اثر نمایه گلایسمیک رژیم غذایی بر عملکرد ورزشی ورزشکاران
مروری بر شواهد موجود

نفیسه شکری مشهدی[۱]، احمد اسماعیل‌زاده[۲]

چکیده

یکی از عوامل تأثیرگذار بر موفقیت و افزایش عملکرد ورزشی ورزشکاران، کیفیت و کمیت کربوهیدرات رژیم غذایی است. بنابراین، نقش GI (Glycemic index) در مطالعات متعدد، به منظور بررسی انواع مختلف کربوهیدرات‌های مصرفی مورد بررسی قرار گرفته است و اثرات آن در کاهش یا بهبود عملکرد ورزشی نشان داده شده است. هدف از انجام این مطالعه مروری بر مطالعات جدید انجام شده در زمینه اثر مصرف کربوهیدرات‌های مصرفی با شاخص‌های گلایسمیک متفاوت بر عملکرد ورزشی است. جستجوی انجام شده در بانک اطلاعاتی Pub Med با استفاده از کلمات کلیدی Exercise و GI و بین فاصله سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۰ در نمونه‌های انسانی انجام شد. نتایج مصرف کربوهیدرات‌های با شاخص گلایسمیک پایین در قبل از ورزش بر بهبود عملکرد ورزشکاران ضد و نقیض بود. همچنین مصرف مقدار کربوهیدرات مصرفی در طول ورزش، به عنوان عامل اثرگذارتری نسبت به وعده غذایی قبل از ورزش بر عملکرد ورزشی عنوان شد. اثر شاخص گلایسمیک بالا بر بازسازی ذخایر گلیکوژن پس از ورزش به صورت یکنواخت در مطالعات اثبات شد. مصرف کربوهیدرات‌های با نمایه گلایسمیک بالا در حین ورزش و پس از آن بر بهبود عملکرد ورزشکاران همسو است. بنابراین به نظر می‌رسد که بیشتر مطالعات آینده در این خصوص باید اثر چنین رژیم‌های را در قبل از ورزش مورد آزمون قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: ورزش، نمایه گلیسمیک، کربوهیدرات، ورزشکار

نوع مقاله: *مروری*

دریافت مقاله: ۹۰/۹/۱۷ *پذیرش مقاله: ۹۰/۱۱/۱۹*

مقدمه

مفهوم شاخص گلایسمیک GI (Glycemic index) در ابتدای سال ۱۹۸۱ به عنوان روشی جهت طبقه‌بندی کربوهیدرات‌های غذایی بر اساس پاسخ گلوگز خون بعد از وعده غذایی خورده شده مورد نظر در مقایسه با غذای رفرانس (گلوکز یا نان سفید) مطرح شد (۳۰-۱). امتیاز GI از طریق محاسبه سطح زیر منحنی غلظت گلوکز خون در طی مصرف ۵۰ گرم غذای مورد نظر تقسیم بر مقدار مساوی از گلوکز یا نان سفید پس از ناشتایی شبانه به دست می‌آید (۲). GI به عنوان شاخص مصرف کربوهیدرات می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهایی چون محتوای مواد مغذی، اندازه ذرات غذا، روش‌های پخت، پروسه‌های غذایی، وجود لاکتوز یا شکل نشاسته و وجود فیتات‌ها یا لکتین قرار گیرد. ثابت شده است که مصرف کربوهیدرات‌ها در قبل، حین ورزش و پس از آن به طور واضح موجب بهبود عملکرد ورزشی در تمرینات خاص خواهد شد. هر چند خوردن کربوهیدرات قبل از ورزش بحث‌انگیز است چرا که موجب افزایش سریع قند خون و پاسخ انسولینی شدید در شروع ورزش خواهد شد. چنین مشاهداتی منجر به ایجاد زمینه‌های تحقیقاتی مختلف در مورد اثر انواع متفاوت منابع کربوهیدراتی بر ورزش شده است.

۱- کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات امنیت غذایی، گروه تغذیه جامعه، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات امنیت غذایی، گروه تغذیه جامعه، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: esmaillzadeh@hlth.mui.ac.ir

GI به عنوان یک عامل مؤثر جهت برنامه‌ریزی‌های تغذیه‌ای ورزشکاران مورد استفاده قرار می‌گیرد، به طوری که تبدیل به یک راهنمای غذایی برای انتخاب کربوهیدرات‌های ایده‌آل در تغذیه ورزشی شده است (۳). دسترسی به کربوهیدرات‌ها به عنوان یک منبع انرژی برای ماهیچه و سیستم اعضای مرکزی، یک فاکتور محدودکننده در انجام عملکرد ورزشی محسوب می‌شود.

