مقاله پژوهشی

مقایسه پاسخ گلوکز، انسولین خون و میزان اشتها به مقدار مصرف کربوهیدرات پس از فعالیت تناوبی شدید در دختران ورزشکار

مریم تقدیری[1]، جواد مهربانی[2]*، حمید محبی[3]، حمید اراضی[3]

۱- دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

۲- دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

* نشانی نویسنده مسئول: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم ورزشی

Email: mehrabanij@guilan.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۵

چکیده

مقدمه و هدف: ریکاوری مطلوب بخش مهمی از فرایند تمرین است و میل به مصرف غذا در این دوره اهمیت فراوانی دارد. هدف پژوهش حاضر ارزیابی پاسخ گلوکز ، انسولین و میزان اشتها به مقدار مصرف کربوهیدرات پس از فعالیت تناوبی شدید (HIIE) بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۲ دختر ورزشکار (با سن ۱/۰۴±۲۲/۴۱ سال و وزن ۲/۴۱±۵۶/۷۷) به دو گروه نوشیدنی کربوهیدراتی (با مقادیر ۱/۲ گرم/کیلوگرم و ۰/٤ گرم/کیلوگرم) تقسیم شدند. فعالیت تناوبی شامل ۸ تکرار ۳ دقیقه‌ای (۳×۸) با شدت ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب، سرعت اولیه ٦ کیلومتر/ساعت و شیب ۱ درصد بود. هر ۳ دقیقه، ۱ کیلومتر بر سرعت افزوده ولی شیب ثابت باقی می‌ماند. استراحت فعال بین تکرارها ۹۰ ثانیه و با شدت ۵۵ درصد اجرا شد. آزمودنی‌ها در دقایق ۱۵ و ۹۰ ریکاوری، نوشیدنی مصرف کردند و پیش، بلافاصله و ۱۵۰ دقیقه پس از فعالیت خون‌گیری به عمل آمد. میزان اشتها پیش، بلافاصله، دقایق ۱۵، ۳۰، ٦۰، ۹۰ و ۱۵۰ پس از فعالیت با مقیاس اشتها (VAS) اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی آماری از آزمون آنالیز واریانس چند متغیری با اندازه‌گیری مکرر و ضریب همبستگی پیرسون در سطح P<۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: مقدار مصرف کربوهیدرات تفاوت معنی‌داری در میل به غذا ۳۰ دقیقه پس از فعالیت بین دو گروه ایجاد کرد (P<۰/۰۵). میل به غذا در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم کمتر بود (P<۰/۰۵). گلوکز خون بر خلاف انسولین در هر دو گروه پس از فعالیت HIIE افزایش یافت ولی در دقیقه ۱۵۰ در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم کاهش یافت (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به طور کلی به نظر می‌رسد بعد از فعالیت تناوبی شدید اشتها کاهش و بعد از مصرف کربوهیدرات در هر دو گروه روند افزایشی داشته است که با توجه به جذب گلوگز و تغییرات مقاومت به انسولین قابل توجیه است.

واژه‌های کلیدی: فعالیت تناوبی شدید، اشتها، انسولین، گلوکز، مکمل کربوهیدرات

مقدمه

ریکاوری یا دوره برگشت به حالت اولیه جنبه بسیار مهم تمرین و رقابت است (۱). بنابراین ذخایر انرژی از دسته رفته طی تمرین در ورزشکاران به ویژه ورزشکاران زبده که در یک روز دو بار یا بیشتر در تمرین‌های سخت شرکت می‌کنند، باید در زمان ریکاوری بازسازی شود تا دوره ریکاوری پس از فعالیت ورزشی سریع‌تر انجام شود و ورزشکاران برای اجرای مرحله بعدی تمرین آماده شوند (۲). معیارهای تغذیه پس از تمرین و مسابقه اثر مهمی در برگشت به حالت اولیه دارند؛ زیرا تحقیقات نشانگر آن است که نحوه تغذیه در این دوره علاوه بر ترمیم آسیب بافتی ناشی از فعالیت ورزشی، تأثیر قابل توجهی در تجدید و بازسازی ذخایر انرژیک کربوهیدراتی (گلوکز خون، گلیکوژن عضله و کبد) و تجدید تعادل مایعات بدن ورزشکاران دارد (۱،۳). در فعالیت‌های ورزشی کاهش

