پژوهش در علوم‌ورزشی
شمارهٔ دوم - ص ص: ۹۱-۷۷

تأثیر مصرف ترکیبی از دکستروز و فروکتوز بر عملکرد استقامتی ورزشکاران

دکتر عباس صادق

استادیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)

چکیده

تأثیر مصرف ترکیبی از دکستروز (۷۵درصد) و فروکتوز (۲۵درصد) و کربوهیدرات (۵درصد) در مقابل پلاسیبو بر عملکرد استقامتی ورزشکاران طی یک ساعت رکاب زدن روی دوچرخهٔ کارسنج (باشدت حدود ۷۵درصد VO_{2max} و تعداد تکرار ۵۵ تا ۶۰ دور در دقیقه) بررسی شد. ۳۶ ورزشکار به‌طور تصادفی به سه گروه کربوهیدرات (۱۵نفر)، دارونما (۱۱ نفر) و کنترل (۱۰نفر) تقسیم شدند.

به آزمودنی‌ها ۳۰ دقیقه قبل از فعالیت و هر ۱۵ دقیقه در حین فعالیت و بعد از پایان آن، نوشیدنی محتوی کربوهیدرات یا دارونما داده شد. از آن‌ها برای بررسی تغییرات گلوکز سرم بلافاصله قبل از رکاب زدن و ۱۵ تا ۲۰ دقیقه بعد از آن نمونهٔ خون گرفته شد. نتایج حاصله نشان دهندهٔ افزایش معنی‌داری در میزان کالری مصرفی ($P \leq ۰/۰۰۱$)، مسافت طی شده ($P \leq ٪۱۸$) و تعداد دورهای زده شده ($P \leq ٪۳۱$) در گروه کربوهیدرات در مقایسه با گروه دارونما و کنترل بود. الگوی تغییرات در مورد گلوکز پلاسما در بین سه گروه تفاوتی نداشت ($P \leq ۰/۲۹۱$). نتیجه اینکه مصرف کربوهیدرات منتخب قبل و درطی فعالیت استقامتی می‌تواند سبب بهبود عملکرد شود. بدیهی است بررسی اثرات مصرف کربوهیدرات بر سایر جنبه‌های فعالیت‌های استقامتی تحقیقات بیشتری را در این زمینه می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی: فعالیت بدنی، عملکرد استقامتی، ورزشکاران، کربوهیدرات.

مقدمه

اگرچه مشخص شده است که خوردن کربوهیدرات در طی تمرینات، عملکرد استقامتی را بهبود می‌بخشد، ولی اثرات روش‌های مختلف خوراندن کربوهیدرات به ورزشکاران کمتر آشکار است. مطالعات انجام شده با استفاده از روش‌های ردیابی ایزوتوپی نشان داده است که همهٔ انواع کربوهیدرات‌ها با سرعت یکسانی جذب و اکسید نمی‌شوند و بنابراین اثرشان بر اجرا نیز ممکن است متفاوت باشد(۷).

گلوکز، ساکاروز، مالتوز، مالتودکسترین‌ها و آمیلوپکتین با سرعت بیشتری جذب و اکسید می‌شوند، درحالی‌که فروکتوز، گالاکتوز و مالتوز با سرعتی در حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد کمتر از آن‌ها جذب و اکسید می‌شوند (۵،۷). ترکیبی از دو یا چند کربوهیدرات در نوشیدنی‌های ورزشی ممکن است در میزان جذب و اکسید کل کربوهیدرات مصرف شده از خارج بدن تأثیر بگذارد، زیر افزایش سرعت جذب کربوهیدرات به میزان ۱/۵-۱ گرم در دقیقه، میزان اکسیداسیون آن را به حدود ۱/۱-۱ گرم در دقیقه افزایش خواهد داد (۱۵).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که سرعت اکسید شدن کربوهیدرات مصرفی از خارج بدن از میزان ۱/۱-۱ گرم در دقیقه فراتر نخواهد رفت که علت آن البته عضلات نیستند بلکه عامل اصلی، جذب روده‌ای و تیز خود کبد است. علاوه بر این‌ها عواملی نظیر حجم مایع کربوهیدراتی مصرف شده، غلظت کربوهیدرات در مایع مصرفی، اسمولالیتهٔ نوشیدنی، درجهٔ حرارت و نوع فعالیت نیز در سرعت جذب روده‌ای کربوهیدراتی مؤثرند (۹).

