

## نمایه‌ی گلیسمی و بار گلیسمی رژیم غذایی و اضافه وزن و چاقی در کودکان: مروری بر مطالعات گذشته

سید محمد حسین روحانی<sup>۱</sup>، دکتر مهین هاشمی‌پور<sup>۲</sup>، دکتر رویا کلینادی<sup>۲</sup>، دکتر احمد اسماعیل زاده<sup>۳</sup>،  
دکتر لیلا آزادبخت<sup>۳</sup>

### چکیده

**مقدمه:** تحقیقات متعددی در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی نمایه‌ی گلیسمی و بار گلیسمی با چاقی در کودکان اجرا شده است. اما مطالعه‌ی مروری در این زمینه محدود است. هدف از این مطالعه، مروری بر یافته‌های مطالعات انجام شده در این باره بود.

**روش‌ها:** ابتدا از پایگاه‌های PubMed و ISI مقالاتی که در متن خود دارای یکی از کلمات Glycemic index، Glycemic load، Glycaemic index و Glycaemic load به همراه یکی از کلمات Adolescent و Young، Youth، Children، Child بودند، جستجو شدند که مجموع آن‌ها به ۱۰۰۱ مقاله رسید. سپس مقالاتی که در آن‌ها یکی از عوامل مرتبط با چاقی به عنوان متغیر وابسته و نمایه‌ی گلیسمی، بار گلیسمی و یا هر دو به عنوان متغیر مستقل اصلی مورد ارزیابی قرار گرفته بودند، جدا گردید. مطالعاتی که به زبانی غیر از انگلیسی نگاشته شده بودند، نیز حذف شدند. در نهایت، ۲۰ مقاله شرایط مذکور را دارا بودند که مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** نتایج مطالعات مقطعی همسو نبود، ولی مطالعات قوی‌تر رابطه‌ی مستقیمی میان نمایه‌ی گلیسمی و بار گلیسمی با چاقی کودکان گزارش کرده‌اند. نتایج مطالعات هم‌گروهی بیانگر رابطه‌ی مستقیم، خنثی و معکوس بین این دو عامل غذایی با چاقی در کودکان است. بیشتر مداخلات انجام شده، تأثیری منفی از نمایه‌ی گلیسمی و خنثی از بار گلیسمی بر چاقی کودکان گزارش کرده‌اند.

**نتیجه‌گیری:** شواهد موجود رابطه‌ی قطعی بین نمایه‌ی گلیسمی و بار گلیسمی با چاقی کودکان گزارش نکرده‌اند. انجام مطالعات بیشتر و دقیق‌تر ضروری به نظر می‌رسد.

**واژگان کلیدی:** نمایه‌ی گلیسمی، بار گلیسمی، چاقی، کودکان.

### مقدمه

میان نمایه‌ی توده‌ی بدنی و فشار خون در نوجوانان ایرانی گزارش شده است (۳). در طی سه دهه‌ی اخیر شیوع چاقی در کودکان و نوجوانان آمریکایی دو برابر شده است (۴) و مطالعات انجام شده در ایران هم نشان می‌دهند که شیوع اضافه وزن و چاقی در بین کودکان ایرانی به ترتیب ۱۰/۱ درصد و ۴/۷۹ درصد است (۵). ژنتیک و عوامل محیطی از شاخص‌های مؤثر در بروز چاقی در کودکان هستند (۶). از میان عوامل محیطی

چاقی را افزایش چربی بدن به میزانی بیش از حد ایده‌آل تعریف کرده‌اند (۱). شیوع چاقی در جهان به شدت در حال افزایش است (۲). در این میان چاقی کودکان از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعات قبلی نشان داده است که چاقی در دوران کودکی با عوارضی در همین دوران و افزایش خطر مرگ و میر در بزرگسالی همراه است (۲). همچنین رابطه‌ی مستقیم

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، گروه تغذیه‌ی جامعه، دانشکده‌ی تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران  
<sup>۲</sup> استاد، گروه کودکان، مرکز تحقیقات ارتقای سلامت کودکان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، مرکز تحقیقات امنیت غذایی و گروه تغذیه‌ی جامعه، دانشکده‌ی تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

می‌رسد دارای GI پایین باشد، رژیم غذایی DASH (Dietary approaches to stop hypertension) می‌باشد (۲۰).

مطالعات انجام شده در بزرگسالان نشان داده است که پیروی از این رژیم غذایی با کاهش وزن (۲۱-۲۲) و دور کمر همراه است (۲۱). در کودکان نیز مطالعاتی در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی GI و GL با سرطان (۲۳)، عملکرد ورزشی (۲۴)، شاخص‌های دیابتی (۲۵-۲۹) و عملکرد شناختی (۳۰-۳۲) انجام شده است. در زمینه‌ی رابطه‌ی این دو شاخص با چاقی در کودکان نیز مطالعات متعدد مشاهده‌ای و مداخله‌ای انجام شده است. با توجه به نبود مطالعه‌ی مروری در راستای بررسی این تحقیقات، مطالعه‌ی مروری حاضر به ارزیابی یافته‌های به دست آمده در زمینه‌ی ارتباط نمایه‌ی گلیسمی و بار گلیسمی رژیم غذایی با چاقی در کودکان و نقاط ضعف و قوت آن‌ها پرداخت.

### روش‌ها

برای دستیابی به مقالات مربوط از دو پایگاه داده‌های PubMed و ISI استفاده گردید. در ابتدا مقالاتی که در متن خود دارای یکی از کلمات Glycemic load, index, Glycaemic index و Glycaemic load به همراه یکی از کلمات Child, Youth, Young و Adolescent بودند، در دو پایگاه ذکر شده جستجو شدند که مجموع آن‌ها به ۱۰۰۱ مقاله رسید. سپس از میان آن‌ها مقالاتی که در آن‌ها چاقی در کودکان و یا یکی از عوامل مرتبط با چاقی به عنوان متغیر وابسته و نمایه‌ی گلیسمی و بار گلیسمی و یا هر دو به عنوان متغیر مستقل اصلی مورد ارزیابی قرار گرفته بودند جدا گردید. مطالعاتی که به زبانی غیر از انگلیسی نگاشته شده بودند، نیز حذف

می‌توان به عوامل تغذیه‌ای اشاره کرد (۶). عده‌ای از محققین بر این باور هستند که با تغییر ترکیب درشت مغذی‌های رژیم غذایی می‌توان به کاهش وزن مورد نظر دست یافت (۷-۹). مطالعاتی در زمینه‌ی بررسی میزان مناسب چربی رژیم غذایی برای ایجاد کاهش وزن انجام شده است (۱۰). به نظر می‌رسد که کربوهیدرات‌ها با توجه به نقش عمده‌ای که در تأمین انرژی دارند، در رژیم‌های کاهش وزن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. مطالعات گذشته نشان داده است که کربوهیدرات‌ها هم از نظر کمیت و هم از نظر کیفیت می‌توانند در کنترل وزن نقش داشته باشند (۱۱). برای بیان کیفیت کربوهیدرات‌ها اولین بار Jenkins واژه‌ی نمایه‌ی گلیسمی (Glycemic index یا GI) را مطرح کرد (۱۲). به توانایی هر غذا در افزایش قند خون ۲ ساعته بعد از خوردن آن غذا، نمایه‌ی گلیسمی آن غذا گفته می‌شود (۱۲). برای محاسبه‌ی GI، مساحت زیر منحنی تغییرات قند خون ۲ ساعته مربوط به هر غذا بر مساحت زیر منحنی برای همان مقدار کربوهیدرات از ماده‌ی غذایی مرجع (گلوکز یا نان سفید) تقسیم کرده، آن را در عدد ۱۰۰ ضرب می‌کنند (۱۲).