گلوکز خون یکی از عوامل مهمی است که سیستم عصبی هورمونی را درگیر می‌کند؛ در این حالت با افزایش اپی نفرین (٤)، کورتیزول، گلوکاگون و هورمون رشد همراه با کاهش انسولین (٥) برای ترمیم گلوکز خون اقدام می‌شود. نتیجه این تغییرات، تحریک روند گلیکولیز و گلوکونئوژنز است. این جریان در پایان فعالیت‌های ورزشی، گلیکوژن کبد و عضله را تخلیه می‌کند. در حالت تخلیه انرژی علی‌رغم بالا بودن هورمون‌های مؤثر بر روند گلیکولیز و غلظت اندک انسولین، تولید گلوکز کبد کاهش و تولید گلوکز پلاسما به علت کاهش ذخایر گلیکوژن کبد و عضله فقط از طریق گلوکونئوژنز انجام می‌شود (٦،٧). کربوهیدرات، مهم‌ترین ماده انرژی‌زا برای فعالیت‌های شدید عضلانی است (١) و سطح قند خون را حفظ و همچنین منجر به بازسازی گلیکوژن عضله می‌شود (٨)؛ ولی مقدار مورد نیاز به کل انرژی مصرفی روزانه ورزشکار، نوع ورزش، سن، جنسیت و شرایط محیطی بستگی دارد (٩). عوامل غذایی فراوانی بر میزان بازسازی گلیکوژن عضلانی تأثیر می‌گذارند (١،٢،١٠) که این اثر به واسطه یکی از دو مسیر تأمین سوبسترای لازم برای بازسازی گلیکوژن عضلانی و یا تأثیر بر هورمون‌هایی نظیر انسولین که در مراحل بازسازی گلیکوژن مؤثرند صورت می‌گیرد. مطالعات نشان داده است که آنزیم‌های مسئول بازسازی در طی ٢ ساعت نخست پس از فعالیت ورزشی به شدت تحریک شده و تأمین سوبسترای لازم در این دوره می‌تواند بازسازی گلیکوژن را تسریع کند (٣). بلافاصله پس از فعالیت ورزشی سریع‌ترین مرحله سنتز گلیگوژن اتفاق می‌افتد؛ فعالیت انقباضی عضله اسکلتی ذخایر گلیکوژن عضله را کاهش می‌دهد و پروتئین انتقال دهنده گلوکز (GLUT4) به عنوان یک محرک افزایش یافته باعث تنظیم فعالیت آنزیم گلیکوژن سنتاز می‌شود. جابجایی GLUT4 به غشاء تسریع وحمل گلوکز را از غشا به داخل عضله افزایش داده و باعث تنظیم فعالیت آنزیم گلیکوژن سنتاز می‌شود. در نتیجه وقتی کربوهیدرات پس از ورزش مصرف می‌شود به دلیل افزایش در غلظت انسولین پلاسما، گیرنده‌های انسولین در غشا طی فرآیندی منجر به فعال‌سازی طولانی انتقال‌دهنده گلوکز و همچنین جذب گلوکز برای مدت زمان بیشتری پس از ورزش ادامه می‌یابد (١١،٨). بدیهی است که بازسازی سریع به منظور به حداکثر رساندن ریکاوری مؤثر بین جلسات تمرینی ممکن است برای ورزشکارانی که حدود هشت ساعت بین جلسات ورزش طولانی آنها ریکاوری وجود دارد از اهمیت برخوردار باشد (٨)؛ به این دلیل مصرف کربوهیدرات بلافاصله پس از ورزش به شدت توصیه می‌شود (٩،١٢). هر چند میزان سنتز گلیکوژن فقط به مقدار مصرف کربوهیدرات پس از ورزش وابسته نیست؛ شدت و مدت ورزش نیز از اهمیت بسیاری دارد (١١). از آنجایی که طی فعالیت‌های ورزشی هوازی و اینتروال منابع کربوهیدراتی کاهش یافته یا تخلیه می‌شود، نیاز است این ذخایر از طریق مصرف مواد غذایی، پس از فعالیت ورزشی، بازسازی و جایگزین شود. این موضوع که کدام ماده غذایی مهم‌تر است یا اثرگذارتر است، همواره مورد پژوهش بوده و نقش کربوهیدرات در این بین از اهمیت بیش‌تری برخوردار است؛ اما اینکه کربوهیدرات در چه زمانی و به چه مقداری در بازسازی منابع از دست رفته موثر باشد، هم به زمان و هم به شدت فعالیت بستگی دارد. بیش‌تر پژوهش‌ها استفاده از کربوهیدرات با درصدهای متفاوت (٤ و ١٠ درصد) در محلول‌های ورزشی را یک اصل تغذیه‌ایی می‌دانند (٢، ١٣، ١٠). مصرف بهینه کربوهیدرات بعد از فعالیت ورزشی هوازی، منجر به بازسازی ذخایر گلیکوژن عضله می‌شود (١٣). بر این اساس، مطالعات نشان داده است که مصرف کربوهیدرات بالا (٠/٨ تا ١ گرم به ازای هر کیلو گرم وزن بدن) در طول دوره ریکاوری غلظت انسولین و گلوکز را افزایش می‌دهد و باعث افزایش سنتز گلیکوژن عضله می‌شود (٩). هنگامی که حداقل ٨ ساعت بین جلسات تمرین و رقابت‌هایی که در آن منابع گلیکوژنی تخلیه شده‌اند زمان وجود دارد، مصرف کربوهیدرات برابر با ١/١-٢ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن کربوهیدرات در دو ساعت اول پس از ورزش پیشنهاد شده است (٩،١٣). مصرف مقادیر پایین کربوهیدرات به صورت تدریجی (هر ١٥ تا ٣٠ دقیقه)، سنتز گلیکوژن عضلانی را بیشتر می‌کند (١٢،٩،١٣،١٤).

گلوکز پیش‌ساز سنتز مجدد گلیکوژن است و در نتیجه قابل درک است که چرا مقدار گلوکز مصرف‌شده یک عامل تعیین‌کننده مهم در نرخ سنتز مجدد گلیکوژن است (٩،٢٨،٢٩). بنابراین، تأثیر دستکاری‌های مختلف CHO بر بازیابی ذخایر گلیکوژن عضلانی یک اولویت تحقیقاتی بوده است، از جمله میزان CHO ارائه شده، نوع و ترکیب مونوساکاریدهای تجویز شده، وزن مولکولی CHO ارائه شده، زمان مصرف CHO، شکل تحویل (به عنوان مثال مایع در مقابل جامد) در تعدادی از مرورهای روایی خلاصه (١٢،٢٩،٣٤) و همچنین منجر به توسعه دستورالعمل‌های تغذیه ورزشی شده است که بهترین رویکردها را برای ریکاوری ورزشکاران توصیه می‌کند (٣٣).

این دستورالعمل‌ها پیشنهاد می‌کنند مصرف کربوهیدرات به میزان ۱/۲ گرم/کیلوگرم در هر ساعت در طول ریکاوری پس از دویدن خسته‌کننده، محتوای گلیکوژن عضلانی را در مقایسه با ۰/۳ گرم/کیلوگرم در هر ساعت افزایش می‌دهد (۲۹). به عبارتی نشان داده شد که مصرف کربوهیدرات به میزان ۱/۲ گرم/کیلوگرم در ساعت در طول ریکاوری پس از ورزش منجر به پاسخ ۱۵۰ درصد سنتز گلیکوژن بیشتر (از ۱۷ تا ٤٥ میلی مول بر کیلوگرم در ساعت) نسبت به دوز کمتر ۰/۸ گرم/کیلوگرم در ساعت شده است (۳۱). از آنجا که مصرف ۱/۲ گرم برکیلوگرم در هر ساعت کربوهیدرات ظاهراً باعث تحریک بیشتر سنتز گلیکوژن عضلانی بالاتر از ۱/۲ گرم/کیلوگرم نمی‌شود (۳۰)، ۱/۲ گرم/کیلوگرم در هر ساعت ممکن است به عنوان مقدار بهینه برای به حداکثر رساندن گلیکوژن عضله در نظر گرفته شود.

تعیین مقدار دقیق بهینه کربوهیدرات برای به حداکثر رساندن پرشدن گلیکوژن دشوار است، که ممکن است به تعدادی از متغیرهای مخدوش کننده از جمله نوع و زمان کربوهیدرات مصرفی، وضعیت تمرین شرکت کنندگان و مدت زمان نسبت داده شود. با این حال، میزان کاهش گلیکوژن عضله تا حد زیادی میزان سنتز مجدد آن را تعیین می‌کند. به طوری که یک همبستگی مثبت (P۰/۰۱ >; r=۰/٦) بین مقدار کربوهیدراتی که در طی دوره ریکاوری کوتاه مدت مصرف می‌شود و سنتز مجدد گلیکوژن عضلانی وجود دارد (۳۲). در مجموع، این پیشنهاد که مصرف ۱/۲ گرم کربوهیدرات برکیلوگرم در هر ساعت احتمالاً سنتز مجدد گلیکوژن عضلانی را به حداکثر می‌رساند و کربوهیدرات اضافی این پاسخ گلیکوژنیک را بیشتر افزایش نمی‌دهد، درست به نظر می‌رسد(۲۹).