ادعاهای مختلفی در زمینه اثرات GI غذا بر عملکرد ورزشی وجود دارد. ارتباط بین GI غذا و تنظیم انرژی در بعضی مطالعات نامشخص عنوان شده است (۴)؛ در حالی که اثرات GI در قبل، حین ورزش و بعد از آن به منظور کاهش خستگی زودرس در طی ورزش، مورد بررسی قرار گرفته است (۳). هدف مهم در رژیم غذایی ورزشکاران، تأمین سوخت و انرژی در برنامه‌های ورزشی مختلف است که سازگاری و عملکرد ورزشی را بهبود ببخشد. مصرف کربوهیدرات‌های با GI مختلف، یک تا ۴ ساعت قبل از ورزش‌های استقامتی، اثرات متفاوتی را به دنبال داشته است (۴). از طرفی، مصرف کربوهیدرات همچون مصرف نوشیدنی‌های کربوهیدراتی به عنوان مکمل‌های ورزشی در طول ورزش‌های استقامتی عملکرد ورزشی را بهبود بخشیده است و در مقایسه با قبل از ورزش، پاسخ‌های ایمنی و تولید سیتوکین‌های التهابی را تغییر داده است (۹). مصرف کربوهیدرات‌های با GI بالا پس از ورزش به منظور بازسازی ذخایر گلیکوژن تخلیه شده در طول ورزش‌های استقامتی توصیه شده است و رژیم‌های غذایی مختلفی جهت بارگیری کربوهیدرات‌های پس از ورزش تجویز شدند (۱۴، ۱۲، ۱۱).

ذخیره گلوکز به صورت گلیکوژن در ماهیچه به مقدار، نوع و زمان مصرف کربوهیدرات نیز بستگی دارد. در این رابطه اثر کربوهیدرات‌ها بر ذخایر گلیکوژن کبدی کمتر بررسی شده است. ذخایر کبدی به عنوان منبع تأمین گلوکز خون در طول ورزش حایز اهمیت می‌باشد و تأثیر رژیم‌های غذایی با GI بالا یا پایین بر آن‌ها بسیار مهم خواهد بود (۲۸). هدف این مطالعه، مروری بر یافته‌های جدید در زمینه تأثیر GI غذا و اثرات آن بر عملکرد ورزشی است.

روش‌ها

جستجوی انجام شده در بانک اطلاعاتی Pub Med با استفاده از کلمات کلیدی Exercise وGI صورت گرفت. جستجوی واژه‌ها در عنوان و خلاصه مطالعات محدود گشت. در این جستجوی گسترده، ۲۰۰ مطالعه حاصل شد. مطالعاتی که در این بررسی گنجانده شدند، در فاصله سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۰ روی نمونه‌های انسانی انجام شدند. مطالعات حیوانی از بررسی حاضر حذف گردیدند. طبق این معیارها، ۳۰ مطالعه قابل دسترس جهت بررسی در مطالعه مروری حاضر مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

نقش GI رژیم غذایی بر عملکرد ورزشکاران

الگوی غذایی مصرف کربوهیدرات‌ها با GI مختلف، یکی از اهداف مهم افزایش عملکرد ورزشی است. در این مطالعه تأثیر رژیم‌های غذایی با نمایه گلیسمی متفاوت بر عملکرد ورزشی در طی سه مرحله زمانی متفاوت به صورت مروری مورد بررسی قرار گرفت. این مراحل شامل تأثیر رژیم غذایی با GI بالا در قبل از ورزش، حین ورزش و پس از آن بر عملکرد ورزشی است.

نقش GI رژیم غذایی در قبل از ورزش بر عملکرد ورزشکاران

دریافت میزان و نوع کربوهیدرات مصرفی در قبل از ورزش به عنوان یک روش مرسوم جهت افزایش عملکرد ورزشی همیشه مورد بحث بوده است. بسیاری از مطالعات در دو دهه اخیر به بررسی استراتژی‌های تغذیه‌ای قبل ورزش و ارتباط آن با GI پرداختند. همچنین بسیاری از مطالعات، GI را به عنوان جز جدایی‌ناپذیری از تغذیه قبل ورزش دانستند (۳).

علیرغم نتایج گسترده حاصل از این مطالعات که فواید مشخصی از مصرف وعده غذایی LGI (Low GI) را قبل از ورزش عنوان کردند (۷-۵)، بعضی از مطالعات ادعا کردند که تفاوتی معنی‌داری در مقدار کل چربی و کربوهیدرات اکسید شده در طول ورزش در بین دو گروه مصرف‌کننده رژیم‌های LGI و HGI (High GI) وجود نداشته است. در یکی از این مطالعات که بر روی ۶ مرد ورزشکار استقامتی

صورت گرفت، افراد به ۳ گروه LGI، MGI و HGI تقسیم‌بندی شدند و تمرین پس از ۳ ساعت از مصرف وعده‌های غذایی ذکر شده با ۵۰ = VO2max انجام شد. یافته‌ها اثر مشخصی از وعده غذایی LGI نسبت به HGI بر سوبسترای مصرفی در طول ورزش را نشان نداد (۸). هر چند که شدت تمرین انجام شده و نوع غذای انتخاب شده مصرفی در قبل از ورزش موجب اختلاف در نتایج حاصل از این مطالعه با مطالعات انجام گرفته دیگر شد. همچنین در این مطالعه اثر کربوهیدرات مصرفی قبل ورزش و ارتباط آن با کربوهیدرات استفاده شده در طول ورزش جهت سوبسترای مصرفی اکسید شده در طول ورزش عنوان نشد. از طرفی در مطالعه انجام شده توسط Cramp و همکاران، ۳۰ درصد افزایش عملکرد ورزشی در دوچرخه‌سواران کوهنورد مصرف‌کننده وعده غذایی HGI در قبل از ورزش نسبت به وعده غذایی LGI مشاهده شد (۲۰). در این مطالعه، ۸ دوچرخه‌سوار کوهنورد، ۳ ساعت قبل از تمرین از وعده غذایی HGI یا LGI، مصرف نمودند. پس از ۹۳ دقیقه تمرین، به طور کلی ۳۰ درصد افزایش عملکرد در گروه مصرف‌کننده HGI مشاهده شد. یکی از دلایل اثر مثبت رژیم غذایی HGI در قبل از ورزش‌هایی چون دوچرخه‌سواری و کوهنوردی، مربوط به سوخت کربوهیدرات به عنوان منبع انرژی اصلی در تمرین‌های طولانی‌تر از ۹۰ دقیقه است. مصرف کربوهیدرات ناکافی در قبل از ورزش طولانی مدت، گلوکز ناکافی جهت سوخت فراهم می‌کند. در همین مطالعه نیز علیرغم این که اثر مثبت رژیم غذایی LGI بر مرحله اول از چهار مرحله انجام شده بر عملکرد ورزشی به وضوح دیده شد، اثر مثبت وعده غذایی HGI قبل تمرین تنها بر مرحله چهارم این مطالعه عنوان شد.