سال‌ها بعد از مطرح شدن مفهوم GI محققین برای بیان کمیت و کیفیت کربوهیدرات در کنار هم شاخص بار گلیسمی (Glycemic load یا GL) را مطرح کردند (۱۳). برای محاسبه‌ی GL، مقدار GI غذا را در مقدار گرم کربوهیدرات آن غذا ضرب می‌کنند (۱۳). مطالعات متعددی در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی این دو شاخص با چاقی در بزرگسالان انجام شده است که رابطه‌ی مستقیم، خنثی یا معکوسی را گزارش کرده‌اند و نتایج آن‌ها همسو نبودند (۱۹-۱۴). یکی از رژیم‌های مورد مداخله در بزرگسالان که به دلیل داشتن محتوای بالای میوه، سبزی و غلات کامل به نظر

جدول ۱. مطالعات بررسی شده در مقاله‌ی حاضر

دفرنس	طراحی مطالعه	توضیح مطالعه	یافته‌ی اصلی
Davis و همکاران (۳۴)	مقطعی	۱۴۰ فرد ۱۰ تا ۱۷ ساله مبتلا به	عدم ارتباط GI و GL با چربی بدن
Nielsen و همکاران (۲)	مقطعی	۴۸۵ کودک ۱۰ ساله و ۳۶۴ کودک ۱۶ ساله	ارتباط مستقیم GI و GL با مجموع چهار چین پوستی فقط در پسران ۱۶ ساله
Barba و همکاران (۶)	مقطعی	۳۷۳۴ کودک ۶ تا ۱۱ ساله	ارتباط مستقیم GI با دور کمر و BMI Z-score
Spieth و همکاران (۳۵)	هم گروهی گذشته‌نگر	۱۰۷ کودک ۱۰ تا ۱۱ ساله	ارتباط معکوس بین پیروی از رژیم LGI با وزن و BMI
Buyken و همکاران (۳۷)	هم گروهی آینده‌نگر	۳۸۱ نفر که از ۲ تا ۷ سالگی پی‌گیری شدند	رابطه‌ی مستقیم GI صبحانه با زمان خوردن وعده‌ی بعدی و ارتباط معکوس آن با انرژی دریافتی در ادامه‌ی روز
Buyken و همکاران (۳۸)	هم گروهی آینده‌نگر	۳۸۰ نفر که از ۲ تا ۷ سالگی پی‌گیری شدند	عدم ارتباط بین GI و GL با درصد چربی بدن و BMI Z-score
Boye و همکاران (۳۹)	هم گروهی آینده‌نگر	۲۱۵ نفر که از ابتدای بلوغ تا ۴ سال بعد پی‌گیری شدند	ارتباط مستقیم GI با درصد چربی و BMI Z-score در افراد چاق
Siegel و همکاران (۴۱)	۱۲ هفته مداخله به وسیله‌ی آموزش مفهوم GI (موازی تصادفی نشده)	۶۹ نفر با میانگین سنی $۳/۳ \pm ۱۱/۳$	کاهش معنی‌دار BMI Z-score
Young و همکاران (۴۲)	۱۲ هفته مداخله به وسیله‌ی آموزش مفهوم GI (قبل و بعد)	کودکان چاق ۵ تا ۱۲ ساله	کاهش معنی‌دار BMI Z-score در انتهای مطالعه نسبت به ابتدای مطالعه
Rovner و همکاران (۴۳)	مداخله با تجویز رژیم غذایی (مقاطع)	۲۳ کودک دیابتی ۷ تا ۱۷ ساله	عدم وجود تفاوت معنی‌داری در انرژی دریافتی در گروه رژیم LGI
Fajcsak و همکاران (۴۴)	۶ هفته مداخله با تجویز رژیم غذایی (قبل و بعد)	۸ کودک چاق یا دارای اضافه وزن با میانگین سنی ۱۱ سال	کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به دور باسن و سطح گرسنگی افراد در گروه رژیم LGI
Iannuzzi و همکاران (۴۵)	۶ ماه مداخله با تجویز رژیم غذایی (موازی)	۲۶ کودک چاق ۷ تا ۱۳ ساله	کاهش بیشتر BMI در گروه رژیم LGI
Ebbeling و همکاران (۴۶)	۱۲ ماه مداخله با تجویز رژیم غذایی (موازی)	۱۶ نوجوان ۱۳ تا ۲۱ ساله مبتلا به چاقی	کاهش BMI و توده‌ی چربی در گروه رژیم LGL
Papadaki و همکاران (۴۷)	۶ ماه مداخله با تجویز رژیم غذایی (موازی)	۸۲۷ کودک ۵ تا ۱۸ ساله	کاهش درصد افراد چاق و دارای اضافه وزن در گروه رژیم غذایی HP و LGI
Ball و همکاران (۴۸)	مداخله در GI صبحانه و ناهار (مقاطع)	۱۶ کودک چاق ۱۲ تا ۱۶ ساله	انرژی دریافتی بعد از صرف وعده‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت
Warren و همکاران (۴۹)	مداخله در GI وعده‌ی صبحانه (مقاطع)	۳۷ دانش‌آموز ۹ تا ۱۲ ساله	کاهش میزان دریافت ناهار و گرسنگی در وعده‌ی LGI نسبت به وعده‌ی HGI
Henry و همکاران (۵۰)	۱۰ هفته مداخله در GI وعده‌ی صبحانه (مقاطع)	۲۳ کودک ۸ تا ۱۱ ساله به مدت	عدم وجود تغییر معنی‌دار در میزان انرژی دریافتی
Ludwig و همکاران (۵۱)	مداخله در GI صبحانه و ناهار (مقاطع)	۱۲ پسر چاق با میانگین سنی ۱۵/۷ سال	دریافت انرژی بالاتر بعد از مصرف وعده‌های HGI نسبت به LGI
LaCombe و گنجی (۵۲)	مداخله در GL صبحانه و ناهار (مقاطع)	۲۳ کودک ۴ تا ۶ ساله	عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میزان انرژی دریافتی
Mirza و همکاران (۵۳)	مداخله در GL صبحانه، ناهار و شام	۸۸ فرد ۷ تا ۱۵ ساله	عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میزان انرژی دریافتی

GI: نمایه‌ی گلیسمی، GL: بار گلیسمی، HGI: نمایه‌ی گلیسمی بالا، LGI: نمایه‌ی گلیسمی پایین، HGL: بار گلیسمی بالا، LGL: بار گلیسمی پایین، HP: پروتئین، BMI: نمایه‌ی توده‌ی بدنی

برای مطالعه‌ی مقطعی کم بود و اگر حجم نمونه‌ی بالاتری استفاده می‌شد، یافته‌های قابل اعتمادتری به دست می‌آمد. به علاوه بر اساس محدودیت‌های ذکر شده در مقاله، جمعیت مورد بررسی از نظر سابقه‌ی فامیلی ابتلا به دیابت و ابتلای خود افراد به چاقی بسیار همگن (Homogenous) بودند که این مورد باعث کاهش تفاوت‌های بین فردی شده است و کشف رابطه را مشکل می‌سازد. از نقاط قوت این مطالعه می‌توان به سنجش ترکیب بدن توسط روش DXA اشاره کرد؛ چرا که استفاده از BMI به عنوان شاخصی از ترکیب بدن ممکن است با خطا همراه باشد؛ چرا که عواملی غیر از میزان چربی بدن می‌توانند بر روی BMI مؤثر باشند (۳۴). اما در مطالعه‌ی دیگر که توسط Nielsen و همکاران انجام شد، از مجموع چهار چین پوستی به عنوان متغیر وابسته استفاده گردید (۲). این مطالعه بر روی ۴۸۵ کودک ۱۰ ساله و ۳۶۴ کودک ۱۶ ساله انجام شده است. یافته‌های گزارش شده، رابطه‌ی بین GI و GL با مجموع چهار چین پوستی در بین دختران و پسران ۱۰ ساله و دختران ۱۶ ساله نشان نداد؛ ولی مشاهده گردید که GI و GL در پسران ۱۶ ساله با مجموع چهار چین پوستی ارتباط مستقیم دارند (به ترتیب  $P < 0/006$  و  $P < 0/009$ ). محقق دلیل عدم مشاهده‌ی رابطه در دختران ۱۶ ساله را شیوع بالای کم گزارش دهی (Under-reporting) در بین این افراد می‌داند. نکته‌ی قابل توجه در این مطالعه روش ارزیابی رژیم غذایی افراد می‌باشد که در آن از ۱ یادامد ۲۴ ساعته و ۱ ثبت غذایی کیفی استفاده شده است. به نظر نمی‌رسد که با این روش بتوان به دریافت معمول افراد پی برد و بهتر است در صورت استفاده از یادامد یا ثبت غذایی، تعداد روزها را

شدند. در نهایت ۲۰ مقاله شرایط ذکر شده را دارا بودند که در این مطالعه‌ی مروری مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

### مطالعات مشاهده‌ای

از مطالعات مشاهده‌ای که در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی GI و GL با چاقی انجام شده‌اند، می‌توان به مطالعات مقطعی و مطالعات هم‌گروهی اشاره کرد.