از آنجایی که تأثیر فعالیت ورزشی بر ذخایر کربوهیدرات و پروتئین شناخته شده است، این احتمال وجود دارد که فعالیت ورزشی از طریق اثر متابولیکی بر مقدار، نوع و سرعت دریافت مواد غذایی اثرگذار باشد (۱۵). پیام آوران اطلاعاتی را برای دستگاه عصبی مرکزی که مرکز کنترل سیری یا گرسنگی است فراهم می‌نماید (١٦). اشتها یک مفهوم ذهنی از گرسنگی، سیری و تمایل به خوردن نوع خاصی از غذاست و از عوامل تأثیرگذار بر میزان دریافت کالری است (۱۸،۱۷) و موجب تحریک دریافت غذا می‌شود. سیگنال‌های محیطی مثل لپتین، گرلین، انسولین و نروپتیدهای مرکزی در هیپوتالاموس یکپارچه شده و اشتهای فرد را مشخص می‌کنند (۱۸). به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی با افزایش انرژی مصرفی، مهار موقت گرسنگی و تأخیر در شروع خوردن اشتها را کم کند (۱۹). دریافت انرژی بعد از ورزش ممکن است با شدت ورزش نیز تحت تأثیر قرار گیرد؛ در حقیقت شدت بالای ورزش یک تعادل انرژی منفی مطلوب نسبت به فعالیت‌های ورزشی با شدت کم ایجاد می‌کند (۲۰). مطالعات زیادی اثر فعالیت ورزشی را بر اشتها مورد ارزیابی قرار داده‌اند، هرچند اطلاعات متناقضی در این خصوص وجود دارد. چندین مطالعه افزایش، کاهش و عدم تغییر اشتها را بعد از فعالیت ورزشی گزارش کرده‌اند (۱۹،۲۱،۲۰). برای مثال، نشان داده شده است که ۸۰ دقیقه دویدن با ٦٠درصد حداکثر ضربان قلب منجربه کاهش موقت میل به غذا می‌شود (۱۹). بروم و همکاران اثر ۹۰ دقیقه ورزش مقاومتی و شصت دقیقه ورزش هوازی را بر مردان سالم بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که هم ورزش هوازی و هم ورزش مقاومتی به طور معنی‌داری سبب سرکوب اشتها می‌شود (۲۱). باتوجه به اطلاعات موجود اطلاعات دقیق و کاملی درباره اثر مصرف مقدارهای مختلف کربوهیدرات پس از فعالیت هوازی تناوبی بر میزان اشتها و رابطه آن با تغییرات سطح گلوکز و انسولین خون وجود ندارد؛ بنابراین در مطالعه حاضر پاسخ گلوکز، انسولین خون و میزان اشتها به مقدار مصرف کربوهیدرات در دوره ریکاوری پس از فعالیت هوازی تناوبی در دختران ورزشکار مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع شبه‌تجربی با طرح دوگروهی،با اندازه‌گیری مکرر همراه با دو نوع مداخله تغذیه‌ای و ورزشی بود. از بین ٤٠ نفر داوطلب، تعداد ۳۲ دختر ورزشکار با توجه به معیارهای ورود به مطالعه انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه ١٦ نفری نوشیدنی کربوهیدراتی با مقادیر (۱/۲ گرم/کیلوگرم) و (۰/٤ گرم/کیلوگرم) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها از شاخص توده بدنی طبیعی برخوردار بوده (۰۹/۰۸±۲۱/۱ کیلوگرم/مترمربع)، فعالیت بدنی منظم ۳ جلسه در هفته یا بیشتر در طی ٦ ماه گذشته داشته (بر اساس پرسشنامه فعالیت بدنی بک)، در مرحله فولیکولی چرخه قاعدگی قرار داشتند (ارزیابی بر مبنای چک‌لیست خوداظهاری)، سیگار مصرف نمی‌کردند و به بیماری متابولیکی مبتلا نبودند. یک هفته قبل از شروع، قد، وزن، درصد چربی، BMI و حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. قد با قدسنج دیواری، وزن و ترکیب بدن با استفاده از

دستگاه سنجش ترکیب بدن با نام تجاری InBody مدل ۳/۰ ساخت شرکت Biospace کره جنوبی و دور کمر به لگن (WHR) با اندازه‌گیری محیط کمر و لگن به‌وسیله متر نواری، اندازه‌گیری شد. حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از پروتکل بروس (۱۷) و روی دستگاه تردمیل مدل کاسمد ساخت کشور ایتالیا با پایایی ۰/۹۶ اندازه‌گیری شد. میزان انرژی دریافتی روز قبل از اجرای آزمون با استفاده از پرسشنامه یادآمد ۲٤ ساعته غذایی انجام و مقدار انرژی دریافتی با نرم افزار N_4 محاسبه شد. پیش از اجرای پروتکل فعالیت ورزشی و با فاصله دو ساعت، وعده صبحانه معادل ۳۰±۳۲۰ کالری درنظر گرفته شد.

از آزمودنی‌ها خواسته شد که ٤۸ ساعت قبل از اجرای پروتکل، از فعالیت ورزشی خوداری نمایند. در روز اجرا، ۱۰ دقیقه قبل از شروع فعالیت ورزشی، اولین مرحله خون‌گیری به عمل آمد. آزمودنی‌ها پس از ۵ دقیقه اجرای حرکات کششی، به مدت ۵ دقیقه روی تردمیل و با ۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب، بدن خود را گرم کرده و پس از آن، پروتکل فعالیت هوازی تناوبی شدید (HIIE) را اجرا کردند. فعالیت تناوبی شامل ۸ تکرار ۳ دقیقه‌ای (۳×۸) با شدت ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب و سرعت اولیه ٦ کیلومتر در ساعت و شیب ۱ درصد بود که پس از هر ۳ دقیقه ۱ کیلومتر بر سرعت افزوده شد ولی شیب تا پایان ثابت بود. بین هر تکرار فعالیت، ۹۰ ثانیه ریکاوری فعال با شدت ۵۵درصد حداکثر ضربان قلب (نسبت فعالیت به استراحت ۲:۱) در نظر گرفته شد. ضربان قلب در پایان هر ۳ دقیقه فعالیت اندازه‌گیری شد و از ضربان‌سنج پولار مدل PM80 ساخت کشور آلمان استفاده شد. در پایان فعالیت، دومین مرحله خون‌گیری انجام شد؛ دوره ریکاوری به منظور مصرف نوشیدنی کربوهیدراتی و اندازه‌گیری متغیرهای مورد نظر به مدت ۲/۵ ساعت در نظر گرفته شد (۱۳) (شکل ۱). در دوره ریکاوری، آزمودنی‌های دو گروه، نوشیدنی حاوی مقادیر ۱/۲ گرم کربوهیدرات/کیلوگرم وزن بدن (۱۲ میلی‌لیتر/کیلوگرم، محلول ۱۰درصد مخلوطی از پودر گلوکز و آب) یا ۰/٤ گرم کربوهیدرات/کیلوگرم (۱۲ میلی‌لیتر/کیلوگرم، محلول ۳درصد مخلوطی از پودر گلوکز و آب) دریافت کردند. دو گروه، نوشیدنی را در دقایق ۱۵ و ۹۰ دوره ریکاوری دریافت کردند و طی یک دوره ۳۰ دقیقه‌ای آن را نوشیدند (۹،۱۳).