به منظور بررسی اثر مصرف وعده غذایی LGI در قبل ورزش و تأثیر آن بر عملکرد ورزشی در طول ورزش، مطالعات متعددی انجام گرفته است. در مطالعه Stevenson و همکاران، ۹ دونده به طور تصادفی در دو گروه LGI و HGI قرار گرفتند. هر گروه پس از ۳ ساعت از مصرف وعده صبحانه و ناهار، به مدت ۶۰ دقیقه دو با ۷۰ = VO2Max را پشت سر گذاشتند. غلظت انسولین و گلوکز پلاسما در گروه HGI در مقایسه با گروه LGI به طور مشخصی بالاتر بود. میزان اکسیداسیون چربی‌ها در پی مصرف وعده غذایی LGI حتی پس از وعده ناهار همچنان بالا مانده بود و گلوگز پلاسما در گروه LGI ثابت مانده بود (۷). این یافته‌ها در یک کارآزمایی بالینی طراحی شده بر روی ۸ مرد ورزشکار استقامتی تأیید شد (۵). اگرچه در این مطالعات از وعده غذایی مختلط مورد استفاده ورزشکاران که منعکس‌کننده رژیم غذایی معمول آن‌ها باشد، استفاده نشده بود. آن‌ها نشان دادند که ظرفیت استقامتی دوندگان با مصرف غذا در ۳ ساعت قبل از تمرین به طور معنی‌داری در مورد وعده غذایی LGI در مقایسه با HGI بیشتر است. مزیت این مطالعه نسبت به مطالعات دیگر، استفاده از وعده غذایی مخلوط در قبل از ورزش بود. افزایش اکسیداسیون چربی و کاهش گلیکولیز در گروه LGI، شرایطی را برای ورزشکاران ایجاد می‌کند که در طول ورزش‌های استقامتی، سوبسترای اصلی سوختی، چربی باشد که تأمین‌کننده انرژی برای مدت طولانی‌تری است (۱۵). چنین یافته‌هایی در کارآزمایی بالینی دیگری که توسط Wong و همکاران انجام گرفت نیز مشاهده شد (۱۶).

تمام یافته‌های ذکر شده در مورد ورزش‌هایی بودند که در آن مدت ورزش کوتاه است. البته در مطالعات طراحی شده در ورزش‌های طولانی مدت با مدت زمان بیش از ۶۰ دقیقه با۷۰ = Vo2Max نیز چنین نتایجی به دست آمد. Febbraio و همکاران، ۸ مرد ورزشکار استقامتی را تحت تمرین به مدت ۱۲۰ دقیقه قرار دادند و ۳۰ دقیقه قبل از ورزش، به آن‌ها وعده‌های غذایی HGI، LGI و یا دارو تجویز کردند. این مطالعه نیز مثل بررسی‌های دیگر نشان داد که دریافت غذایی HGI قبل از ورزش موجب افزایش قند خون و انسولین شد و میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در گروه HGI در مقایسه با LGI بیشتر بود (۱۷).

بررسی تأثیر GI کربوهیدرات مصرفی در قبل از ورزش بر متابولیسم گلیکوژن ماهیچه برای اولین بار توسط Wee و همکاران انجام گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که

وعده غذایی HGI مصرفی در ۳ ساعت قبل از ورزش، موجب افزایش ۱۵ درصدی در حجم گلیکوژن ماهیچه و همچنین استفاده بیشتر از گلیکوژن ماهیچه در طول ورزش خواهد شد؛ اما مصرف وعده غذایی LGI در قبل از ورزش، تغییری در گلیکوژن ماهیچه نخواهد داد. یافته‌های مربوط به میزان اکسیداسیون چربی و کربوهیدارت در طول ورزش در دو گروه مورد مطالعه، مشابه مطالعات قبلی بود (۶).

به طور کلی، بیشتر بررسی‌های انجام شده نشان‌دهنده اثر مثبت وعده غذایی LGI در قبل ورزش بر پاسخ‌های متابولیکی بدن در طول ورزش به خصوص در ورزش‌های استقامتی بودند. در این بررسی‌ها نتایج بهتری از میزان اسیدهای چرب آزاد، میزان انسولین و میزان گلوکز خون در افراد مصرف‌کننده وعده غذایی LGI قبل از ورزش در مقایسه با HGI ذکر شد و به ثابت نگه داشتن گلوکز خون در طول ورزش کمک شد؛ اما میزان عملکرد ورزشی، بسته به شدت ورزش و Vo2Max متفاوت عنوان شد. با وجود فاکتورهای محدودکننده‌ای مثل نوع غذای مصرفی و زمان مصرف در ورزش‌های با شدت‌های متفاوت، نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه، عوامل را بیش از پیش روشن می‌سازد.