### مطالعات مقطعی

مطالعات مقطعی به دلیل بررسی همزمان مواجهه و پیامد قادر به بیان رابطه‌ی علت و معلولی نیستند، ولی چون انجام آن‌ها آسان بوده و کم هزینه هستند، در برخی از موارد استفاده می‌شوند (۳۳). طبق جستجوهای انجام شده ۳ مطالعه‌ی مقطعی در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی GI و GL با چاقی در کودکان به چاپ رسیده است.

در سال ۲۰۰۷ مطالعه‌ای بر روی ۱۴۰ فرد ۱۰ تا ۱۷ ساله انجام شد که یافته‌های آن نشان داد، رابطه‌ی معنی‌داری بین GI و GL با چربی بدن وجود ندارد (۳۴). افراد مطالعه شده در این بررسی دارای نمایه‌ی توده بدنی (Body mass index یا BMI) بالای صدک ۸۵ برای سن و جنس خود بودند. برای بررسی رژیم غذایی افراد از ۲ یادامد ۲۴ ساعته استفاده شده بود. محقق در توجیه یافته‌های خود بیان کرد که GI در جمعیت مورد بررسی به اندازه‌ی کافی بالا نبود یا تغییرات بین فردی کمی وجود داشت و این امر موجب گردید که رابطه‌ی معنی‌داری در مطالعه مشاهده نشود. اما باید دقت داشت که در مطالعه‌ی مذکور برای ارزیابی رژیم غذایی افراد فقط از ۲ یادامد ۲۴ ساعته استفاده شد که نمی‌تواند دریافت معمول فرد را به دست آورد. از طرفی تعداد افراد مورد بررسی

افزایش داد. روش ارزیابی رژیم غذایی در مطالعه‌ی Barba و همکاران (۶) از دو مطالعه‌ی قبلی قوی‌تر بود؛ چرا که در این مطالعه که بر روی ۳۷۳۴ کودک ۶ تا ۱۱ ساله انجام شد، افراد تحت مطالعه یک پرسش‌نامه‌ی بسامد خوراک پر کردند که می‌تواند بهتر از دو روش قبلی دریافت معمول افراد را منعکس کند. همچنین در مطالعه‌ی اعتبار سنجی انجام شده برای این پرسش‌نامه تمام ضرایب همبستگی برای درشت مغذی‌ها بیشتر از ۰/۵ بوده است ( $P < ۰/۰۱$ ). نتایج این مطالعه نشان داد که GI با دور کمر و BMI Z-score ارتباط مستقیم دارد (برای هر دو  $P < ۰/۰۰۱$ ). همچنین افزایش چارک‌های GI، با افزایش معنی‌دار BMI، دور کمر و انرژی دریافتی همراه بود ( $P < ۰/۰۰۱$ ).

همان‌گونه که پیش از این اشاره شد، مطالعات مقطعی به دلیل ضعف‌های عمده‌ای که دارند، قابل اعتماد نیستند و برای بررسی بهتر موضوع باید به مطالعات هم‌گروهی رجوع کنیم.

#### مطالعات هم‌گروهی

مطالعات هم‌گروهی به دلیل بررسی مواجهه قبل از بروز پیامد از اعتبار بیشتری نسبت به مطالعات مقطعی برخوردار هستند و در تعیین این که کدام متغیر مواجهه است و کدام پیامد، به مشکل بر نمی‌خورند (۳۳). مطالعات هم‌گروهی که جمعیت مورد بررسی آن‌ها کودکان باشند محدود هستند. در ابتدا به بررسی مطالعه‌ی هم‌گروهی گذشته‌نگری که بر روی کودکان ۱۰ تا ۱۱ ساله انجام شد، می‌پردازیم (۳۵).

در سال ۱۹۹۸ مداخله‌ای انجام شد که در آن ۶۴ نفر رژیم با نمایه‌ی گلیسمی پایین (LGI یا Low GI) و ۴۳ نفر رژیم کم چرب دریافت کرده بودند. در این مطالعه اطلاعات حاصل از مداخله‌ی مذکور مورد

ارزیابی قرار گرفته است. رژیم کم چرب در این مداخله شامل ۶۰-۵۵ درصد کربوهیدرات، ۲۰-۱۵ درصد پروتئین و ۳۰-۲۵ درصد چربی بود که ۲۵۰ تا ۵۰۰ کیلوکالری محدودیت انرژی نسبت به انرژی معمول دریافتی افراد برای آن در نظر گرفته شده بود. در مقابل، رژیم غذایی LGI دارای ۵۰-۴۵ درصد کربوهیدرات، ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۳۵-۳۰ درصد چربی بود و محدودیت کالری در آن وجود نداشت. جمعیت مورد مطالعه ۱۰۷ کودک چاق و سالم بودند و مدت پی‌گیری آن‌ها به طور میانگین برای هر گروه ۴/۲۵ ماه بود. یافته‌ها نشان دادند که در گروه رژیم LGI، وزن و BMI نسبت به گروه رژیم غذایی کم چرب بیشتر کاهش پیدا کرده بود (برای هر دو  $P < ۰/۰۰۱$ ). بعد از تعدیل اثر سن، جنس، قومیت، BMI و وزن اولیه و طول مدت پی‌گیری این کاهش همچنان معنی‌دار باقی ماند ( $P < ۰/۰۱$ ). از طرفی، افراد بیشتری در گروه رژیم LGI نسبت به گروه رژیم غذایی کم چرب توانسته بودند BMI خود را کاهش دهند ( $P < ۰/۰۳$ ). در تفسیر داده‌های به دست آمده از این مطالعه باید به چندین نکته توجه داشت. ترکیب رژیم غذایی تجویز شده در دو گروه با هم متفاوت بود و ممکن است تغییرات مشاهده شده به علت ترکیب متفاوت درشت مغذی‌ها باشد نه تفاوت در GI، به خصوص که میزان کربوهیدرات در رژیم LGI پایین‌تر بود و برخی از مطالعات انجام شده در بزرگسالان از مؤثر بودن رژیم کم کربوهیدرات در کاهش وزن سخن به میان آورده‌اند (۳۶). از طرفی تقسیم افراد در مطالعه‌ی اصلی به گروه‌های مورد نظر، تصادفی نبود که این امر منجر به افزایش اثر مخدوش‌گرها و سوگرایی انتخاب (Selection bias)

روزانه پرداخت (۳۷). برای انجام این تحقیق اطلاعات مربوط به ۳۸۱ نفر که در سنین ۲، ۴ تا ۵ و ۷ سالگی از آن‌ها ثبت غذایی گرفته شده بود مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های این بررسی نشان داد که در سنین ۴ تا ۵ سالگی و ۷ سالگی رابطه‌ی مستقیمی بین GI صبحانه با زمان خوردن وعده‌ی بعدی (به ترتیب  $P < 0/01$  و  $P < 0/03$ ) و همچنین ارتباط معکوسی بین GI صبحانه با انرژی دریافتی در ادامه‌ی روز وجود دارد (به ترتیب  $P < 0/03$  و  $P < 0/0497$ ). در توجیه یافته‌های مذکور باید گفت که اختلاف بین سهک‌های GI در جمعیت مورد بررسی کافی نبوده است تا بتوان گرسنگی ناشی از GI بسیار بالا را مورد بررسی قرار داد. از طرفی شاید ۳ ثبت غذایی برای رسیدن به دریافت معمول و طبقه بندی افراد چندان کافی و مناسب نباشد.

مقاله‌ی دوم به بررسی رابطه‌ی GI و GL با درصد چربی بدن پرداخته بود (۳۸). در آنالیزهای انجام شده برای این مقاله، اطلاعات مربوط به سنین ۲ تا ۷ سالگی ۳۸۰ نفر که شامل ۴ تا ۶ ثبت غذایی ۳ روزه بود با مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری چین پوستی به عنوان شاخصی از چربی بدن مقایسه شد. یافته‌های گزارش شده رابطه‌ای را بین GI و GL با درصد چربی بدن و BMI Z-score نشان نداد. در توجیه یافته‌های اخیر باید گفت که برخی از محققین معتقد هستند که چین پوستی میزان چربی بدن را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند (Underestimation). هر چند که مطالعات انجام شده در جمعیت مورد نظر نشان می‌دهند که بین چین پوستی و توده‌ی بدون چربی (Fat free mass) ارتباط قوی وجود دارد (۳۹).

