitine, and choline supplementation in rats", J Nutr Biochem, Oct., 11(10):521-6.
36. Saloranta, C.; Koivisto, V.; Widen, E.; Falholt, K.; Defronzo, R.A.; Harkonen, M. et al. (1993). "contribution of muscle and liver to glucose-fatty acid cycle in human", Am J physiol, Apr., 264(4); 599-605.
37. Soop, M.; Björkman, O.; Cederblad, G.; Hagenfeldt, L. (1988). "Wahren J. Influence of carnitine

www.SID.ir

Archive of SID

supplementation on muscle substrate and carnitine metabolism during exercise", J Appl Physiol, June, 64(6):2394-9.

38. **Spasov, A.A.; Iezhitsa, I.N.; Kravchenko, M.S.; Pisarev, V.B.; Snigur, G.L. (2006). "Effects of L-, D-, and DL-carnitine on morphometric parameters of skeletal muscle and exercise performance of laboratory animals receiving carnitine-deficient diet", Bull Exp Biol Med, Oct., 142(4):458-60.**
39. **Spriet, L.L.; Perry, C.G.; Talanian, J.L. (2008). "Legal pre-event nutritional supplements to assist energy metabolism", Essays Biochem, 44:27-43.**
40. **Spriet, L.L. (1998). "Regulation of fat/carbohydrate interaction in human skeletal muscle during exercise", Adv Exp Med Biol, 441:249-61.**
41. **Spriet, L.L. (2002). "Regulation of skeletal muscle fat oxidation during exercise in humans", Med Sci Sports Exerc, Sep. 34(9):1477-84.**
42. **Stephens, F.B.; Constantin-Teodosiu, D.; Greenhaff, P.L. (2007). "New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle", J Physiol, Jun., 581(Pt 2):431-44.**
43. **Stuessi, C.; Hofer, P.; Meier, C.; Boutellier, U. (2005). "L -Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial", Eur J Appl Physiol, Dec. 95(5-6):431-5.**
44. **Van Baak, M.A.; Mooij, J.M.; Wijnen, J.A. (1993). "Effect of increased plasma non-esterified fatty acid concenterations on endurance performance during beta-adrenoceptor blockade", Int J Sports Med, 14(1); 2-8.**
45. **Van Loon, L.J.; Thomason-Hughes, M.; Constantin-Teodosiu, D.; Koopman, R.; Greenhaff, P.L.; Hardie, D.G. et al. (2005). "Inhibition of adipose tissue lipolysis increases intramuscular lipid and glycogen use in vivo in humans", Am J Physiol Endocrinol Metab, Sep. 289(3): E482-93.**
46. **Vecchiet, L.; Dilisa, F.; Pieralisi, G.; Ripari, P.; Menabo, R.; Giamberardino, M.A. (1991). "Influence of L-carnitine administration on maximal physical exercise", Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 62(6): 450.**

www.SID.ir