از سوی دیگر، ثابت شده است که خوردن نوشیدنی‌های کربوهیدراتی محتوی الکترولیت به حفظ حجم خون، تنظیم دمای بدن، کاهش خطر آسیب‌های گرمایی، فراهم‌سازی انرژی خارج از بدن و بهبود عملکرد کمک می‌کند (۳،۴). با این حال، در مورد اصول مصرف و نحوهٔ تهیهٔ این‌گونه نوشیدنی‌ها اطلاعات کمی در دسترس است. ازاین‌رو، انتخاب فرمول منتخبی از مصرف کربوهیدرات که در آن کلیهٔ نکات مذکور در تحقیقات برای جذب بهینه رعایت شده باشد ضروری است. این تحقیق به‌دنبال بررسی اثر فرمول منتخبی از مصرف کربوهیدرات بر عملکرد استقامتی به‌عمل آمده که درآن سعی شده است کلیهٔ عوامل مؤثر بر جذب رعایت شود.

روش‌شناسی تحقیق

الف) آزمودنی‌ها

آزمودنی‌های تحقیق که ۳۶ نفر بودند، از بین بیش از ۱۰۰ ورزشکار مرد داوطلب شرکت در تحقیق باتوجه به پرسشنامه‌های تکمیل شده که دارای بیشترین تجانس از نظر قد، وزن، VO_{2max} سابقهٔ ورزشی و سایر ویژگی‌های موردنظر در تحقیق بودند، انتخاب شدند. (جدول ۱).

بعد از انتخاب نمونهٔ آماری تحقیق، افراد به روش نمونه گیری تصادفی با حداقل افراد به ۳ گروه کنترل (۱۰نفر)، دارونما (۱۱نفر) و کربوهیدرات (۱۵ نفر) تقسیم شدند. برای جلوگیری از تأثیرات احتمالی تغییرات کورتیزول بر عملکرد افراد (به سبب متغیر بودن آن در طی ۲۴ ساعت شبانه‌روز)، کلیهٔ آزمون‌ها از ساعت ۸-۱۰/۵ صبح در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد.

جدول ۱

گروه / متغیر	کنترل	دارونما	کربوهیدرات
سن (سال)	۲۱/۳۵ ± ۱/۳	۲۱/۹ ± ۱/۱	۲۲/۴ ± ۱/۸
قد (سانتی‌متر)	۱۷۳ ± ۳/۲	۱۷۶ ± ۴/۱	۱۷۱ ± ۲/۹
وزن (کیلوگرم)	۶۸/۴ ± ۲/۱	۶۸/۹ ± ۱/۴	۶۷/۸ ± ۲/۱
فشارخون سیستولی (mmg)	۱۱۸/۳ ± ۱۱/۱	۱۲۱/۲ ± ۱۰/۴	۱۱۵/۴ ± ۱۰/۸
فشارخون دیاستولی (mmg)	۷۲/۳ ± ۹/۳	۷۶/۱ ± ۸/۲	۷۸/۳ ± ۶/۱
ظرفیت حیاتی (لیتر)	۴/۱ ± ۰/۶	۳/۹۴ ± ۰/۴	۳/۸۱ ± ۰/۷
درصد چربی بدن (درصد)	۱۲/۹ ± ۱/۱	۱۳/۲ ± ۱/۴	۱۲/۳ ± ۱/۵
حداکثر اکسیژن مصرفی ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)	۴۸/۴ ± ۱/۹	۵۰/۲ ± ۳	۵۱/۳ ± ۲/۱
ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	۵۵ ± ۳	۵۸ ± ۳	۵۴ ± ۳

* مقادیر به‌صورت انحراف معیار ± میانگین ارائه شده‌اند.