در آخرین مقاله‌ی چاپ شده از این مطالعه رابطه‌ی GI و GL با درصد چربی بدن از ابتدای بلوغ تا ۴ سال

می‌شود. از دیگر نقاط ضعف مطالعه می‌توان به دوره‌ی پی‌گیری کوتاه و عدم ارزیابی میزان تبعیت افراد از رژیم غذایی تجویز شده اشاره کرد. اما در دهه‌ی اخیر مطالعه‌ی هم‌گروهی بزرگی (DONALD) در آلمان در حال اجرا است که در آن افراد از زمان نوزادی تا بزرگسالی پی‌گیری می‌شوند. برای ارزیابی رژیم غذایی افراد ثبت‌های غذایی ۳ روزه در دوره‌های مختلف زمانی استفاده شده است. مقادیر آنترپومتریک نیز در چندین مرحله در طول پی‌گیری ارزیابی شده‌اند. برای آنالیز داده‌های تغذیه‌ای در این مطالعه از جدول ترکیبات بومی استفاده شده است و آنالیز غذاهای صنعتی نیز با کمک برچسب محتویات آن‌ها صورت گرفته است. برای دستیابی به مقدار GI غذاهای ترکیبی که ۳۴ درصد کل غذاهای دارای کربوهیدرات را در جمعیت مورد مطالعه تشکیل می‌دهند، از مجموع GI ترکیبات آن‌ها استفاده شده است. با توجه به تأثیر ترکیب مواد غذایی بر GI و خطای موجود در این شیوه‌ی اندازه‌گیری، یکی از محدودیت‌های مطالعه‌ی مذکور استفاده از این روش برای تعیین GI غذاها می‌باشد. محدودیت دیگر این مطالعه، عدم ارزیابی فعالیت فیزیکی افراد است که موجب شده است مقالات چاپ شده از این مطالعه نتوانند اثر فعالیت فیزیکی را در مدل‌های آنالیزی خود تعدیل کنند. به علاوه جمعیت مورد مطالعه از نظر وضعیت اقتصادی - اجتماعی در طبقه‌ی پایین و متوسط جامعه‌ی آلمان قرار دارند و همین امر در قابلیت تعمیم یافته‌های حاصل از این مطالعه به تمام افراد ابهام ایجاد می‌کند.

مقاله‌ی اول که توسط Buyken و همکاران به چاپ رسید به بررسی رابطه‌ی GI صبحانه با انرژی دریافتی

بعد از آن بررسی شد (۴۰). یافته‌های حاصل از آنالیز داده‌های ۲۱۵ نفر از کسانی که به تازگی وارد دوره‌ی بلوغ شده بودند، نشان داد که GI و GL با درصد چربی و BMI Z-score در طول دوران بلوغ رابطه‌ی نداشت. اما وقتی افراد بر اساس وزن به دو گروه سالم و دارای اضافه وزن طبقه بندی شدند، رابطه‌ی مستقیم بین GI با درصد چربی و BMI Z-score مشاهده شد (به ترتیب  $P < 0/05$  و  $P < 0/01$ ).

به نظر می‌رسد هنوز مطالعه‌ی جامع و کاملی در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی GI و GL و چاقی در کودکان به شکل هم‌گروهی انجام نشده است و به یافته‌های حاصل از یک مطالعه‌ی هم‌گروهی آینده‌نگر که جمعیت بالایی نیز ندارد، نمی‌توان اعتماد کرد. از این رو بهتر است بررسی رابطه‌ی مذکور را به شکل قوی‌تری در مطالعات مداخله‌ای دنبال کنیم.

#### مطالعات مداخله‌ای

مداخلات انجام شده در زمینه‌ی تأثیر GI و GL بر چاقی در کودکان را می‌توان در سه گروه دسته‌بندی کرد: مداخله به وسیله‌ی آموزش مفهوم GI، مداخله با تجویز رژیم غذایی و مداخله در یک یا چند وعده‌ی غذایی خاص. در ادامه به بررسی مطالعات انجام شده در هر کدام از این گروه‌ها می‌پردازیم.

#### مداخله به وسیله‌ی آموزش مفهوم GI

در یک مطالعه تأثیر آموزش رژیم LGI بر BMI با رژیم معمول تجویز شده مورد مقایسه قرار گرفت (۴۱). بدین منظور ۶۹ نفر با میانگین سنی  $11/3 \pm 3/3$  سال به صورت غیر تصادفی در دو گروه قرار گرفتند. در این مداخله ۱۲ هفته‌ای به افراد گروه رژیم LGI آموزش داده شد که چه غذاهایی نمایه‌ی گلیسمی بالا (High GI یا HGI) دارند و توصیه شد مصرف آن‌ها

محدود شود. به علاوه به آن‌ها توصیه شد که مصرف غلات کامل را افزایش دهند. در پایان مطالعه دیده شد که BMI Z-score در گروه رژیم LGI نسبت به گروه دیگر کاهش معنی‌داری داشت ( $P < 0/001$ ). اما با توجه به عدم ارزیابی رژیم غذایی افراد در این مطالعه، نمی‌توان به یافته‌های آن اعتماد کرد؛ چرا که مشخص نیست، آموزش داده شده چقدر در GI رژیم غذایی افراد تغییر ایجاد کرده است. از طرفی محقق نتوانسته است اثر مخدوش‌گرهای مرتبط با رژیم غذایی را کنترل کند و ممکن است کاهش دیده شده در BMI به دلیل عواملی غیر از GI باشد. از دیگر نقاط ضعف این مطالعه می‌توان به تصادفی نبودن تقسیم افراد در گروه‌ها اشاره کرد. مطالعه‌ی دیگری که توسط Young و همکاران انجام شد نیز یافته‌هایی مشابه مطالعه‌ی قبلی را گزارش کرد (۴۲). در این مداخله ۱۲ هفته‌ای که به صورت قبل و بعد (Before-after) اجرا شد، کتابچه و توصیه‌هایی در راستای کاهش GI رژیم کودکان ۵ تا ۱۲ ساله به مادران آن‌ها داده شد. آموزش افراد بر اساس هرم نمایه‌ی گلیسمی پایین بود که در آن غذاها بر مبنای GI طبقه بندی شده‌اند و برای مقدار مصرف از هر طبقه توصیه‌هایی شده است: غذاهای HGI یک بار در هفته، غذاهایی با GI متوسط ۲ تا ۳ بار در هفته و غذاهای LGI هر روز. کودکان تحت مطالعه همگی در بالای صدک ۹۵ نمودار BMI برای سن و جنس مربوط قرار داشتند. در هنگام شروع مطالعه مقادیر آنتروپومتریک افراد اندازه‌گیری شد و برای هر فرد یک پرسش‌نامه‌ی تکرر مصرف غذایی (Food frequency questionnaire یا FFQ) و یک یادامد ۲۴ ساعته تکمیل گردید. در هفته‌های ۳، ۶ و ۹ نیز ثبت‌های غذایی ۳ روزه گرفته شد. یافته‌های مطالعه

نشان داد که امتیاز نمایه‌ی گلیسمی (GI score) در انتهای مطالعه کاهش معنی‌داری داشته است ( $P < 0/01$ ). به علاوه BMI Z-score در انتهای مطالعه نسبت به ابتدای مطالعه به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P < 0/03$ ) هر چند که کاهش میانگین BMI معنی‌دار نبود ( $P = 0/7$ ). اما توجه به چند نکته درباره‌ی مطالعه‌ی مذکور می‌تواند مفید باشد. تعداد افراد در شروع مطالعه ۳۴ نفر بود که از این تعداد تنها ۱۵ نفر مطالعه را به پایان رساندند که این ریزش بالای افراد منجر به ضعف مطالعه شده است. از طرفی فعالیت فیزیکی افراد ارزیابی نشد و در نتیجه اثر مخدوش‌گری آن کنترل نشد. همچنین در زمینه‌ی کاربرد یادامد غذایی گرفته شده در ابتدای مطالعه، هیچ توضیحی در مقاله یافت نمی‌شود. وقتی که نکات مذکور را در کنار طراحی مطالعه به شکل قبل و بعد قرار می‌دهیم، متوجه می‌شویم که یافته‌های این مداخله از اعتبار بالایی برخوردار نیستند. با توجه به تعداد اندک مداخلات انجام شده به وسیله‌ی آموزش افراد در زمینه‌ی GI و به خصوص GL و ضعف‌های مطالعات موجود، اجرای یک مطالعه‌ی قوی، با طراحی مناسب که در آن اثر مخدوش‌گرها کنترل شوند می‌تواند بسیار مفید و ضروری باشد.