شکل ۱. طرح پژوهش؛ فعالیت ورزشی شامل ۳۹ دقیقه دویدن اینتروال شدید روی تردمیل؛ اندازه‌گیری مقادیر گلوکز و انسولین خون و اشتها (احساس گرسنگی، احساس پُری، احساس سیری و میل به غذا)

برای اندازه‌گیری اشتها، از سیاهه سنجش میزان اشتهاکه به صورت آنالوگ (Visual Analog Scale ;VAS) و دارای ٤ پرسش است، استفاده شد. پرسش اول، احساس گرسنگی سنجیده می‌شود. به این صورت که خط افقی به طول ۱۰۰ میلی‌متر، با فواصل ۵ میلی‌متری بین دوگزینه، اصلا گرسنه نیستم (۰ امتیاز) و تا حالا اینقدر گرسنه نبودم (۱۰۰ امتیاز) کشیده شده است که فرد احساس همان لحظه خود را با علامت‌گذاری روی این خط بیان می‌کند. پرسش دوم، احساس پری، پرسش سوم احساس سیری و پرسش چهارم میل به غذا را همانند پرسش اول اندازه‌گیری می‌کند. این پرسشنامه، اشتها را به چهار مولفه تقسیم کرده است که هر کدام مستقل از دیگری بررسی می‌شود. ولی برای برآورد اشتها از پرسش اول و چهارم یعنی احساس گرسنگی و میل به غذا استفاده شد (۱). در دقیقه ۱۵۰ ریکاوری، سومین مرحله خون‌گیری به عمل آمد؛ به این منظور مقدار ۵ سی‌سی خون از ورید قدامی بازویی در هر نوبت از آزمودنی‌ها گرفته شد. نمونه‌های خونی به منظور جداسازی پلاسما به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس نمونه پلاسما برای تعیین غلظت انسولین و گلوکز به آزمایشگاه تخصصی انتقال یافتند. به منظور اندازه‌گیری انسولین، از کیت شرکت Demeditec ساخت کشور

آلمان با درجه حساسیت ۱/۷۶ میکروواحد بین‌المللی بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درون گروهی ۲/۶ درصد استفاده شد و برای اندازه‌گیری گلوکز از روش رنگ‌سنجی آنزیماتیک کیت شرکت پارس آزمون تهران ساخت ایران (intraassay cv 3.0%, sensitivity 5 mg/dl) استفاده شد. مقاومت به انسولین با استفاده از معادله HOMA-IR محاسبه شد (۱۷).

روش‌های آماری

به منظور آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. یافته‌ها به صورت میانگین و انحراف معیار بیان شده است. از آزمون شاپیروویلک برای تعیین توزیع داده‌ها استفاده شد. برای تعیین تغییرات هر یک از متغیرها در مراحل مختلف و تفاوتهای بین گروهی، از آزمون آنالیز واریانس چند متغیری با اندازه‌گیری مکرر و در صورت معنی‌داری از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. ارتباط بین متغیرها با آزمون همبستگی پیرسون سنجیده شد. سطح معناداری برابر با P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مشخصات فردی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار ویژگی فردی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها

	کربوهیدرات بالا (۱۶ نفر)	کربوهیدرات پایین (۱۶ نفر)
سن (سال)	۲۱/۰±۳۷/۹۱	۲۳/۱±۳۷/۵۰
قد (سانتی‌متر)	۶۵/۰±۱۱/۰۱	۶۳/۰±۱۰/۰۶
وزن (کیلوگرم)	۵۶/۲±۴۷/۳۴	۵۷/۲±۶۵/۵۱
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۰/۰±۶۴/۸۷	۲۱/۱±۵۳/۲۴
درصد چربی بدن	۲۶/۵±۴۶/۸۵	۲۶/۷±۶۳/۹۳
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	۴۶/۱±۸۴/۷۶	۴۷/۱±۰۵/۱۹
کل کالری دریافتی (کیلوکالری)	۱۶۸۵/۱۱۰±۴۰/۶۰	۱۶۳۸/۱۵۸±۷۶/۷۰
نسبت دور کمر به لگن	۰/۰±۷۷/۰۳	۰/۰±۷۹/۰۴

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، سطح گلوکز خون بلافاصله بعد از فعالیت در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم افزایش معناداری یافته بود. سطح گلوکز خون در دقیقه ۱۵۰ در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم نسبت به ۰/۴ گرم/کیلوگرم کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۰۴). در هر دو گروه سطح انسولین بلافاصله پس از فعالیت نسبت به پیش‌آزمون به طور معناداری کاهش یافته بود (P<۰/۰۲).همچنین، مقاومت به انسولین در هر دو گروه نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافته بود و در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم نسبت به ۰/۴ گرم/کیلوگرم کاهش معنی‌داری را بلافاصله پس از فعالیت نشان داد (P<۰/۰۲) (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین وانحراف معیار متغیرهای پژوهش

متغیرها		قبل فعالیت	پس از فعالیت	دقیقه ۱۵۰
انسولین (میکروواحدبرلیتر)	۱/۲ گرم/کیلوگرم	#۴۸/۷±۴۸/۲۴	#۳۳/۷±۱۲/۴۲	*۶/۱±۴۳/۱۳
	۰/۴ گرم/کیلوگرم	#۲۵/۶±۱۳/۰۱	#۱۷/۶±۸۲/۶۵	*۸/۳±۰۳/۲۱
گلوکز (میلی‌مول‌برلیتر)	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۵/۰±۸۲/۸۲	۶/۰±۴۹/۸۳	¥۴/۰±۹۹/۲۷
	۰/۴ گرم/کیلوگرم	۵/۰±۳۳/۵۸	۵/۰±۵۸/۶۳	۵/۰±۲۹/۴۶
مقاومت به انسولین (HOMA)	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۹/۶±۶/۶	#۶/۶±۹/۳	*۱/۰±۴/۸
	۰/۴ گرم/کیلوگرم	۶/۴±۳/۶	#۴/۱±۴/۷	*۲±۲/۱

¥ تفاوت نسبت به پس از فعالیت؛ * نسبت به قبل از فعالیت و پس از فعالیت؛ # نسبت به دقیقه ۱۵۰ پس از فعالیت. اختلاف معناداری در سطح P<۰/۰۵

در عوامل اشتها (جدول ۳)، احساس گرسنگی (شکل ۲) در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم بلافاصله، دقایق ۱۵، ۶۰ و ۱۵۰ پس از فعالیت در مقایسه با قبل فعالیت تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). احساس پُری (شکل ۳) در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم

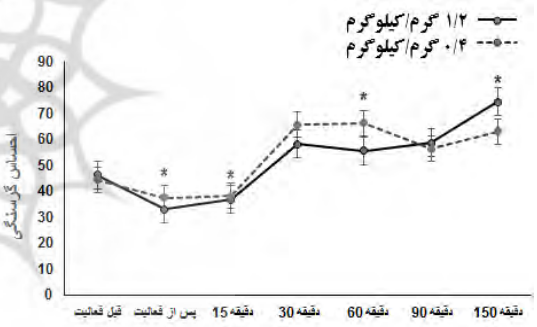
در دقایق ۱۵ و ۱۵۰ پس از فعالیت در مقایسه با قبل فعالیت (P<۰/۰۵) و در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم در دقایق ۱۵، ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ پس از فعالیت در مقایسه با قبل فعالیت تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). احساس سیری (شکل ٤) در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم بلافاصله و در دقایق ۱۵، ۳۰، ٦۰ و ۱۵۰ پس از فعالیت و در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم بلافاصله و دقایق ۱۵ و ۳۰ پس از فعالیت در مقایسه با مقدار قبل از فعالیت به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد (P<۰/۰۵).