ب) متغیرهای تحت کنترل

۱. قد،

۲. وزن،

۳. سن.

۴. درصد چربی بدن: از طریق اندازه گیری چربی زیر پوستی ۳ ناحیه (سینه‌ای، شکم و ران) با استفاده از دستگاه کالیپر اندازه گیری می‌شد.

۵. فشارخون سیستولی و دیاستولی: با استفاده از دستگاه فشار سنج دیجیتال برحسب میلیمتر جیوه و درحال نشسته اندازه گیری می‌شد.

۶. ظرفیت حیاتی: با استفاده از دستگاه دیجیتال و برحسب لیتر اندازه گیری می‌شد.

۷. دمای محیط: با استفاده از دماسنج، هر ساعت کنترل می‌شد.

۸. تغذیه: برای جلوگیری از تأثیرات احتمالی رژیم غذایی بر آزمون‌های تحقیق، از آزمودنی‌ها خواسته شده بود ۳ روز قبل از اجرای آزمون‌های تحقیق، رژیم غذایی عادی داشته و ۱۲ ساعت قبل از اجرای آزمون‌ها ناشتا باشند.

۹. تمرینات ورزشی: برای جلوگیری از اثرات احتمالی تمرینات ورزشی بر آزمون‌های تحقیق، از آزمودنی‌ها خواسته شده بود که یک هفته قبل از اجرای آزمون‌ها از انجام تمرینات شدید و خسته کننده امتناع ورزند و حداقل ۲۴ ساعت قبل از اجرای آزمون‌ها هیچ‌گونه تمرین ورزشی نداشته باشند.

۱۰. VO_{2max}: برای اندازه گیری این متغیر از آزمون هفت مرحله‌ای بروس بر روی نوارگردان استفاده شد. این آزمون شامل هفت مرحلهٔ ۳ دقیقه‌ای است که در هر مرحله، شیب و سرعت حرکت نوارگردان افزایش می‌یابد و آزمودنی باید تا سرحد واماندگی به دویدن روی دستگاه ادامه دهد. جدول ۱ برخی از ویژگی‌های اندازه گیری شدهٔ آزمودنی‌های سه گروه را نشان می‌دهد.

ج) روش اجرای تحقیق

۱. گروه کنترل: بعد از ورود آزمودنی به آزمایشگاه و اندازه گیری عوامل ذکر شده، حدود ۱۰cc خون در حالت نشسته از ورید بازویی وی گرفته می شد. سپس ۳۰ دقیقه بعد از آن، آزمودنی به مدت یک ساعت تست رکاب زدن روی دوچرخهٔ کارسنج را با شدت ۷۵درصد VO_{2max} انجام می داد. سرعت رکاب زدن بین ۵۵ تا ۶۰ تکرار در دقیقه بود و آزمودنی می توانست با استفاده از صفحهٔ مانیتور روی دو چرخه سرعت رکاب زدن خود را تنظیم کند. ۱۵ تا ۲۰ دقیقه پس از اتمام یک ساعت رکاب زدن، مجدداً ۱۰cc خون از او می گرفتند. نمونه‌های خونی بلافاصله بعد از جداسازی سرم برای اندازه گیری گلوکز به آزمایشگاه سازمان انتقال خون ایران منتقل می شد.

۲. گروه کربوهیدرات: بعد از ورود آزمودنی به آزمایشگاه و اخذ وزن، نمونهٔ خون بلافاصله به او نوشیدنی محتوی ۵درصد کربوهیدرات داده می شد (۵ میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن). این نوشیدنی شامل ۷۵درصد دکستروز و ۲۵درصد فروکتوز بود، زیرا قید شده که اگر تعداد کربوهیدرات‌های قابل انتقال در یک نوشیدنی بیشتر باشد، مکانیزم‌های انتقالی بیشتری برای جذب آن تحریک می شود (۱۱، ۱۰، ۶).