#### مداخله با تجویز رژیم غذایی

مطالعاتی که در این بخش بررسی خواهند شد شامل مداخلاتی هستند که در آن‌ها کل رژیم غذایی افراد در دوره‌ای کوتاه یا بلند مدت مد نظر محققین قرار گرفته است. طبق جستجوهای انجام شده پنج مطالعه در زمینه‌ی بررسی تأثیر GI، GL و چاقی در کودکان به این شکل اجرا شده است که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم. یافته‌های فرعی مطالعه‌ای که به منظور بررسی

تأثیرات رژیم غذایی LGI در برابر رژیم غذایی معمول افراد به شکل متقاطع در کودکان مبتلا به دیابت نوع ۱ انجام شد، تفاوت معنی‌داری در انرژی دریافتی افراد نشان نداد (۴۳).

در این مطالعه که ۲۳ کودک ۷ تا ۱۷ ساله در آن حضور داشتند، افراد در یک روز رژیم غذایی معمول خود و در روز دیگر رژیم غذایی LGI بر اساس لیست غذاهای داده شده را مصرف می‌کردند. در هر یک از روزهای ذکر شده از افراد یک ثبت غذایی گرفته می‌شد تا بتوان رژیم غذایی را در این دو روز با هم مقایسه کرد. در این مطالعه توصیه‌ای در زمینه‌ی میزان انرژی دریافتی یا ترکیب درشت مغذی‌ها نشد و تنها لیست غذاهای LGI و HGI به افراد داده شده بود. در مطالعه‌ای دیگر سعی شد بر اساس غذاهای LGI، رژیم غذایی با بار گلیسمی پایین (LGL) برای افراد تجویز شود (۴۴). در این مطالعه ۸ کودک مبتلا به چاقی یا اضافه وزن، با میانگین سنی ۱۱ سال در مطالعه شرکت داشتند و به مدت ۶ هفته و با طراحی قبل و بعد مورد مداخله قرار گرفتند. برای دستیابی به رژیم LGL، ۵۰ تا ۷۰ درصد کربوهیدرات دریافتی توسط غذاهای LGI تأمین شد. فعالیت فیزیکی افراد در طول مداخله به شکل دقیقی اندازه‌گیری شد و جلسات هفتگی منظمی برای افراد در نظر گرفته شد. در طول ۶ هفته مداخله، ۴ ثبت غذایی از هر فرد گرفته شد و به منظور افزایش تبعیت کودکان از رژیم توصیه شده، از والدین خواستند که کل غذای خانواده بر اساس توصیه‌های داده شده به کودک تهیه شود تا فرزند آن‌ها احساس بدی نسبت به رژیم غذایی پیدا نکند. به علاوه طرز تهیه‌ی چند غذای LGI به خانواده‌ها تحویل داده شد. از والدین خواستند که اگر

کاهش BMI مربوط به کاهش انرژی دریافتی است؛ هر چند که در گروه LGI این کاهش محسوس‌تر بود. نکته‌ی قابل تأمل درباره‌ی این مطالعه، بحث‌های اخلاقی اجرای چنین تحقیقی است. کاهش شدید انرژی دریافتی می‌تواند به رشد چنین افرادی که در سنین حساسی هستند آسیب برساند. نویسنده‌ی مقاله در توجیه این کاهش شدید انرژی بیان کرده است که میزان پروتئین دریافتی افراد در حد مطلوبی حفظ شد تا به رشد آن‌ها آسیبی وارد نشود. ولی باید توجه داشت که برای رشد، علاوه بر پروتئین به انرژی نیز نیاز است تا پروتئین در مسیر بافت سازی استفاده شود. به علاوه عوارض تجویز رژیم غذایی با نمایه گلیسمی ۹۰ در کودکان هنوز مشخص نیست و توصیه این رژیم برای مدت ۶ ماه می‌تواند غیر اخلاقی اطلاق شود. اما مطالعه‌ی طولانی مدت دیگری در آمریکا تأثیر رژیم غذایی LGL را با رژیم غذایی کم چرب بر چاقی نوجوانان مقایسه کرد (۴۶). در این مطالعه ۱۶ نوجوان ۱۳ تا ۲۱ ساله‌ی مبتلا به چاقی به مدت ۱۲ ماه مورد بررسی قرار گرفتند. رژیم غذایی LGL شامل مجموعه‌ای از غذاهای LGI بود که ۴۵-۵۰ درصد کربوهیدرات و ۵۵-۶۰ درصد چربی داشتند و فاقد محدودیت انرژی بود. رژیم غذایی کم چرب نیز مجموعه‌ای از غذاهای کم چرب با ترکیب ۵۵-۶۰ درصد کربوهیدرات و ۲۵-۳۰ درصد چربی را شامل شد و دارای ۲۵۰ تا ۵۰۰ کیلو کالری محدودیت انرژی بود. جلسات مشاوره‌ی دوره‌ای با الگوی مناسبی طراحی شد و جنبه‌های روان‌شناسی تبعیت از رژیم غذایی نیز مورد نظر واقع شده بود. به علاوه نظارت‌های خوبی بر عملکرد پرسنل اجرا کننده‌ی طرح وجود داشت تا بروز خطا با منشأ انسانی به

فرزند آن‌ها در مدرسه غذایی HGI مصرف کرد، برای وی نوشیدنی با ترکیب ۲۵۰ میلی‌لیتر آب به همراه ۲ قاشق مربا خوری آلبوموی تازه تهیه کنند تا کودک مصرف کند و GI غذا کاهش یابد. یافته‌های مطالعه حاکی از کاهش معنی‌داری در درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به دور باسن و سطح گرسنگی در افراد بود (برای همگی  $P < 0/05$ )، هر چند که تغییرات وزن معنی‌دار نبود. با وجود این که کنترل مخدوش‌گرها و بررسی تبعیت افراد در این مطالعه به شکل مطلوبی انجام شد ولی حجم نمونه‌ی بسیار کم و طراحی مداخله به شکل قبل و بعد، از اعتبار یافته‌ها کاست. اما مطالعه‌ای که یک سال بعد توسط Iannuzzi و همکاران به چاپ رسید، به شکل موازی طراحی شد و دارای حجم نمونه‌ی بزرگ‌تری بود (۴۵). در این مداخله که ۶ ماه به طول انجامید، ۲۶ کودک (۱۲ پسر و ۱۴ دختر) ۷ تا ۱۳ ساله که در بالای صدک ۹۵ نمودار BMI برای سن و جنس مربوط قرار داشتند، مورد مطالعه قرار گرفتند. در یک گروه رژیم غذایی LGI و در گروه دیگر رژیم غذایی HGI توصیه شده بود. میزان انرژی در هر دو رژیم غذایی، ۳۰ درصد کمتر از میزانی که برای حفظ وزن ایده آل لازم است، تعیین شده بود. ترکیب درشت مغذی هر دو رژیم مشابه بود: ۵۰-۶۰ درصد کربوهیدرات، ۱۵-۲۰ درصد پروتئین و ۲۵-۳۰ درصد چربی. نمایه‌ی گلیسمی رژیم غذایی HGI برابر ۹۰ و رژیم LGI برابر ۶۰ تنظیم شد. در هر ماه از هر فرد یک ثبت غذایی ۷ روزه گرفته شد. در پایان مطالعه، یافته‌ها حاکی از کاهش BMI در هر دو گروه بود (برای HGI:  $P < 0/032$  و برای LGI:  $P < 0/001$ ). این یافته‌ها نشان داد که حداقل بخش عمده‌ای از

افراد چاق و دارای اضافه وزن در گروه رژیم غذایی HP و LGI کمتر از بقیه بود ( $P < 0/031$ ). نکته‌ی قابل توجه در این مطالعه این است که در ابتدا محققین رژیم‌های غذایی را برای دستیابی به ۱۵ واحد اختلاف بین رژیم HGI و LGI طراحی کرده بودند، ولی در پایان مطالعه دیده شد که تنها به ۲/۳ واحد اختلاف دست یافته‌اند و این امر نشان دهنده‌ی تبعیت ضعیف افراد از رژیم‌های توصیه شده است. از طرفی دیگر تأثیر GI به تنهایی بر روی چاقی در این مطالعه مشخص نشد.

با توضیحات ارائه شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مداخلات انجام شده در زمینه‌ی بررسی تأثیر GI و GL بر چاقی کودکان با وجود طولانی بودن دارای نقاط ضعف عمده‌ای هستند که انجام یک مطالعه‌ی مناسب در این زمینه را ضروری می‌سازد.

#### مداخله در یک یا چند وعده‌ی غذایی خاص

مطالعات انجام شده، مداخله‌ی خود را به صورت تغییر GI و یا تغییر GL وعده غذایی انجام داده‌اند که به بررسی جداگانه هر گروه از این مطالعات می‌پردازیم.