میل به غذا (شکل ۵) در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم در دقایق ۳۰، ٦۰ و ۱۵۰ پس از فعالیت و در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم بلافاصله و دقایق ۱۵ و ۳۰ پس از فعالیت در مقایسه با مقدار قبل از فعالیت به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد (P<۰/۰۵).

جدول ۳. اختلاف میانگین تغییرات شاخص‌های اشتها نسبت به قبل فعالیت در دو گروه

		بلافاصله	دقیقه ۱۵	دقیقه ۳۰	دقیقه ۶۰	دقیقه ۹۰	دقیقه ۱۵۰
۱/۲ گرم/کیلوگرم	گرسنگی	-۱۳/۱۲	-۹/۳۷	۱۱/۸۷	۹/۳۷	۱۲/۵۰	۲۸/۱۲
	پری	۱۱/۸۷	۸/۷*	-۱۸/۷۵	-۱۵/۶۲	-۱۶/۸۷	-۲۵
	سیری	۱۹/۳۷	۳۰/۶۲	-۸/۱۲	-۱۰	-۳/۷۵	-۲۲/۵۰
	میل به غذا	-۱۱/۸۷	-۱۰/۶۲	۶/۲۵*	۸/۷۵	۱۳/۷۵	۲۷/۵۰
۰/٤ گرم/کیلوگرم	گرسنگی	-۶/۸۷	-۶/۲۵	۲۵/۲۱	۲۱/۸۷	۱۱/۸۷	۱۸/۷۵
	پری	۲۳/۱۲	۱۸/۷۵*	-۱۰/۶۲	-۸/۱۲	-۱۱/۸۷	-۱٤/۳۷
	سیری	۲۳/۷۵	۲۱/۲۵	-۸/۷۵	-۱۳/۷۵	-۱۸/۱۲	-۲۳/۷۵
	میل به غذا	-۱۱/۲۵	-۹/۳۷	-۱۱/۲۵*	-۰/۶۲	۱۳/۱۲	۱۱/۸۷

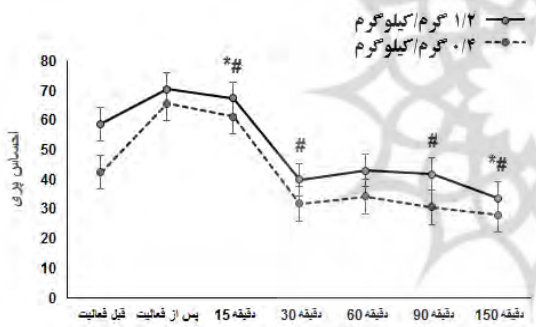
* اختلاف معناداری بین دو گروه با آزمون MANOVA در سطح P<۰/۰۵



شکل ۲. احساس گرسنگی

*تغییر معنی‌دار در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت،

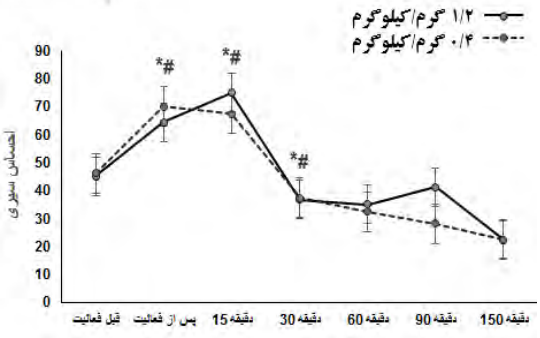
تغییر معنی‌دار در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت (P<۰/۰۵)



شکل ۳. احساس پُری

*تغییر معنی‌دار در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت،

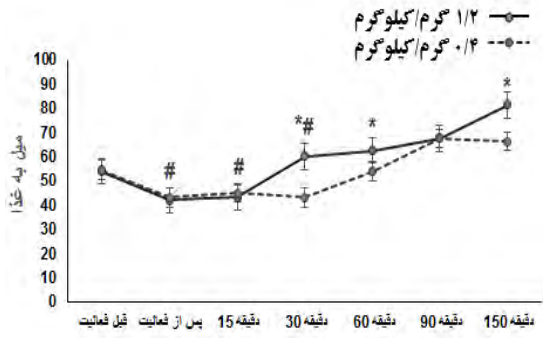
تغییر معنی‌دار در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت (P<۰/۰۵)



شکل ٤. احساس سیری

*تغییر معنی‌دار در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت،

تغییر معنی‌دار در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت (P<۰/۰۵)



شکل ۵. میل به غذا

*تغییر معنی‌دار در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت،

تغییر معنی‌دار در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم نسبت به قبل فعالیت (P<۰/۰۵)

یافته‌های جدول ٤ نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون را نشان می‌دهد. بر اساس این آزمون، بین احساس سیری و میل به غذا و میزان انسولین پس از خوردن کربوهیدرات در گروه ۰/٤ گرم/کیلوگرم همبستگی معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). بین احساس پُری و میزان گلوکز پس از فعالیت در هر دو گروه و بین احساس سیری و میزان گلوکز در گروه ۱/۲ گرم/کیلوگرم همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵).

جدول ٤. همبستگی بین گلوکز، انسولین و میزان اشتها در مراحل مختلف اندازه‌گیری

متغیرها	زمان اندازه‌گیری	گروه	احساس گرسنگی		احساس پری		احساس سیری		میل به غذا	
			r	P	r	P	r	P	r	P
انسولین (میکروواحد بر میلی‌لیتر)	پس از فعالیت	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۰/۲۸	۰/٤۹	۰/۹۰	- ۰/۵	۰/۹۳	- ۰/۳۰	۰/۹۵	- ۰/۰۲
		۰/٤ گرم/کیلوگرم	۰/۵۰	- ۰/۲۸	۰/۹۹	-۰/۰	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/٤۹	- ۰/۲۸
	پس از خوردن کربوهیدرات	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۰/٤۸	۰/۲۸	۰/٤۳	۰/۳۲	۰/۷۰	- ۰/۱۵	۰/۷۱	۰/۱۵
		۰/٤ گرم/کیلوگرم	۰/۰٤*	-۰/۶۹	۰/۲۶	۰/٤۵	۰/۰۱*	۰/۹۳	۰/۰۳*	- ۰/۷۳
	دقیقه ۱۵۰	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۰/۲۱	۰/۳۹	۰/۰۹	۰/٤۵	۰/۱۳	- ۰/٤٤	۰/۳۶	۰/۲۸
		۰/٤ گرم/کیلوگرم	۰/٤۸*	-۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۵۵	۰/۰۳*	۰/۷۱	۰/۰٤*	۰/۶۶
گلوکز (میکروواحد بر میلی‌لیتر)	پس از فعالیت	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۰/۰۶*	-۰/۶۹	۰/۲۶	۰/٤۵	۰/۰۱*	۰/۹۳	۰/۰۳*	- ۰/۷۳
		۰/٤ گرم/کیلوگرم	۰/۸٤	- ۰/۰۸	۰/٤۸	۰/۲۹	۰/۹۰	- ۰/۰۵	۰/۸۸	۰/۰۶
	پس از خوردن کربوهیدرات	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۰/۷۱	۰/۱۵	۰/٤۲	۰/۳۳	۰/۵۱	- ۰/۲۷	۰/۷۱	۰/۱۵
		۰/٤ گرم/کیلوگرم	۰/۱۳	- ۰/۵۷	۰/۱۵	۰/۵۵	۰/۰۲*	۰/۹۰	۰/۰۷*	- ۰/۶۶
	دقیقه ۱۵۰	۱/۲ گرم/کیلوگرم	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۵۵	۰/۲۹	۰/٤۳	۰/۰۸	۰/۵۹
		۰/٤ گرم/کیلوگرم	۰/۰۹*	-۰/٤۹	۰/۰۶	۰/۶۱	۰/۳۶*	۰/٤٤	۰/۱۲*	- ۰/٤۱