نقش GI رژیم غذایی در حین ورزش بر عملکرد ورزشکاران

مصرف کربوهیدرات در طول ورزش به امری رایج در میان ورزشکاران تبدیل شده است. بسیاری از ورزشکاران استفاده از کربوهیدرات با شاخص گلایسمیک بالا را به علت مصرف آسان و فراهم نمودن انرژی بالا در طول ورزش ترجیح می‌دهند. با این وجود، اثر شاخص گلایسمیک کربوهیدرات مصرفی در طول ورزش در مطالعات انجام گرفته بسته به نوع تمرین، شدت و مدت آن متفاوت گزارش شده است؛ اگرچه در نظر گرفتن فاکتورهایی چون خصوصیات فیزیولوژیکی و وضعیت تغذیه‌ای ورزشکار در قبل از تمرین بر نتایج به دست آمده بی‌تأثیر نخواهد بود.

چندین مطالعه مصرف محلول‌های کربوهیدراتی را جهت افزایش عملکرد ورزشی در تمرینات طولانی مدت استقامتی که بیش از یک ساعت به طول می‌انجامد، توصیه می‌کند. برخلاف کربوهیدرات مصرفی در قبل از ورزش، مصرف کربوهیدرات با شاخص گلایسمیک بالا در طول ورزش، افزایش گلوکز خون و آزادسازی انسولین را به دنبال نخواهد داشت (۲۹). دلیل این امر را می‌توان به آزادسازی کاتکول آمین‌های تولید شده در طول ورزش نسبت داد که آزادسازی انسولین را مهار می‌کنند. در نتیجه سطح قند خون ثابت می‌ماند. برخی از مطالعات دیگر، اثر شاخص گلایسمیک کربوهیدرات قبل ورزش را متأثر از مصرف کربوهیدرات در طول ورزش می‌دانند. در مطالعه Wong و همکاران که روی ورزشکاران شرکت‌کننده در دو استقامتی انجام شد، اثرات متفاوت حاصل از شاخص گلیسمیک کربوهیدرات مصرفی در قبل ورزش بر غلظت‌های گلوکز خون و اسیدهای چرب آزاد پلاسما در طول ورزش مشاهده شد. محققین این مطالعه نتیجه‌گیری کردند که هنگامی که مقادیر بالایی از محلول‌های کربوهیدرات- الکترولیت در طول ورزش‌های استقامتی مصرف شود، می‌تواند حتی بر پاسخ‌های متابولیکی حاصل از وعده‌های غذایی قبل ورزش اثرگذار باشد (۲۱).

تحقیقات انجام گرفته در زمینه اثر نوشیدنی‌های ورزشی در حین ورزش بر پاسخ‌های التهابی نشان دادند که عملکرد ورزشی دو گروه مصرف‌کننده وعده‌های غذایی LGI و HGI در قبل ورزش تفاوتی ندارد. این امر را می‌توان به مصرف نوشیدنی‌های کربوهیدراتی در حین ورزش در این افراد نسبت داد. البته در همین مطالعه محققین مشاهده نمودند که مقادیر IL6 افزایش یافته تنها در گروه مصرف‌کننده LGI در قبل ورزش، به سطح نرمال بر می‌گردد. در گروه مصرف‌کننده کربوهیدرات با شاخص گلیسمیک بالا، همچنان بالا باقی می‌ماند (۲۱-۹). چنین یافته‌هایی حاکی از تداخل بین نمایه گلیسمیک غذای مصرفی در قبل از ورزش با مقدار و کیفیت کربوهیدرات مصرفی در حین ورزش می‌باشد که می‌تواند اثری متفاوت را بر عملکرد ورزشی ورزشکار گذارد. به عبارت دیگر بیشتر محققین نتیجه‌گیری کردند که اگر ورزشکار در

قبل از ورزش وعده غذایی با شاخص گلایسمیک پایین را مصرف کند و در حین ورزش نوشیدنی‌های کربوهیدراتی را استفاده کند، بهترین نتیجه را خواهد گرفت.

مطالعاتی که فقط به بررسی اثر شاخص گلایسمیک کربوهیدرات مصرفی در حین ورزش بر عملکرد ورزشی پرداخته باشند، نادرند و تنها یک مطالعه روی ۹ ورزشکار دوچرخه‌سوار استقامتی انجام گرفته است. در این مطالعه استفاده از سه نوع نوشیدنی حاوی کربوهیدرات‌های با نمایه گلایسمیک پایین (عسل)، با نمایه گلایسمیک بالا (دکستروز) و یا دارونما استفاده شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که تفاوتی در عملکرد ورزشی بین دو گروه مصرف‌کننده کربوهیدرات با شاخص گلایسمیک بالا و پایین وجود ندارد. تنها برتری عملکرد ورزشی این دو گروه نسبت به گروه دارونما نشان داده شد که خود حاکی از اثر کمیت کربوهیدرات مصرفی و نه کیفیت آن بر بهبود عملکرد ورزشی است (۲۲).