#### مداخله در GI یک یا چند وعده‌ی غذایی

طراحی تمامی مطالعات چاپ شده از این گروه از نوع متقاطع (Cross-over) است و در نتیجه می‌توان گفت که کنترل یک سری از مخدوش‌گرها در تمامی این مطالعات به خوبی انجام شده است.

در سال ۲۰۰۳ مطالعه‌ای به چاپ رسید که در آن تأثیر سه نوع صبحانه و ناهار که GI متفاوتی داشتند بر میزان دریافت غذا و گرسنگی در زمان میان وعده عصر بررسی شده بود (۴۸). در این مطالعه ۱۶ نفر در سه دوره‌ی ۲۴ ساعته تحت مطالعه قرار گرفتند. سه نوع صبحانه و ناهار طراحی شده عبارت بودند از:

حداقل برسد. میزان توصیه به ورزش نیز در هر دو گروه مشابه بود و مقادیر آنتروپومتریک نیز در ابتدای مطالعه، ماه ۶ و ماه ۱۲ اندازه‌گیری شد. یافته‌ها در پایان ماه ۱۲ نشان داد که BMI و توده‌ی چربی در گروه رژیم LGL کمتر از گروه رژیم غذایی کم چرب بود (به ترتیب  $P < 0/02$  و  $P < 0/01$ ). با وجود تمام نقاط قوت ذکر شده برای این مطالعه، باید به چند نقطه‌ی ضعف نیز اشاره کرد که از آن جمله می‌توان عدم ارزیابی فعالیت فیزیکی افراد و حجم نمونه‌ی پایین را ذکر کرد. مطالعه‌ی آخری که در این قسمت بررسی می‌شود، مطالعه‌ای است که توسط Papadaki و همکاران بر روی ۸۲۷ کودک ۵ تا ۱۸ ساله به مدت ۶ ماه انجام شد (۴۷). در این مداخله ۵ گروه مختلف طراحی شد که در هر کدام یکی از این رژیم‌ها توصیه شده است: رژیم غذایی کم پروتئین (Low protein یا LP) و رژیم غذایی HGI و LP، رژیم غذایی پروتئین (High protein یا HP) و LGI، رژیم غذایی HP و HGI و گروه شاهد. در طول مداخله ۶ جلسه‌ی مشاوره برای افراد در نظر گرفته شد. در ابتدا، هفته‌ی ۴ و هفته‌ی ۲۶، ثبت‌های غذایی ۳ روزه از هر فرد گرفته شد و مقادیر آنتروپومتریک اندازه‌گیری گردید. بعد از ۶ ماه تنها ۴۶۵ نفر (۵۸/۱ درصد) مطالعه را به پایان رساندند که این امر به اعتبار داده‌ها لطمه می‌زند. مقایسه‌ی مقادیر اولیه با مقادیر هفته‌ی ۲۶ نشان داد که وزن، قد، دور باسن و توده‌ی بدون چربی در تمام افراد تحت مطالعه زیاد شد (به ترتیب  $P < 0/001$ ،  $P < 0/041$  و  $P < 0/001$ ) که می‌تواند به دلیل رشد طبیعی افراد تحت مطالعه باشد. اما افزایش درصد چربی بدن در گروه رژیم غذایی LP و HGI بیشتر از سایر گروه‌ها بود ( $P < 0/04$ ). از سویی دیگر درصد

با GI متفاوت به افراد داده شد و میزان دریافت ناهار، سیری و گرسنگی آن‌ها ارزیابی گردید (۴۹). وعده‌های مورد آزمایش در این تحقیق شامل LGI، LGI به علاوه‌ی ۱۰ درصد سوکروز و HGI بودند. در ابتدای مطالعه صبحانه‌ی معمولی هر فرد با استفاده از یادامد ۲۴ ساعته و تاریخچه‌ی غذایی به دست آمد و بر اساس آن صبحانه‌های مداخله با انرژی و محتوای تغذیه‌ای مشابه با صبحانه‌ی معمول هر فرد طراحی شد. سپس در سه روز متوالی و در هر روز یکی از انواع صبحانه به فرد داده شد و از وی خواستند که تا وعده‌ی ناهار از خوردن هر گونه غذا اجتناب کند. ناهار به صورت آزادانه مصرف می‌شد و میزان دریافت ناهار هر فرد ثبت گردید. در این مطالعه ۳۷ دانش‌آموز ۹ تا ۱۲ ساله شرکت داشتند. یافته‌های این مداخله حاکی از کمتر بودن میزان دریافت ناهار در دو وعده‌ی LGI و LGI به علاوه‌ی ۱۰ درصد سوکروز نسبت به وعده‌ی HGI بود (برای هر دو  $P < 0/001$ ). همچنین گرسنگی در زمان ناهار در زمان مصرف وعده‌ی HGI بیشتر از دو وعده‌ی دیگر بود (برای هر دو  $P < 0/05$ ). یکی از نقاط قوت این مطالعه، بی‌اطلاع بودن افراد تحت مطالعه از هدف مطالعه بود و در واقع مطالعه یک سوکور بود. اما مطالعات دیگری نیز هستند که تأثیر GI وعده‌ی صبحانه را بر میزان دریافت ناهار بررسی کرده باشند که از آن جمله می‌توان به تحقیقی اشاره کرد که در آن ۲۳ کودک ۸ تا ۱۱ ساله به مدت ۱۰ هفته و در هر هفته ۲ روز یکی از صبحانه‌های HGI و یا LGI را مصرف کردند (۵۰). میزان دریافت ناهار و انرژی در ادامه‌ی روز در این کودکان مورد بررسی قرار گرفت. صبحانه‌های فراهم شده از نظر فیبر و درشت مغذی‌ها با یکدیگر یکسان بودند. بعد از

LGI، LGI بر پایه‌ی غلات کامل و HGI. در ابتدا به افراد صبحانه و ناهار بر اساس گروه مربوط داده و از آن‌ها خواسته شد هر گاه به شدت گرسنه شدند میان وعده‌ی عصر را تقاضا کنند. به علاوه میزان سیری و گرسنگی آن‌ها در دوره‌هایی توسط پرسش‌نامه ارزیابی شد. یافته‌ها نشان داد در زمان مصرف وعده‌های غذایی HGI نسبت به LGI، افراد زودتر وعده‌ی بعدی را تقاضا می‌کنند ( $P < 0/01$ ). هرچند که این تفاوت در مقایسه‌ی وعده‌ی غذایی HGI در برابر LGI بر پایه‌ی غلات کامل دیده نشد ( $P < 0/06$ ). همچنین انرژی دریافتی بعد از صرف وعده‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت. پس به نظر می‌رسد تفاوت مشاهده شده در زمان تقاضای غذا بیشتر تحت تأثیر عوامل غیر فیزیولوژیک مانند تعداد پرسش‌نامه‌های گرسنگی تکمیل شده توسط افراد و ساعتی از روز که مطالعه در آن انجام شد، باشد. به علاوه تفاوت معنی‌داری میان میزان گرسنگی بعد از مصرف وعده‌های غذایی مختلف دیده نشد. به نظر می‌رسد که عدم مشاهده‌ی تفاوت در گرسنگی به دلیل غیر عینی (Subjective) بودن ماهیت این متغیر است. نکته‌ی دیگر این که در طراحی وعده‌های غذایی HGI محققین قصد داشتند به جای غذاهای LGI، غذاهای HGI با ترکیب درشت مغذی‌ها، ظاهر و طعم یکسان جایگزین کنند که در عمل موفق به این کار نشدند و در نتیجه وعده‌های غذایی مذکور علاوه بر میزان GI در سایر موارد نیز با هم متفاوت بودند. پس ممکن است سایر عوامل اثر GI بر گرسنگی و میزان انرژی دریافتی را مخدوش کرده باشند. اما مطالعه‌ی دیگری توسط Warren و همکاران انجام شد و طراحی آن شبیه مطالعه‌ی قبل بود. در این مطالعه سه نوع صبحانه

در کل به نظر می‌رسد تأثیر GI بر سیری و انرژی دریافتی زمانی معنی‌دار می‌شود که مطالعات بر روی افراد چاق انجام شده باشد. هرچند که مطالعات انجام شده در این زمینه دارای طراحی قوی بوده‌اند ولی تعداد افراد تحت مطالعه آن‌ها کم بود و از طرفی مطالعات محدودی بر روی کودکان چاق انجام شده است.

#### مداخله در GL یک یا چند وعده‌ی غذایی

طبق بررسی‌های انجام شده، دو مطالعه در این باره به چاپ رسیده‌اند که بر مرور آن‌ها می‌پردازیم.