* اختلاف معناداری با آزمون ضریب همبستگی پیرسون در سطح P<۰/۰۵

بحث

هدف پژوهش حاضر ارزیابی پاسخ گلوکز، انسولین خون و میزان اشتها به مقدار مصرف کربوهیدرات در دوره ریکاوری پس از فعالیت هوازی تناوبی در دختران ورزشکار بود و برای بررسی اثر فعالیت هوازی تناوبی و مصرف کربوهیدرات بر اشتها از ٤ پرسش مرتبط با اشتها استفاده شد و نشان داده شد که احساس سیری، گرسنگی و سایر احساسات مربوط به اشتها ممکن است توسط عوامل مختلف فیزیولوژیکی و روانشناختی تحت تأثیر قرار گیرد (۱۹). بنابراین در بررسی نتایج به دست آمده از بررسی وضعیت اشتها که به صورت VAS انجام می‌شود، باید این عوامل مورد توجه قرار گیرد (۲۲). در پژوهش حاضر مشاهده شد که بین دو گروه مصرف کربوهیدرات ۰/٤ و ۱/۲ گرم/کیلوگرم در متغیرهای میل به غذا در دقیقه ۳۰ و احساس پری در دقیقه ۱۵ تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ به طوری که احساس پری و میل به غذا در دقیقه ۱۵ بعد از فعالیت ورزشی در گروه کربوهیدرات ۱/۲ گرم/کیلوگرم افزایش و در گروه کربوهیدرات پایین کاهش یافت؛ در نتیجه فعالیت هوازی تناوبی منجر به کاهش اشتها بلافاصله پس از فعالیت ورزشی شده بود؛ این یافته با نتایج مطالعه بروم (۲۰۰۹) و وسترترپ (۱۹۹۷) همخوانی دارد (۱۲،۱۶). نتایج مطالعات نشان داده است که افزایش در سطح لپتین، نوراپی نفرین، هورمون‌های آزاد کننده کورتیکوتروپین (CART)، کوله سیستوکینین (CCK)، پپتید شبه گلوکاگون (GLP)، انسولین، آمفتامین، پپتید YY(PYY)، باعث بی‌اشتهایی و افزایش هورمون گرلین، کورتیزول، اسید آمینه (گلوتامات، آمینوبوتیریک اسید)، گالاتین (GAL)، اندورفین، اورکسین A و B و نوروپپتید Y (PYY) موجب افزایش اشتها می‌گردد (۱۷). پرومرلی گزارش کرد که یک جلسه فعالیت ورزشی شدید سبب تعادل منفی انرژی می‌شود (۲٤،۷). در تحقیق مشابهی مارتینز نیز نشان داد که بی‌اشتهایی با شدت فعالیت ورزشی مرتبط است (۲۲). بروم گزارش کرد که تمرین هوازی نسبت به تمرین قدرتی، موجب سرکوب در اشتها می‌شود. محققان دلیل این امر را این طور توجیه کردند که تمرین هوازی با