اسمولالیتهٔ نوشیدنی در حدود ۳۰۰ mosm/kg بود زیرا در اسمولالیتهٔ بین ۲۴۳-۳۷۴ mosm/kg بیشترین جذب کربوهیدرات از طریق دستگاه گوارش صورت می گیرد (۸). دمای نوشیدنی حدود ۲ ± ۱۲ درجهٔ سانتیگراد بود، زیرا در دمای بین ۱۰ تا ۳۰درجهٔ سانتیگراد جذب بهتر صورت می‌گیرد (۹). نوشیدنی محتوی سدیم (به‌میزان ۱۴/۷mEq/L) و پتاسیم (به‌میزان ۳mEq/L) بود، زیرا وجود املاح سدیم و پتاسیم به جذب بهتر کربوهیدرات کمک می‌کند (۹). pH نوشیدنی در حدود ۵ بود، زیرا افزایش اسیدیته به دلیل تحریک گیرنده‌های اثنی عشر سرعت جذب را کاهش می دهد (۱۱).

نیم‌ساعت بعد از دادن اولین نوشیدنی، آزمودنی مانند گروه کنترل رکاب می‌زد و در این مرحله در آغاز فعالیت و دقایق ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ نیز به میزان ۲CC به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به او نوشیدنی داده می‌شد و سپس ۲۰-۱۵ دقیقه بعد از پایان فعالیت از او مجدداً نمونهٔ خون اخذ شده و مانند گروه کنترل عمل می‌شد.

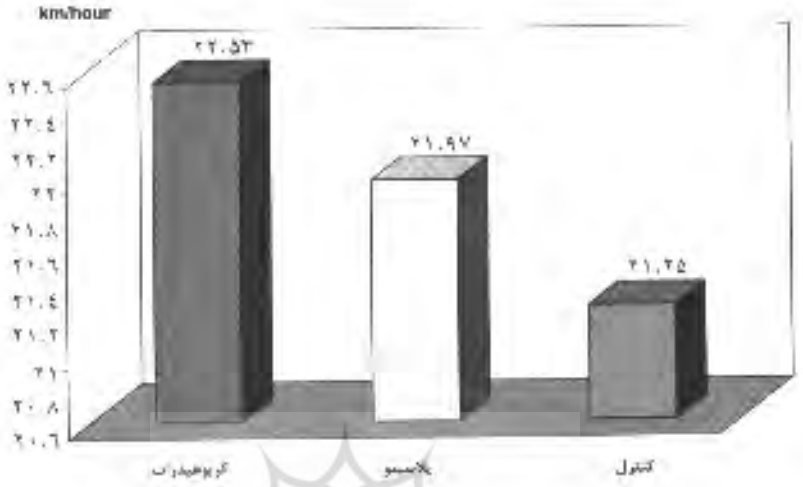
۳. گروه دارونما: در مورد گروه دارونما نیز نظیر گروه کربوهیدرات عمل شد. نوشیدنی آن‌ها تمام ویژگی‌های گروه کربوهیدارت را داشت با این تفاوت که فاقد کربوهیدرات بود.