اولین مطالعه، تحقیقی است که توسط LaCombe و گنجی بر روی ۲۳ کودک ۴ تا ۶ ساله انجام شد (۵۲). هدف از این مداخله، بررسی اثر دو صبحانه با GL متفاوت (HGL و LGL) بر میزان سیری، گرسنگی و دریافت ناهار بود. طراحی مطالعه به صورت متقاطع بود و هر صبحانه در دو روز غیر متوالی به افراد داده شد و برای آنالیزها، میانگین مقادیر به دست آمده را استفاده کردند. در هر روز صبحانه را بر اساس مداخله مورد نظر به فرد می‌دادند. میزان سیری بعد از صبحانه و گرسنگی قبل از ناهار با استفاده از پرسش‌نامه سنجیده شد. سپس در وعده‌ی ناهار فرد به صورت آزادانه غذا مصرف می‌کرد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که میزان گرسنگی در هنگام دریافت صبحانه‌ی HGL، بیشتر از LGL بود ( $P < 0/03$ ). ولی تفاوت معنی‌داری در میزان انرژی دریافتی در دو گروه دیده نشد. در توجیه یافته‌های این مطالعه باید دقت داشت که ترکیب درشت مغذی‌ها، میزان فیبر و دانسیته‌ی انرژی در دو صبحانه با یکدیگر متفاوت بود. پس ممکن است تأثیر GL بر متغیرهای وابسته توسط سایر عوامل مخدوش شده باشد. همچنین آنالیزهای انجام شده نشان دادند که میزان

صرف صبحانه، افراد محل مطالعه را ترک می‌کردند و تمام غذاهای خورده شده در ادامه‌ی روز را ثبت می‌کردند و در جلسه‌ی بعدی تحویل می‌دادند. یافته‌های حاصل از مطالعه نشان داد که کاهش غیر معنی‌داری در انرژی حاصل از وعده‌ی ناهار در زمان مصرف صبحانه LGI وجود دارد ( $P = 0/460$ ). انرژی دریافتی در کل روز نیز تفاوت معنی‌داری در زمان مصرف دو نوع صبحانه با یکدیگر نداشت. در توجیه یافته‌ها باید گفت که مطالعات قبلی که کاهش معنی‌داری در دریافت انرژی بعد از مصرف صبحانه با GI پایین گزارش کرده‌اند، وعده‌های غذایی مداخله را از نظر میزان فیبر و درشت مغذی‌ها همسان سازی نکرده بودند؛ در حالی که در این مطالعه همسان سازی این موارد صورت گرفته است. اما قدیمی‌ترین مطالعه‌ای که در جستجوهای ما وجود دارد بر روی ۱۲ پسر چاق با میانگین سنی ۱۵/۷ سال انجام شده است (۵۱). در این مطالعه در سه روز و در هر روز یکی از سه نوع صبحانه و ناهار توسط افراد مصرف می‌شد: صبحانه و ناهار LGI، صبحانه و ناهار با نمایه‌ی گلیسمی متوسط (MGI) و صبحانه و ناهار HGI. افراد از شب قبل از مطالعه وارد انستیتوی مربوط شده، در آن جا همگی شام LGI مصرف می‌کردند. سپس در روز بعد صبحانه و ناهار مربوط به همان روز به آن‌ها داده می‌شد و تا ۵ ساعت بعد از ناهار میزان انرژی که فرد به دلخواه دریافت می‌کرد، ارزیابی می‌شد. یافته‌ها نشان دهنده‌ی دریافت انرژی بالاتر بعد از مصرف وعده‌های HGI نسبت به LGI بود ( $P < 0/01$ ). همچنین میانگین زمان درخواست غذا بعد از ناهار در زمان مصرف وعده‌های HGI کمتر از LGI بود ( $P < 0/01$ ).

LGL شامل ۴۵-۵۰ درصد کربوهیدرات LGI، ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۳۵-۳۰ درصد چربی بودند. یافته‌های مطالعه حاکی از یکسان بودن انرژی دریافتی از میان وعده بعد از مصرف وعده‌های غذایی با GL متفاوت بود ( $P = ۰/۰۵$ ). همچنین میزان سیری و گرسنگی نیز تفاوت معنی‌داری در دو گروه با یکدیگر نداشت. ممکن است یکی از دلایل دیده نشدن رابطه، قومیت جمعیت مورد مطالعه بوده باشد. این افراد همگی Hispanic بودند که با افراد مورد مطالعه در تحقیقات قبلی که اغلب Caucasian بودند، متفاوت است. مورد دیگر این که انجراف معیار انرژی دریافتی در این مطالعه بسیار بالا بود و در نتیجه برای کشف رابطه‌ای معنی‌دار در این جمعیت به حجم نمونه‌ی بالایی نیاز بود. نکته‌ی قابل توجه دیگر طراحی مطالعه و استفاده‌ی مکرر از پرسش‌نامه‌ها بود. این کار از طرفی می‌تواند باعث افزایش دقت داده‌ها شود و از سوی دیگر می‌تواند موجب خستگی افراد شود و بر روی دقت آن‌ها تأثیرگذار باشد.

با توجه به دو مطالعه‌ی بررسی شده درمی‌یابیم که تعداد مطالعات انجام شده در زمینه‌ی مداخله در GL یک یا چند وعده‌ی غذایی بسیار محدود هستند و اجرای مداخلات دقیق با حجم نمونه‌ی بالاتر می‌تواند مفید باشد.

### بحث

یافته‌های مطالعات بررسی شده رابطه‌ای مستقیم، خشتی و یا منفی بین نمایه‌ی گلیسمی و بار گلیسمی با چاقی کودکان را گزارش کرده‌اند که این امر نشان دهنده‌ی همسو نبودن نتایج مطالعات است. از سه مطالعه‌ی مقطعی بررسی شده، تنها یک مطالعه رابطه‌ی

گرسنگی قبل از ناهار با میزان دریافت انرژی در وعده‌ی ناهار همبستگی نداشت. پس به نظر می‌رسد که اثر دیده شده به دلیل سایر عوامل به جز GL باشد. از طرفی برای آنالیز داده‌های تغذیه‌ای از جدول ترکیبات غیر بومی استفاده شد که دقت داده‌ها را کاهش می‌دهد. مطالعه‌ی آخر مداخله‌ای موازی بود که بر روی ۸۸ فرد ۷ تا ۱۵ ساله اجرا گردید و در آن سه وعده‌ی غذایی شام، صبحانه و ناهار با GL‌های متفاوت (LGL و HGL) به افراد تجویز شد و میزان انرژی دریافتی آن‌ها در میان وعده‌ی عصر مورد ارزیابی قرار گرفت (۵۳). این مطالعه در ۱۲ هفته و در هر هفته یک روز به طول انجامید. در ابتدا وعده‌ی شام به عنوان اولین وعده‌ی مداخله به افراد داده می‌شد. بعد از آن افراد حق داشتند فقط آب بنوشند. در آخر شب نیز یک پرسش‌نامه‌ی سیری و گرسنگی توسط افراد تکمیل می‌شد. صبح روز بعد ابتدا مقادیر آنترپومتریک و توده‌ی چربی بدن اندازه‌گیری می‌شد و یک پرسش‌نامه‌ی سیری و گرسنگی تکمیل می‌گردید. سپس وعده‌ی صبحانه سرو می‌شد. از پایان صبحانه تا زمان شروع ناهار ۵ ساعت زمان وجود داشت که افراد می‌بایست در این فاصله زمانی، هر نیم ساعت یک پرسش‌نامه‌ی گرسنگی و سیری پر می‌کردند. ناهار به عنوان آخرین وعده‌ی مداخله داده می‌شد و بعد از آن میان وعده به مقدار دلخواه در اختیار افراد قرار می‌گرفت. میزان مصرف میان وعده تا ۵ ساعت بعد از ناهار نیز سنجیده می‌شد. در پایان نیز افراد یک بار دیگر پرسش‌نامه را تکمیل کرده و محل مطالعه را ترک می‌کردند. وعده‌های غذایی HGL شامل ۶۰-۵۵ درصد کربوهیدرات، ۲۰-۱۵ درصد پروتئین و ۳۰-۲۵ درصد چربی و وعده‌های غذایی

در یک رژیم HGL محقق مجبور به افزایش درصد کربوهیدرات‌ها می‌باشد و برعکس، در یک رژیم LGL مجبور به کاهش درصد کربوهیدرات‌ها و افزایش درصد چربی و پروتئین است. در نتیجه نمی‌توان یافته‌های مشاهده شده را به طور کامل به GL رژیم‌های غذایی نسبت داد؛ چرا که رژیم‌های غذایی مداخله در سایر موارد نیز با یکدیگر اختلاف داشتند. نکته‌ی دیگر، در مورد مداخلات انجام شده در GI و یا GL یک یا چند وعده‌ی غذایی می‌باشد. بیشتر مطالعات انجام شده در این زمینه برای کنترل بهتر متغیرها، در انستیتو و یا مدارس اجرا شده‌اند. این امر هم می‌تواند کنترل متغیرها را آسان بکند هم می‌تواند موجب تغییر عادات غذایی و رفتارهای تغذیه‌ای افراد شود. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که بیشتر این مطالعات دارای طراحی متقاطع بودند و در نتیجه احتمال ایجاد خطا به واسطه‌ی تغییر محیط کم بود. چون همه‌ی وعده‌های مداخله در شرایط مشابه و توسط افراد یکسانی مصرف شدند.