افزایش دمای بدن فشار بیشتری را نسبت به تمرین‌های قدرتی ایجاد می‌کند. افزایش درجه حرارت بدن باعث ترشح هورمون‌های سیری شده و اثر سرکوبی بر هورمون‌های گرسنگی دارد که پیامد آن کاهش اشتها است (۲۲)؛ این یافته با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. نتایج نشان داد که سطح گلوکز خون بلافاصله پس از فعالیت هوازی تناوبی در هر دو گروه افزایش یافت و این افزایش در گروه نوشیدنی کربوهیدراتی ۱/۲ گرم/کیلوگرم معنادار بوده؛ همچنین سطح انسولین خون بلافاصله پس از فعالیت در هر دو گروه نوشیدنی بالا و نوشیدنی کربوهیدراتی پایین،کاهش یافت که این کاهش در هر دوگروه معنادار بود. مطالعات نشان می‌هد که سطوح گلوکز خون و اسیدهای چرب آزاد، همانند لاکتات پلاسما هنگام و پس از ورزش کوتاه مدت، افزایش می‌یابد؛ بدین ترتیب، بسیج ذخایر سوخت به درون خون ممکن است در مهار دریافت غذا نقش ایفا کند. افزایش مقادیر اسیدلاکتیک و افزایش درجه حرارت بدن نیز مکانیزم‌های ممکن برای مهار گرسنگی هستند، لاکتات نیز ممکن است در مقام یک عامل سیری کوتاه مدت طی ورزش و بی درنگ پس از آن عمل کند (۲۰). به نظر می‌رسد بالا بودن شدت تمرین موجب افزایش رهاسازی هورمون‌های مؤثر در افزایش سطح گلوکز خون همرا ه با کاهش ترشح هورمون انسولین و تسهیل گلیکوژنولیز کبدی شده که در نتیجه سطح گلوکز خون بلافاصله پس از فعالیت افزایش یافته است (٤)، اما از آنجایی که در مطالعه حاضر سطح هورمون‌های ضد تنظیمی (کاتکولامین‌ها، کورتیزول، گلوکاگون و هورمون رشد) اندازه‌گیری نشده است؛ بنابراین ضروری است با توجه به این محدودیت اندازه‌گیری‌ها، با احتیاط بیش‌تری به این موضوع پرداخته شود. از سوی دیگر برخی مطالعات گزارش کرده‌اند، افزایش گلوکز پلاسما حین فعالیت ورزشی می‌تواند ناشی از تغییرات حجم پلاسما باشد (۲۵)؛ با توجه به این که در مطالعه حاضر تغییرات حجم پلاسما محاسبه نشده است، بنابراین این احتمال وجود دارد که کاهش حجم پلاسما به واسطه بالا بودن شدت فعالیت یکی از دلایل احتمالی اثرگذار بر افزایش گلوکز پلاسما بلافاصله پس از فعالیت باشد. مقاومت به انسولینی در هر دو گروه در دقیقه ۱۵۰ پس از فعالیت هوازی تناوبی در گروه نوشیدنی کربوهیدراتی بالا نسبت به گروه نوشیدنی کربوهیدراتی ۰/٤ گرم/کیلوگرم کاهش معناداری داشته است. به نظر می‌رسد خوردن نوشیدنی کربوهیدراتی بالا سرعت ورود گلوکز به داخل سلول را برای بازسازی منابع گلیکوژن تخلیه شده افزایش می‌دهد و سطح گلوکز با ورود به داخل عضله کاهش می‌یابد (۲٦) و این کاهش می‌تواند یکی از دلایل تحریک اشتها باشد. در گروه نوشیدنی بالا احساس گرسنگی و میل به غذا پس از خوردن نوشیدنی کربوهیدرتی افزایش یافته بود. در گروه نوشیدنی کربوهیدراتی پایین میل به غذا و احساس گرسنگی کاهش یافته بود که به نظر می‌رسد در گروه نوشیدنی کربوهیدراتی پایین مقدار کربوهیدرات به اندازه‌ای نبوده که ترشح انسولین را به طور قابل ملاحظه‌ای تحریک و سرعت ورود گلوکز را به داخل سلول افزایش دهد؛ بنابراین تغییرات اندکی در سطح گلوکز و انسولین مشاهده شد. برخی مطالعات پیشنهاده کرده‌اند که تنها تمرین با شدت خیلی زیاد (بالاتر یا مساوی ۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) می‌تواند شاخص مقاومت به انسولین را کاهش دهد (۱۷). بنابراین تحریکات ناشی از این نوع شیوه تمرینی به اندازه‌ای بوده که توانسته تغییرات کافی را در شاخص مقاومت به انسولینی ایجاد کند. به نظر می‌رسد که یکی از دلایل تغییر اندک انسولین پس از مصرف کربوهیدرات در این پژوهش، بالا بودن شدت تمرین مورد استفاده است که می‌تواند منجر به تجمع اسیدلاکتیک در بدن شود. افزایش لاکتات و اسیدیته خون نیز دو عامل مهاری بر ترشح انسولین هستند؛ هر چند در این مطالعه سطح لاکتات خون اندازه‌گیری نشده و لازم است در مطالعات بعدی مورد توجه قرار گیرد. ازسوی دیگر برخی مطالعات گزارش کرده‌اند، فعالیت ورزشی از طریق افزایش چگالی پروتئین ناقل گلوکز ٤ (GLUT-4)[1] و بهبود حساسیت انسولینی، برداشت گلوکز را افزایش می‌دهد، بنابراین نیازی به افزایش ترشح انسولین نیست (۱۱،۲۷). احتمالا افزایش اشتها و میل به غذا در گروه نوشیدنی کربوهیدراتی بالا به علت کاهش انسولین و افزایش حساسیت انسولینی رخ داده است. اما کاهش در سطح گلوکز و انسولین و در واقع کاهش مقاومت به انسولینی در گروه نوشیدنی کربوهیدراتی پایین اندک بوده و نتوانسته تغیری در اشتها ایجاد کند. از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به عدم اندازه‌گیری هورمون‌های مرتبط با اشتها اشاره کرد. مطالعات بزرگتر و اندازه‌گیری سایر شاخص‌های درگیر در ایجاد اشتها، ضروری به‌نظر می‌رسد.

1. Glucose transporter-4

نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد مصرف نوشیدنی کربوهیدراتی با مقادیر ۱/۲ و ۰/٤ گرم/کیلـوگرم وزن بـدن بعـد از فعالیـت تنـاوبی شـدید، موجب کاهش اشتها شده و بعد از مصرف کربوهیدرات در هر دو گروه روند افزایشی را به همراه داشته است که با توجـه بـه جذب گلوگز و تغییرات مقاومت به انسولین قابل توجیه است. بنابراین، احتمالاً این عامل می‌تواند در ورزشکارانی که در یـک روز دوبار یا بیشـتر تمـرین یـا مسـابقه دارنـد و نیازمنـد دوره ریکاوری سریع هسـتند، موجـب بهبـود ریکـاوری و عملکـرد ورزشی شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیـه افـرادی کـه بـه عنـوان آزمـودنی در ایـن پژوهش شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Moore DR. Nutrition to support recovery from endurance exercise: optimal carbohydrate and protein replacement. *Journal of Current Sports Medicine Reports*. 2015;14(4):294-300. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000180.
2. Saunders MJ. Congestion of carbohydrate-protein during endurance exercise: influence on performance and recovery. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2007;17(2):87-103. DOI: 10.1123/ijsnem.17.s1.s87.
3. Ivy JL, Harold W, Goforth Jr, Bruce M, et al. Early post exercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology*. 2002;93(4):1337-1344. DOI: 10.1152/japplphysiol.00394.2002.
4. Gold SM, Krüger S, Ziegler KJ, Krieger T, Schulz K-H, Otte C, et al. Endocrine and immune substrates of depressive symptoms and fatigue in multiple sclerosis patients with comorbid major depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 2011;82(7):814-8. DOI: 10.1136/jnnp.2010.230029 .
5. Murray R, Bartoli WP, Eddy DE, & Horn MK. Physiological and performance responses to nicotinic-acid ingestion during exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 1995;27(7):1057-1062. DOI: 10.1249/00005768-199507000-00015.
6. Davis JM. Carbohydrated, Branched-chain Amino Acid and Endurance: the Central Fatigue Hypothesis. *European Journal of Sport Sciences*. 1996;61:9-2. DOI: 10.1123/ijsn.5.s1.s29 .
7. Brewer CB, Booher BM, Lawton N. Comparison of acute energy expenditure and rating of perceived exertion in equivalent bouts of circuit training and treadmill running. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2021;35:680-687. DOI:10.1519/JSC.0000000000002731.
8. Henselmans M, Bjornsen T, Hedderman R, Varvik FT. The effect of carbohydrate intake on strength and resistance training performance: a systematic review. *The Journal of Nutrition*. 2022;14(4):856. DOI: 10.3390/nu14040856 .
9. Murray B, & Rosenbloom C. Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *The Journal of Nutrition Reviews*. 2018;76(4), 243-259. DOI: 10.1093/nutrit/nuy001
10. Ivy JL. Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2004;3(3):131-138. PMCID: PMC3905295 .
11. Clyde W. Recovery from exercise: role of carbohydrate nutrition. *Journal of Exercise and Health Science*. 2014;3(1):1-13.
12. Ivy JL, Lee MC, Brozinick, JT, and Reed MJ. Muscle glycogen storage after different amounts of carbohydrate ingestion. *Journal of Applied Physiology*. 1988;65(5):2018-2023. DOI: 10.1152/jappl.1988.65.5.2018 .
13. Claire EB, Dawson B, Gregory RC, Coby ML, Dorine WS, & Peeling P. Timing of post‐exercise carbohydrate ingestion: influence on IL‐6 and hepcidin responses. *European Journal of Applied Physiology*. 2015;115(10):2215-2222. DOI: 10.1007/s00421-015-3202-0.
14. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, & Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Science*. 2011;29(1):17-27. DOI: 10.1080/02640414.2011.585473.
15. Brandon SS, Ina S, and Brawn GA. Self- reported dietary intake following, endurance, resistance and concurrent endurance and resistance training. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2008;7(2):250-255. PMCID: PMC3761454 .
16. Westerterp-Plantenga MS, Verwegen CRT, Ijedema MJM, Wijckmans NEG, Saris WHM. Effect of exercise or sauna and appetite in obese and non-obese men. *Journal of Physiology & Behavior*. 1997;62(6):1345-1354. DOI:10.1016/S0031-9384(97)00353-3.
17. Yarahmadi H, Haghighi AH, Shojaei M, Beheshti Nasr SM. Effect of aerobic training on appetite and insulin resistance index in obese women. *The Horizon of Medical Sciences*. 2014;20(1):9-15.
18. Chen CY, Chou CC, Lin KX, Mündel T, Chen MT, Liao YH, Tsai SC. A sports nutrition perspective on the impacts of hypoxic high-intensity interval training (HIIT) on appetite regulatory mechanisms: a narrative review of the current evidence. *International Journal of Environmental Research and Health*. 2022;19(3):1736. DOI: 10.3390/ijerph19031736.
19. Mohebbi H, Jorboinan A. Effects of aerobic exercise with dehydration on appetite and food preference. *Journal of Sports and Biomotor Sciences*. 2012;4(8):5-14.
20. Yarahmadi H, Hamedinia AR, Haghighi AH, Jahandideh AA, Zohreh T. The effect of a moderate and heavy resistance training session on appetite, food intake and energy expenditure in healthy men. *Daneshvar Medicine: Basic and Clinical Research Journal*. 2010;18(89):51-60.
21. Moradi F, vousoghi V, Heidarzadeh A. Effect of twelve weeks aerobic training on chemerin, active ghrelin, and appetite in sedentary obese men. *Journal of Metabolism and Exercise*. 2014;3(2):89-181.