نتایج تحقیق

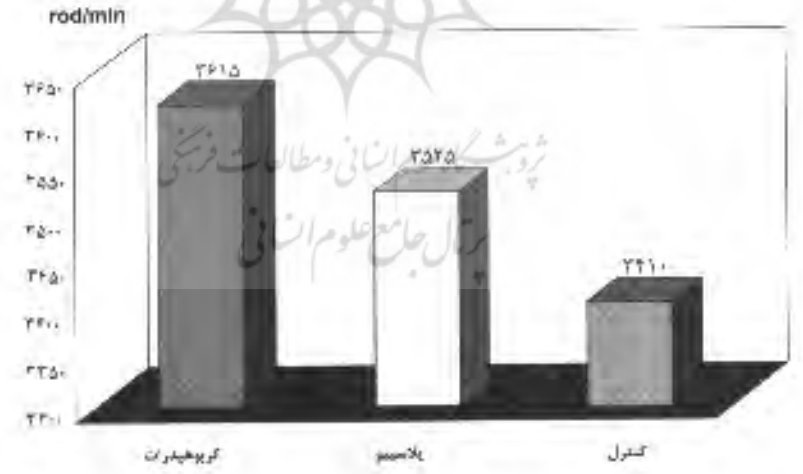
در بررسی نتایج حاصله مشاهده شد که میزان مسافت طی شده در گروه کربوهیدرات بیش از دو گروه دیگر و در گروه دارونما نیز بیش از گروه کنترل است. تجزیه و تحلیل آماری حاکی از اختلاف معنی‌دار بین گروه کربوهیدرات با گروه کنترل است (P ≤ ۱۸٪) (نمودار ۱). همچنین میزان کالری مصرفی در گروه کربوهیدرات بیش از دو گروه دارونما و کنترل است. تجزیه و تحلیل آماری حاکی از اختلاف معنی‌دار بین گروه کربوهیدرات با گروه دارونما و کنترل، و گروه دارونما با گروه کنترل است (P ≤ ۰/۰۰۹) (نمودار ۲).

یافته‌های تحقیق بیانگر بالاتر بودن تعداد دورهای زده شده در گروه کربوهیدرات نسبت به گروه دارونما و کنترل است. آزمون‌های آماری نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین گروه کربوهیدرات با گروه کنترل است (P ≤ ۳۱٪) (نمودار ۳).

با این حال، نتایج حاصله تفاوت معنی‌داری را در الگوهای تغییرات گلوکز پلاسما بین سه گروه نشان نداد (P ≤ ۰/۲۹۱) (نمودار ۴).