به هر حال، آن چه حایز اهمیت است مقدار کربوهیدرات مصرفی در حین ورزش و نه کیفیت آن است. کربوهیدرات‌های با شاخص گلایسمیک متفاوت اثرات یکسانی را در ورزش‌های استقامتی طولانی مدت داشتند. البته نیاز به انجام تحقیقات بیشتر در زمینه مصرف کربوهیدرات با شاخص گلایسمیک متفاوت در طول ورزش به خوبی احساس می‌شود تا اثرات آن بر عملکرد ورزشی و پاسخ‌های التهابی در ورزشکاران با تمرینات مختلف استقامتی و سرعتی مورد سنجش قرار گیرد.

نقش GI رژیم غذایی در پس از ورزش بر عملکرد ورزشکاران

هدف اصلی مصرف کربوهیدرات‌ها در پس از ورزش، جایگزین کردن ذخایر گلیکوژن ماهیچه و کبد است تا ورزشکاران بتوانند بهترین عملکرد ورزشی را در طول وقایع و مسابقات ورزشی با فواصل کوتاه مدت ارایه دهند. بازسازی ذخایر گلیکوژن در پی ورزش‌های با شدت متوسط تا زیاد، در گرو مصرف کربوهیدارت پس از ورزش است.

مطالعات متعددی تأثیر شاخص گلایسمیک کربوهیدرات مصرفی را بر بازسازی ذخایر گلیکوژن ماهیچه در طول دوره پس از ورزش مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا پس از ورزش در مقایسه با رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک پایین، افزایش بیشتری در ذخایر گلیکوژن ماهیچه خواهد داشت. در مطالعه Burke و همکاران، پیگیری ۴۴ ساعته پس از ورزش در دو گروه از ورزشکاران مصرف‌کننده دو رژیم غذایی HGI و LGI نشان داد که بازسازی ذخایر گلیکوژن ماهیچه در گروه HGI نسبت به گروه LGI در طول ۶ ساعت پس از مصرف وعده غذایی بیشتر است؛ اما تفاوتی در ذخایر گلیکوژن ماهیچه بین دو گروه پس از گذشت ۲۰، ۳۳ و ۴۴ ساعت پس از ورزش دیده نشد (۲۳). این مشاهدات، تأکیدی در استفاده از رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا در پس از ورزش جهت افزایش ذخایر گلیکوژن ماهیچه در زمانی است که دوران بازسازی بین دو ورزش برای ورزشکاران کمتر از ۶ ساعت است. مطالعه دیگری نیز پس از بیوپسی ماهیچه و اندازه‌گیری محتوای گلیکوژن ماهیچه در طول ۲۴ ساعت پس از ورزش با استفاده از رژیم غذایی HGI، اثر مصرف کربوهیدرات با شاخص گلایسمیک بالا را در پس از ورزش مورد تأیید قرار دادند (۲۴).

سطح افزایش یافته گلیکوژن ماهیچه در اثر مصرف رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا بعد از ورزش مربوط به پاسخ گلوکز و انسولین خون است. انسولین افزایش یافته در اثر این رژیم غذایی، موجب افزایش انتقال گلوکز به داخل سلول‌ها جهت ذخیره گلوکز و بازسازی گلیکوژن می‌شود. با این وجود مطالعه انجام شده در زمینه بررسی تأثیر مصرف رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا پس از ورزش بر پاسخ متابولیکی بدن نشان داد که مکانیسم دیگری به غیر از افزایش انسولین در این امر دخیل است. در مطالعه طراحی شده روی ۸ ورزشکار حرفه‌ای نشان داد که در صورت مصرف وعده غذایی HGI یا LGI نیم ساعت پس از اتمام ورزش ۹۰ دقیقه‌ای با Vo2Max ۷۰، میزان پاسخ انسولین در هر دو

گروه یکسان خواهد بود. البته میزان گلوکز خون پس از مصرف وعده غذایی با شاخص گلایسمیک بالا، بالاتر بود (۲۵). بنابراین تحقیقات بیشتری در زمینه اثر رژیم غذایی با GI مختلف در پس از ورزش مورد نیاز است تا بتوان مکانیسم اثر رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا بر بازسازی ذخایر گلیکوژن پس از ورزش را شناسایی نمود.

به علت نقشی که رژیم غذایی پس از ورزش بر بهبود عملکرد ورزشی دارد، محققین علاوه بر افزایش ذخایر ماهیچه‌ای توسط چنین رژیم‌هایی، به تأثیر این رژیم‌ها بر عملکرد ورزشی نیز پرداختند. به عنوان نمونه برخی از این مطالعات به بررسی غلظت IMTG (تری گلیسرید داخل ماهیچه‌ای) به عنوان یک سوبسترای مهم جهت افزایش عملکرد ورزشی پرداختند. بررسی‌های قبلی نشان دادند که غلظت IMTG در طول ورزش‌های استقامتی به وضوح کاهش پیدا می‌کند. داده‌های حاصل از مطالعه انجام گرفته روی ۹ دونده که نیم ساعت پس از ورزش از دو وعده غذایی با شاخص گلایسیمک پایین یا بالا مصرف کردند و در فاصله ۲۴ ساعت بین دو ورزش، این رژیم غذایی را ادامه دادند، نشان داد که مصرف وعده غذایی با شاخص گلایسمیک پایین، زمان رسیدن به خستگی و همین طور میزان اسیدهای چرب آزاد پلاسما را افزایش می‌دهد. این امر می‌تواند به علت بازسازی IMTG در اثر افزایش غلظت اسیدهای چرب آزاد پلاسمایی باشد. از طرفی مطالعات دیگر انجام گرفته، مصرف وعده غذایی با شاخص گلایسمیک بالا در طول ۲۴ ساعت پس از ورزش را عاملی جهت افزایش دسترسی و استفاده از IMTG و کاهش دسترسی به اسیدهای چرب آزاد دانستند (۲۶). این نتایج نشان‌دهنده کاهش وابستگی به ذخایر تری‌گلیسرید ماهیچه در طول ورزش‌های استقامتی در اثر مصرف وعده غذایی با شاخص گلایسمیک پایین است.