22. Martins C, Truby H, and Morgan L. Short-term appetite control in response to a 6-week exercise programmer in sedentary volunteers. *British Journal of Nutrition*. 2007;98(04):834-842. DOI: https://doi.org/10.1017/S000711450774922X .
23. Broom DR, Batter ham RL, king JA, and stencil DJ. Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating level of acierated gherkin and peptide by in healthy males. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2009;296(1):29-35. DOI: 10.1152/ajpregu.90706.2008 .
24. Promerleau M, Imbeault P, Parker T, Doucette E. Effect of exercise intensity on food intake and appetite in women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004;80(5):1230 -1236. DOI: 10.1093/ajcn/80.5.1230 .
25. Sauseng W, Nagel B, Gamillscheg A, Aigner R, Borkenstin M, Zotter N. Acylated ghrelin increases after controlled short-time exercise in school-aged children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2011;21(6):100-105. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01165.x .
26. Goodwin ML. Blood glucose regulation during prolonged, submaximal, continuous exercise: A guide for clinicians. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2010;4(3):694-705. DOI: 10.1177/193229681000400325
27. Woods SC, Benoit SC, Clegg DJ, Seeley RJ. Clinical endocrinology and metabolism. Regulation of energy homeostasis by peripheral signals. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2004;18(4):497-515. DOI: 10.1016/j.beem.2004.08.004.
28. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Nutrition and athletic performance. *Journal of Medicine & Science in Sports*. 2016;48:543-568. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000852 .
29. Alghannam AF, Gonzalez JT, Betts JA. Restoration of muscle glycogen and functional capacity: role of post-exercise carbohydrate and protein co-ingestion. *Journal of Nutrients*. 2018; *10*(2), 253. DOI: 10.3390/nu10020253 .
30. Howarth KR, Moreau NA, Phillips SM, & Gibala MJ. Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *Journal of Applied Physiology*. 2009;106(4):1394-402. DOI: 10.1152/japplphysiol.90333.2008 .
31. Van Loon LJ, Saris WH, Kruijshoop M, Wagenmakers AJ. Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2000;72(1):106-111. DOI: 10.1093/ajcn/72.1.106 .
32. Betts JA, Williams C. Short-term recovery from prolonged exercise. *Journal of Sports Medicine*. 2010;40(11):941-959. DOI: 10.2165/11536900-000000000-00000 .
33. Potgieter, S. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African Journal of Clinical Nutrition*. 2013;26(1):6-16. DOI:10.1080/16070658.2013.11734434.
34. Craven J, Desbrow B, Sabapathy S, Bellinger P, McCartney D, & Irwin C. The effect of consuming carbohydrate with and without protein on the rate of muscle glycogen re-synthesis during short-term post-exercise recovery: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Medicine*. 2021;7(1):1-15. DOI:10.1186/s40798-020-00297-0.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

The comparison responses of glucose, blood insulin and appetite to the amount of carbohydrate intake after high intensity interval exercise in female athletes

Maryam Taghdiri[1], Javad Mehrabani[2*], Hamid Mohebbi[3], Hamid Arazi[3]

1. PhD Candidate, Department of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Mazandaran, Mazandaran, Iran
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Professor, Department of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: 2022/11/07 **Accepted:** 2023/02/23

∗Correspondence:
Email:
mehrabanij@guilan.ac.ir

Abstract

Introduction and Purpose: Recovery is very important aspect of training. Desire for food intake is important at this time. The aim of the present study was to evaluate the response of glucose, insulin and appetite to the amount of carbohydrate consumption after intense intermittent exercise (HIIE).

Materials and Methods: Thirty-two female athletes (age 22.41±1.04 yrs and weight 56.77±2.41 kg) participated in this study were divided into two carbohydrate drink rate (1.2 g/kg) and (0.4 g/kg) groups. The HIIE consists of 8×3 min set at 80% HRmax. The initial speed was 6 km/h with a 1% gradient. Running speed was increased by 1 km/h with 3 min intervals. 90-s active recovery at 55% between repetitions was considered. The subjects consumed CD at 15 and 90 min after HIIE. Blood samples were taken before, immediately and 150 min after and appetite was measured by a visual analog scale [VAS] before, immediately, 15, 30, 60, 90 and 150 min after HIIE. Statistical data analysis was conducted by the repetitive multivariate analysis of variance and Pearson correlation coefficient ($P<0.05$).

Results: Amount of carbohydrate intake leads to significant differences in desire for food 30 min after activity ($P<0.05$). 0.4 g/kg carbohydrate drink led to a lower desire for food ($P<0.05$). Glucose immediately after exercise into two groups was increased, but after 150 min in the 1.2 g/kg group was decreased ($P<0.05$).

Discussion and Conclusion: According to the results, it seems that appetite decreased after HIIE and increased after carbohydrate consumption in both groups, which can be justified due to glucose absorption and improvement in insulin resistance.

Key Words: Aerobic interval exercise, Appetite, Insulin, Glucose, Carbohydrate supplement.