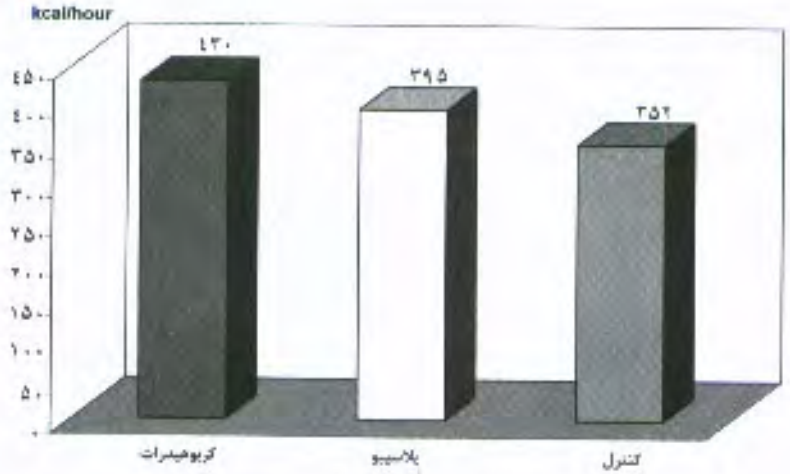


نمودار ۱ مقایسهٔ مسافت طی شده

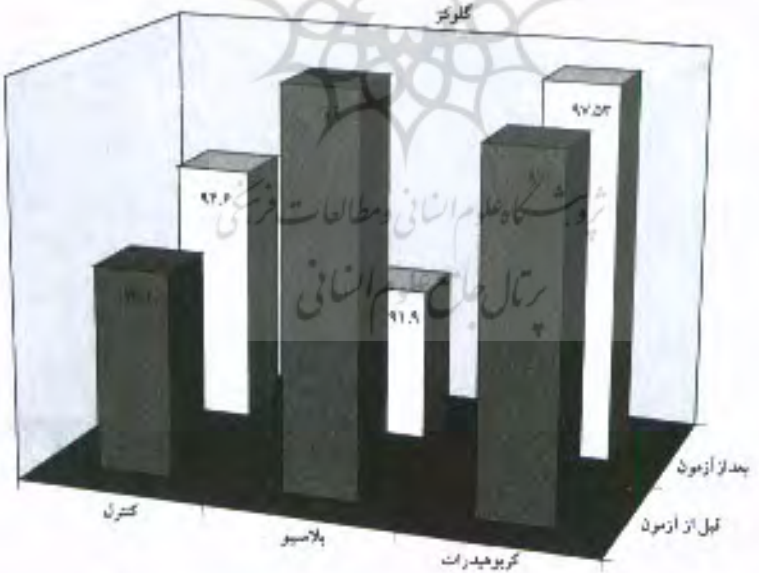


نمودار ۲ مقایسهٔ تعداد رکاب‌های زده شده

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۳ مقایسهٔ کالری مصرفی



	کنترل	پلاسبو	کربوهیدرات
قبل از آزمون	۹۳.۲	۹۸	۹۷
بعدازآزمون	۹۴.۶	۹۱.۹	۹۷/۵۳

نمودار ۴

بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، مصرف کربوهیدرات قبل و درحین یک ساعت رکاب زدن روی دوچرخه کارسنج با شدت ۷۵درصد VO_{2max} به تغییرات معنی‌داری در میزان کالری مصرفی، مسافت طی شده و تعداد رکاب‌های زده شده منجر شد، ولی تغییرات معنی‌داری در میزان گلوکز پلاسما مشاهده نشد.

خستگی در طی فعالیت‌های طولانی و استقامتی ظاهراً با تخلیهٔ ذخایر گلیکوژن در عضلات فعال و یا هیپوگلیسمی مرتبط است. اگرچه ذخایر کربوهیدرات بدن محدود است ولی رژیم غذایی و برنامه‌های تغذیه‌ای مناسب می‌تواند این ذخایر را افزایش دهد یا حداقل در حین فعالیت‌های بدنی مانع از کاهش شدید آن‌ها شود (۲). بنابراین تعجب‌آور نیست که مصرف نوشیدنی های کربوهیدراتی محتوی الکترولیت‌ها در حین فعالیت‌های ورزشی امروزه به شکل یک گرایهٔ منطقی از سوی ورزشکاران استقامتی و مربیان آن‌ها درآمده است. منطق به کارگیری چنین نوشیدنی‌هایی، پیشگیری از هیپوگلیسمی و فراهم‌سازی منبع سوختی بلافاصله قابل استفاده برای عضلات فعال و در نتیجه به تأخیر انداختن خستگی و در نتیجه بالابردن کارایی ورزشی است (۱). یکی دیگر از اهداف مصرف نوشیدنی‌های کربوهیدراتی محتوی الکترولیت کمک به جبران از دست رفتن مایعات بدن در اثر تعریق و تلاش برای تخفیف تأثیرات استرس‌های قلبی عروقی و هیپرترمی مرتبط با کم آبی ناشی از ورزش است. علاوه بر این تأثیرات تنظیم دما و تأثیرات قلبی عروقی، تحقیقات اخیر مؤید این نکته‌اند که مصرف نوشیدنی‌های کربوهیدراتی تأثیرات متابولیکی مثبت بسیاری نیز در پی دارد که از مهم‌ترین آن‌ها جلوگیری از مصرف گلیکوژن کبدی و عضلانی در طی فعالیت‌های خسته کننده است (۲).

همان‌گونه که در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد مسافت طی شده و تعداد دورها در گروه کربوهیدرات بیش از دو گروه دارونما و کنترل بود. این یافته با اکثر یافته‌های تحقیقات انجام شده در این زمینه همخوانی دارد (۱۳،۱۱،۱۰،۶)، زیرا آثار بهبود عملکردی در نوشیدنی‌های محتوی کربوهیدرات یکی از بارزترین اثرات این نوشیدنی‌هاست البته به شرط اینکه نکات

لازم برای اطمینان از جذب آن‌ها در طی فعالیت رعایت شده باشد. در واقع مصرف کربوهیدرات طی فعالیت‌های طولانی مدت نشان داده است که وقتی تمرینات با شدت و با سرعت یکسان انجام می‌شود زمان رسیدن به خستگی را به تعویق می‌اندازد. با این‌حال مکانیزم‌های مؤثر در اثرهای نیروافزائی[1] مصرف کربوهیدرات در طی فعالیت‌های بدنی کمتر آشکار است، ولی ذکر شده است که مصرف کربوهیدرات از طریق حفظ سطح گلوکز خون و پیشگیری از مصرف ذخایر گلیکوژن کبدی و عضلانی به‌سبب اکسیداسیون کربوهیدرات مصرفی سبب بهبود عملکرد می‌شود (۱۴).