علاوه بر این نکته، نحوه غذای مصرفی نیز می‌تواند بر اکسیداسیون بیشتر چربی در طی ورزش تأثیر داشته باشد. در مطالعه انجام گرفته روی گروهی از ورزشکاران، پس از انجام ورزش برای همه افراد کربوهیدرات‌های با شاخص گلایسمیک بالا فراهم گردید. در یک گروه این کربوهیدرات به صورت مداوم توسط ورزشکاران مصرف گردید و در گروهی دیگر به صورت یکجا (بلوس) استفاده شد. یافته‌ها نشان دادند که مصرف یکباره کربوهیدرات‌ها پس از ورزش در مقایسه با مصرف مداوم آن‌ها تأثیر بیشتری روی اکسیداسیون چربی دارد (۲۷).

مصرف رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا پس از ورزش در مسابقات ورزشی که با فواصل کمتر از ۶ ساعت انجام می‌شوند، به واسطه افزایش ذخایر گلیکوژنی موجب بهبود عملکرد ورزشی ورزشکاران می‌شود. بر خلاف آن در ورزش‌های استقامتی طولانی مدت با فواصل زمانی ۲۴ ساعته بین دو مسابقه، مصرف رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک پایین پس از ورزش مفید است چرا که می‌تواند دسترسی به اسیدهای چرب آزاد پلاسما برای اکسیداسیون را بیشتر کند.

بحث

مصرف رژیم‌های غذایی با شاخص گلایسمیک متفاوت در قبل از ورزش بسته به شدت و مدت ورزش می‌تواند اثرات متفاوتی بر عملکرد ورزشی داشته باشد. به علاوه مصرف کربوهیدرات در حین ورزش می‌تواند بر تأثیر غذای خورده شده در قبل از ورزش بر عملکرد متابولیکی مؤثر باشد؛ به طوری که اگر در حین ورزش مقادیر زیاد کربوهیدرات مصرف نشود، اثر وعده غذایی با شاخص گلایسمیک پایین که در قبل از انجام ورزش استفاده شده است با وعده غذایی با شاخص گلایسمیک بالا، تفاوتی از نظر بهبود عملکرد ورزشی ورزشکاران نخواهد داشت. از طرفی مشاهده شد که مصرف وعده غذایی با شاخص گلایسمیک بالا در قبل از ورزش می‌تواند در ورزش‌های با شدت بالا و زمان کوتاه مفید باشد. در زمینه کربوهیدرات‌های مصرفی در حین ورزش، رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا یا پایین تأثیری بر عملکرد ورزشی نخواهد داشت ولی مقدار کربوهیدرات مصرفی در حین ورزش جدا از شاخص گلایسمیک آن حایز اهمیت است.