در این تحقیق میزان کالری مصرفی در گروه کربوهیدرات بیش از دو گروه دارونما و کنترل است، زیرا شدت کار برای همه گروه‌ها ثابت نگه‌داشته شده بود (۷۵درصد VO_{2max}) به ناچار برای حفظ شدت فعالیت در حد تعیین شده، با کار اعمال شده بر چرخ کارسنج در این گروه بیشتر از دو گروه دیگر بود و چون بار کاری بیشتر بوده کالری مصرفی نیز افزایش داشته است. (۱۶).

از جمله دلایل لزوم اعمال بار بیشتر بر گروه کربوهیدرات و تا حدودی گروه دارونما این است که چون گروه کنترل هیچ‌گونه نوشیدنی مصرف نمی‌کردند به‌علت تعریق، مقدار زیادی آب از دست می‌دادند و در نتیجه با اتلاف آب بدن، حجم خون نیز تا حدودی کاهش یافته و در نتیجه به سبب کاهش حجم خون برای تأمین نیازهای همودینامیکی، قلب مجبور به افزایش ضربان قلب خود است و در نتیجه ضربان قلب نسبت به شرایطی که حجم خون معمولی است بیشتر بالا می‌رود و لذا افراد این گروه با بار کاری کمتر به شدت فعالیت مورد نظر رسیده‌اند و چون بار کاری کمتر بوده پس انرژی و کالری کمتری نیز مصرف کرده‌اند (۱۶). به عبارت دیگر، افراد گروه کربوهیدرات و تا حدودی گروه پلاسیبو به‌سبب جبران شدن آب از دست دادهٔ بدنشان (و به تبع آن عدم تغییر حجم خونشان) برای بالا رفتن ضربان قلبشان نیازمند تلاش بیشتری بوده‌اند (چون شدت فعالیت برای هر سه گروه یک میزان درنظر گرفته شده بود و تلاش بیشتر نیز مستلزم کالری مصرفی بیشتری است) (۸،۱۲).

1. Ergogenic effects

در این تحقیق، الگوی تغییرات گلوکز در بین سه گروه تفاوتی نشان نداد. علت عمدهٔ این یافته می‌تواند این باشد که شاید مدت زمان فعالیت آن‌قدر زیاد نبوده است که به تخلیهٔ کامل گلیکوژن عضلانی و کبدی و در نتیجه افت گلوکز خون به‌ویژه در گروه کنترل منجر شود (۲).

در مجموع یافته‌های این تحقیق نشان داد که چنانچه ورزشکاران بتوانند از فرمول مناسبی برای مصرف کربوهیدرات (همان‌طور که در این تحقیق مصرف شده) استفاده کنند می‌توانند به:

۱) از مصرف تقریباً ۱/۲–۱ گرم در دقیقه کربوهیدرات (۶۰ تا ۷۰ گرم در ساعت) مطمئن باشند (۲).

۲) قسمت عمدهٔ کربوهیدرات مصرفی باید از نوع کربوهیدرات‌های سریع‌الجذب نظیر گلوکز، مالتوز و ساکاروز باشد (۵).

۳) مقادیر کمی فروکتوز یا قندهای با IG پایین می‌توان به نوشیدنی اضافه کرد تا با توجه به کندی سرعت جذب آن‌ها، از دسترسی دائمی به کربوهیدرات در طی فعالیت استقامتی مطمئن شد. با این حال، در مورد مکانیزم‌های بهبود عملکرد و جلوگیری از مصرف گلیکوژن کبدی این نوشیدنی‌ها به تحقیقات بیشتری نیاز است (۱۷).