جدول ۱: مطالعات بررسی شده در مقاله حاضر

نام محقق	روش مطالعه	توضیح مطالعه	یافته‌های اصلی
Stevenson و همکاران(۵)	تعداد = ۹: در دو گروه (HGI و LGI)، در وعده صبحانه و ناهار و پیگیری پس از ۶۰ دقیقه دو با VO2max= ۷۰	اثر GI غذایی قبل از ورزش بر دسترسی سوبسترا و پاسخ متابولیکی بدن	افزایش گلوکز پلاسما و اکسیداسیون چربی
Backhouses و همکاران (۸)	تعداد = ۷: در سه گروه (LGI، MGI، HGI)، در ۳ ساعت قبل از ورزش و پیگیری پس از دو با ۵۰ = VO2max	اثر GI وعده صبحانه بر سوبسترای مصرفی در طول ورزش	اثر مشخصی دیده نشد.
Cramp و همکاران (۲۰)	تعداد ۸: در دو گروه (HGI، LGI)، وعده غذایی صبحانه ۳ ساعت قبل از ورزش و پیگیری پس از ۹۳ دقیقه تمرین	اثر GI غذایی قبل از ورزش بر عملکرد ورزشی	۳۰ درصد افزایش عملکرد ورزشی
Wu و William (۱۵)	تعداد = ۸: دو گروه (HGI یا LGI) ۳ ساعت قبل از تمرین و پیگیری تا رسیدن به خستگی با VO2max = ۷۰	اثرGI غذایی قبل از ورزش بر عملکرد ورزشی	ظرفیت استقامتی بیشتر دوندگان در مورد وعده غذایی LGI در مقایسه با HGI
Wong و همکاران (۱۶)	تعداد = ۸ دو گروه (HGI یا LGI)، ۳ ساعت قبل از تمرین و پیگیری دو با مسافت ۱۵km با VO2max = ۷۰	اثرGI غذایی قبل از ورزش بر عملکرد ورزشی	ظرفیت استقامتی بیشتر دوندگان در مورد وعده غذایی LGI در مقایسه با HGI
Febbrario و همکاران (۱۷)	تعداد = ۸: دو گروه (HGI یا LGI) ۳۰ دقیقه قبل از ورزش و پیگیری پس از ۱۲۰ دقیقه تمرین	اثر مصرف کربوهیدرات قبل از ورزش بر سوخت گلوکز و گلیکوژن ماهیچه	دریافت غذایی HGI موجب افزایش قند خون و انسولین و اکسیداسیون کربوهیدرات
Wee و همکاران (۶)	تعداد = ۷: دو گروه (HGI، LGI)، ۳ ساعت قبل از تمرین و پیگیری پس از دو با VO2max = ۷۱	تأثیر GI کربوهیدرات مصرفی در قبل از ورزش بر متابولیسم گلیکوژن ماهیچه	وعده غذایی HGI، موجب افزایش ۱۵ درصدی در حجم گلیکوژن ماهیچه و استفاده بیشتر از گلیکوژن ماهیچه در طول ورزش
Wong و همکاران (۲۱)	تعداد = ۹: سه گروه (LGI، MGI، HGI)، ۳ ساعت قبل از تمرین و محلول‌های کربوهیدرات- الکترولیت ۶/۶ درصد در طول تمرین	تأثیر GI کربوهیدرات مصرفی در قبل از ورزش همراه مصرف محلول‌های کربوهیدرات در طول تمرین	تفاوتی پس از مصرف نوشیدنی‌ها در طول ورزش دیده نشد.
Earnest و همکاران (۲۲)	تعداد = ۹: سه گروه (LGI، دارونما HGI)، هر ۱۶ km در طول تمرین	تأثیر GI کربوهیدرات مصرفی در طول ورزش بر عملکرد ورزشی	تفاوتی در عملکرد ورزشی بین دو گروه مصرف‌کننده وجود نداشت
Burk و همکاران (۲۳)	تعداد = ۹: دو گروه (HGI، LGI)، در طول ۶ ساعت پس از تمرین و پیگیری ۴۴ ساعته پس از ورزش	تأثیر GI کربوهیدرات مصرفی پس از تمرین بر بازسازی ذخایر گلیکوژن ماهیچه	بازسازی ذخایر گلیکوژن ماهیچه بیشتر در گروه HGI نسبت به گروه LGI
Stevenson و همکاران (۲۵)	تعداد = ۹: دو گروه (HGI، LGI)، نیم ساعت پس از تمرین	تأثیر GI کربوهیدرات مصرفی بر دسترسی سوبسترای مصرفی پس از تمرین	میزان پاسخ انسولین در هر دو گروه یکسان وگلوکز خون در گروه HGI بالاتر بود
Stevenson و همکاران (۲۶)	تعداد = ۹: دو گروه (HGI، LGI)، نیم ساعت پس از تمرین	تأثیر GI کربوهیدرات مصرفی بر عملکرد ورزشی	کاهش زمان رسیدن به خستگی و میزان اسیدهای چرب آزاد پلاسما و بازسازی IMTG
Eriths و همکاران (۲۷)	تعداد = ۷: دو گروه (HGI)، پس از تمرین به صورت مداوم یا بلوس	تأثیر نحوه استفاده GI کربوهیدرات مصرفی بالا بر ریکاوری پس از تمرین	تأثیر بیشتری بر روی اکسیداسیون چربی به صورت بلوس

در مورد نوع کربوهیدرات مصرفی در پس از انجام ورزش، تمام مطالعات همسو با هم اثر مفید مصرف وعده غذایی با شاخص گلایسمیک بالا در پس از انجام ورزش را متذکر شدند؛ البته رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک پایین در بهبود عملکرد ورزشی در ورزش‌های استقامتی طولانی مدت بهتر از غذاهای با GI بالا خواهد بود چرا که نوع سوخت مصرفی در این ورزش‌ها متفاوت است. رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک بالا پس از تمرینات شدید کوتاه مدت با فواصل کمتر از ۶ ساعت، موجب افزایش ذخایر گلیکوژن ماهیچه خواهد شد. بدین ترتیب به افزایش عملکرد ورزشی کمک خواهد کرد. رژیم غذایی با شاخص گلایسمیک پایین نیز پس از ورزش استقامتی با فواصل ورزشی ۲۴ ساعته، به علت فراهم‌سازی اسیدهای چرب بیشتر پلاسما، موجب بهبود توان استقامتی این ورزشکاران خواهد شد.

References

1. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, et al. Glycaemic index methodology. Nutr Res Rev 2005; 18(1): 145-71.
2. Wolever TM, Jenkins DJ, Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. Am J Clin Nutr 1991; 54(5): 846-54.
3. O'Reilly J, Wong SH, Chen Y. Glycaemic index, glycaemic load and exercise performance. Sports Med 2010; 40(1): 27-39.
4. Coyle EF. Timing and method of increased carbohydrate intake to cope with heavy training, competition and recovery. J Sports Sci 1991; 9 Spec No: 29-51.
5. Stevenson E, Williams C, Nute M. The influence of the glycaemic index of breakfast and lunch on substrate utilisation during the postprandial periods and subsequent exercise. Br J Nutr 2005; 93(6): 885-93.
6. Wee SL, Williams C, Tsintzas K, Boobis L. Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. J Appl Physiol 2005; 99(2): 707-14.
7. Stevenson E, Williams C, Nute M, Swaile P, Tsui M. The effect of the glycemic index of an evening meal on the metabolic responses to a standard high glycemic index breakfast and subsequent exercise in men. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2005; 15(3): 308-22.
8. Backhouse SH, Williams C, Stevenson E, Nute M. Effects of the glycemic index of breakfast on metabolic responses to brisk walking in females. Eur J Clin Nutr 2007; 61(5): 590-6.
9. Chen YJ, Wong SH, Chan CO, Wong CK, Lam CW, Siu PM. Effects of glycemic index meal and CHO-electrolyte drink on cytokine response and run performance in endurance athletes. J Sci Med Sport 2009; 12(6): 697-703.
10. Walton P, Rhodes EC. Glycaemic index and optimal performance. Sports Med 1997; 23(3): 164-72.
11. Burke LM, Kiens B, Ivy JL. Carbohydrates and fat for training and recovery. J Sports Sci 2004; 22(1): 15-30.
12. Bussau VA, Fairchild TJ, Rao A, Steele P, Fournier PA. Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. Eur J Appl Physiol 2002; 87(3): 290-5.
13. Wu CL, Nicholas C, Williams C, Took A, Hardy L. The influence of high-carbohydrate meals with different glycaemic indices on substrate utilisation during subsequent exercise. Br J Nutr 2003; 90(6): 1049-56.
14. Burke LM. Nutrition for post-exercise recovery. Aust J Sci Med Sport 1997; 29(1): 3-10.
15. Wu CL, Williams C. A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2006; 16(5): 510-27.
16. Wong SH, Siu PM, LA, ET AL. The effects of the glycemic index of preexercise carbohydrate meal on running peformance. EurJ Sport Sci 2008; 8(1): 23-33.
17. Febbraio MA, Keenan J, Angus DJ, Campbell SE, Garnham AP. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. J Appl Physiol 2000; 89(5): 1845-51.
18. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, et al. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. J Athl Train 2000; 35(2): 212-24.
19. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc 2007; 39(2): 377-90.

20. Cramp T, Broad E, Martin D, Meyer BJ. Effects of preexercise carbohydrate ingestion on mountain bike performance. Med Sci Sports Exerc 2004; 36(9): 1602-9.
21. Wong SH, Chan OW, Chen YJ, Hu HL, Lam CW, Chung PK. Effect of preexercise glycemic-index meal on running when CHO-electrolyte solution is consumed during exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2009; 19(3): 222-42.
22. Earnest CP, Lancaster SL, Rasmussen CJ, Kerksick CM, Lucia A, Greenwood MC, et al. Low vs. high glycemic index carbohydrate gel ingestion during simulated 64-km cycling time trial performance. J Strength Cond Res 2004; 18(3): 466-72.
23. Burke LM, Collier GR, Hargreaves M. Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. J Appl Physiol 1993; 75(2): 1019-23.
24. Kien B, Raben AB, Valeur AK, Richter EA. Benefits of dietary simple carbohydrate on the early post exercise musle glycogen repletion. Med Scie Sport 1990; 22: S88-S96.
25. Stevenson E, Williams C, Nute M. The influence of the glycaemic index of breakfast and lunch on substrate utilisation during the postprandial periods and subsequent exercise. Br J Nutr 2005; 93(6): 885-93.
26. Stevenson EJ, Thelwall PE, Thomas K, Smith F, Brand-Miller J, Trenell MI. Dietary glycemic index influences lipid oxidation but not muscle or liver glycogen oxidation during exercise. American Physiological Society 2009; 296(5): E1140-E1147.
27. Erith S, Williams C, Stevenson E, Chamberlain S, Crews P, Rushbury I. The effect of high carbohydrate meals with different glycemic indices on recovery of performance during prolonged intermittent high-intensity shuttle running. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2006; 16(4): 393-404.
28. Brouns F, Rehrer NJ, Saris WH, Beckers E, Menheere P, ten HF. Effect of carbohydrate intake during warming-up on the regulation of blood glucose during exercise. Int J Sports Med 1989; 10 (Suppl 1): S68-S75.
29. Below PR, Mora-Rodriguez R, Gonzalez-Alonso J, Coyle EF. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. Med Sci Sports Exerc 1995; 27(2): 200-10.
30. Donaldson CM, Perry TL, Rose MC. Glycemic index and endurance performance. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2010; 20(2): 154-65.

The Effects of Dietary Glycemic Index on Exercise Performance: Review of Current Evidence

Nafiseh Shokri Mashhadi[1], Ahmad Esmaillzadeh[2]

Abstract

Quantity and quality of dietary carbohydrate intake is of great importance in enhancing exercise performance. Therefore several studies have investigated the role of glycemic index (GI) in exercise performance. This study aimed to review the current evidence on carbohydrate consumption with different glycemic index on exercise performance**.** We searched PubMed for related publications using "exercise" and "glycemic index" as keywords. This search had considered Papers that had been published between 1990 and2010 and human subjects. Consumption of low-glycemic index carbohydrates before the exercise result in enhancing the exercise performance was controversy. The quantity of carbohydrate rather than its quality is much more important in exercise performance in elite athletes. Consumption of high glycemic index foods after the games has been consistently reported as a factor in enhancing the exercise performance. Due to the consistent findings on the effect of high glycemic index foods during and after exercise on performance, it seems that future investigations should focus on meals before the exercise.

Key words: Glycemic Index, Exercise, Sports, Athletes, Carbohydrate

1- MSc, Food Security Research Center, Department of Community Nutrition, School of Nutrition and Food Science, Isfahan University of medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Food Security Research Center, Department of Community Nutrition, School of Nutrition and Food Science, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran (Corresponding Author) Email: esmaillzadeh@hlth.mui.ac.ir