پرتال جامع علوم انسانی

کتابنامه

1. Coggan, A.R., and E.E. Coyle, Carbohydrate Ingestion During Prolonged Exercise: Effects on Metabolism and Performance. *Exerc. Sports Sci. Rev.* 19: 1-40, 1991.

2. Coyle, E.E., A.R. Coggan, M. K. Hemmert, and J.L. Ivy, *Muscle Glycogen Utilization During Prolonged Strenuous Exercise when Fed Carbohydrate. J. Appl. Physiol.* 61: 165-172, 1986.

3. Coyle, E.E., and S.J. Montain, Thermal and Cardiovascular Responses to

Fluid Replacement During Exercise. In: C.V. Gisolfi and D.R. Lamb (rds.) *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Vol. 6: Exercise, Heat, and Thermoregulation* Carmel, IN: Brown & Benchmark, 1993, pp.179-224.

4. Convertino VA., Armstrong LE., Coyle EF., et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and Fluid Replacement. *Mes Sci Sports Exerc 1996;28:i-vii.*

5. Haff GG., Stone MH., Warren BJ., et al. *The Effect of Carbohydrate Supplementation on Multiple Sessions and Bouts of Resistance Exercise.* J Strength Cond Res 1999; 13(2):111-7.

6. Houmard, J.A., EC. Egan, R. Anderson, ED. Neufer, T.C. Chenier, and R.G. Israel. Gastric Emptying During 1 h of Cycling and Running at 75% VO_2max. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 320-325,1991.

7. Jacobs KA, Sherman WM. *The Efficacy of Carbohydrate Supplementation and Chronic Highcarbohydrate Diets for Improving Endurance Performance.* Int J Sport Nutr 1999;9(1): 92-115.

8. Kleiner SM. Water: *An Essential But Overlooked Nutrient.* J. Amer Diet Assoc 1999;99:200-6.

9. Liebman M. Wilkinson JG., Carbohydrate Metabolism and Exercise. In: *Nutrition in Exersise and Sport, 2nd ed.* Wolinsky Iand JF. Hickson, eds. CRC Press: London, 1994.

10. Mitchell J.B., D. L. Costill, J.A. Houmard, M.G. Flynn, W.J. Fink, and J.D. Beltz. Effects of Carbohydrate Ingestion on Gastric Emptying and Exercise Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20: 110-115, 1988.

11. Mitchell J.B., D.L. Costill, J.A. Houmard, W. J Fink, R.A. Robergs, and

J.A. Davis. Gastric Emptying Influence of Prolonged Exercise and Carbohydrate Concentration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21:269-274, 1989.

12. Montain S.J., and E.F. Coyle. The Influence of Graded Dehydration on Hyperthermia and Cardiovascular Drift During Exercise. *J. Appl. Physiol.* 73: 1340-1350, 1992.

13. Murray, R., D.E. Eddy, T.W. Murray, J.G. Seifert, G.L. Paul, and G.A. Halaby. The Effect of Fluid and Carbohydrate Feedings During Intermittent Cycling Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19: 597-604, 1987.

14. Murray, R., G.L. Paul, J.G. Seifert, and D.E. Eddy. Responses to Varying Rates of Carbohydrate Ingestion During Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 713-718,1991.

15. Puhl SM., Buskirk ER. Nutrient Beverages for Exercise and Sport. In *Nutrition in Exercise and Sport.* 2nd ed. Wolinsky I and JF Hickson, eds. CRC Press: London, 1994.

16. Rehrer, N.J., E. Brouns, E. Beckers, F. Ten Hoof, and W.H.M. Saris. Gastric Emptying with Repeated Drinks During Running and Bicycling. *Int. J. Sports Med.* 11: 238-243, 1990.

17. Rehrer, N.J., E. Beckets, F. Brouns, F. Ten Hoof, and W.H.M. Saris. Exercise and Training Effects on Gastric Emptying of Carbohydrate Beverages. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21: 540-549, 1989.