عواملی که باعث می‌شوند که پاسخ گلیسمی به غذا کم باشد و در نتیجه آن غذا جزء LGIها طبقه بندی شود شامل محتوای فیبر محلول، آمیلوز، نشاسته‌ی مقاوم، فروکتوز، پروتئین، چربی، و ساختار فیزیکی دست نخورده‌ی غلات و pH آنها است (۵۰). فیبرهای محلول و pH باعث تخلیه‌ی آهسته‌تر معده می‌شوند (۵۰). از طرف دیگر، به دلیل وجود نشاسته‌ی مقاوم، زیسترسی آنزیم‌ها به نشاسته کم شده، مقدار کمتری گلوکز آزاد و جذب می‌شود (۵۰). غذاهای HGI با سرعت بیشتری جذب می‌شوند (۵۱)؛ در نتیجه مصرف غذاهای HGI باعث افزایش قند خون شده، متعاقب آن ترشح انسولین بالا و گلوکاگون

معنی‌داری بین این دو عامل رژیم با چاقی کودکان گزارش کرد و دو مطالعه‌ی دیگر موفق به کشف رابطه‌ای در این زمینه نشدند. اما باید دقت داشت مطالعه‌ای که توانسته است رابطه‌ای معکوس بین GI و GL با چاقی کودکان گزارش کند، بهترین روش ارزیابی رژیم غذایی و بالاترین حجم نمونه را در مقایسه با دو مطالعه‌ی دیگر دارا بوده است. در مورد مطالعات هم‌گروهی باید گفت که مقالات چاپ شده به شکل مطالعات هم‌گروهی آینده‌نگر، همگی از اطلاعات مطالعه‌ی DONALD استفاده کرده‌اند و غالب آنها رابطه‌ای خنثی را گزارش کرده‌اند. اما باید دقت داشت که علاوه بر ایرادات وارد بر طراحی مطالعه‌ی DONALD، هنوز اطلاعاتی در زمینه‌ی سایر جمعیت‌ها به خصوص کشورهای آسیایی وجود ندارد. از طرف دیگر در یکی از این مقالات وقتی آنالیزها به تفکیک افراد مبتلا به چاقی و افراد سالم انجام شد، رابطه‌ای مستقیم و معنی‌دار بین GI با درصد چربی بدن و BMI Z-score در افراد چاق مشاهده گردید. این امر موجب شکل‌گیری این فرضیه می‌شود که شاید رابطه‌ی مذکور در افراد چاق که دارای شرایط متابولیکی مختل شده‌ای هستند، بیشتر و بهتر قابل ردیابی باشد. در مورد کارآزمایی‌های بالینی انجام شده باید گفت که مطالعاتی که در آنها متغیر وابسته و مستقل به یک شکل طراحی شده باشند، محدود است و از این رو هر کدام از یافته‌های موجود بیانگر بخشی از رابطه‌ی GI و GL با چاقی کودکان هستند. مورد مهم دیگر این که توجیه یافته‌های حاصل از مداخله بر روی GL رژیم غذایی در اکثر موارد با مشکل مواجه می‌شود؛ چرا که تغییر GL رژیم غذایی همواره همراه با تغییر ترکیب درشت مغذی‌ها است، بدین ترتیب که

تحریک ترشح کوله سیستمیکین از سلول‌های I موكوس دئودنوم و ژژونوم می‌شود. کوله سیستمیکین گیرنده‌های خود در اسفنگتر پیلور را فعال کرده، انقباض این اسفنگتر را تشدید می‌کند. در نتیجه معده‌ی فرد دیرتر تخلیه شده، گرسنگی دیرتر اتفاق می‌افتد (۵۱).

اما همان طور که پیش از این اشاره شد مطالعات اجرا شده دارای محدودیت‌هایی نیز بودند. شاید یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌ها که مطالعات مشاهده‌ای را هدف قرار می‌دهد نبود FFQ مخصوص ارزیابی GI و GL در کودکان باشد. شاید به همین دلیل باشد که بیشتر مطالعات از ثبت‌های غذایی و یادامد ۲۴ ساعته استفاده کرده‌اند. به علاوه مطالعات مشاهده‌ای اجرا شده به خصوص به صورت هم‌گروهی آینده‌نگر در دنیا بسیار محدود هستند. همچنین در بیشتر مطالعات مشاهده‌ای میزان فعالیت فیزیکی کودکان اندازه‌گیری نشده بود و در نتیجه اثر آن در آنالیز داده‌ها تعدیل نگشته بود. مورد دیگر این که اکثر مطالعات در جوامعی انجام شده بودند که GI در آن‌ها بسیار بالا نیست و هنوز تأثیر GI‌های بالا در مطالعات مشاهده‌ای بررسی نشده است. مطالعات مداخله‌ای نیز دارای محدودیت‌های خاص خود هستند. در مورد بررسی تأثیر GL بر چاقی، هنوز طراحی رژیم‌های غذایی که فقط در میزان GL متفاوت باشند مورد بحث است. به علاوه مطالعاتی که کل رژیم غذایی فرد را مورد مداخله قرار داده باشند نیز محدود هستند. مطالعاتی که انجام شده‌اند نیز بیشتر در راستای جایگزینی غذاهای HGI با غذاهای LGI تلاش کرده‌اند و کمتر مطالعه‌ای درصد مشخصی از درشت مغذی‌ها را به افراد توصیه کرده است. یکی

پایین می‌آید (۵۱، ۶). وجود انسولین باعث فعال شدن مسیرهای گلیکوزنز و لیپوزنز شده، مسیرهای گلیکونئوزنز و لیپولیز را مهار می‌کند (۵۱، ۶). در نتیجه بعد از مدتی قند خون به سرعت افت می‌کند و فرایندهایی که مسؤول ایجاد گرسنگی هستند، فعال می‌شوند (۵۱). البته این افزایش گرسنگی لزوماً منجر به افزایش دریافت انرژی در وعده‌ی غذایی بعدی نمی‌شود (۵۱). اما مطالعاتی که یافته‌های آن‌ها رابطه‌ای معکوس میان GI رژیم غذایی با میزان گرسنگی گزارش کرده است، در توجیه یافته‌های خود این فرضیه را مطرح می‌کنند که برای عملکرد مناسب لپتین در ایجاد سیری، وجود عملکرد صحیح انسولین لازم و ضروری است (۳۷). همچنین غذاهای HGI بطور همزمان موجب افزایش انسولین و ترشح لپتین می‌شوند (۳۷). در نتیجه بعد از مصرف صبحانه‌ی HGI، میزان انسولین و لپتین همزمان افزایش می‌یابد و اگر فرد در میانه‌ی صبح وعده‌ی دوم غذایی خود را مصرف کند سیری پایداری برای وی ایجاد می‌شود (۳۷). اما عده‌ای دیگر از محققین بر این باور هستند که ممکن است مهار اکسیداسیون ایجاد شده توسط غذاهای HGI موجب مقاومت انسولینی در دراز مدت شود (۳۸). از طرفی غذاهای HGI باعث ترشح بیشتر انسولین شده و مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که سطوح بالای انسولین در افراد با بروز چاقی آن‌ها در آینده ارتباط مستقیم دارد (۳۵). به علاوه شواهد مشابهی درباره‌ی افرادی که برای کنترل دیابت خود مجبور به تزریق انسولین هستند نیز وجود دارد (۳۵). در مورد GL رژیم غذایی نیز باید گفت که در رژیم غذایی LGL میزان چربی و پروتئین بالاتر از رژیم غذایی HGL است (۵۱). پروتئین و چربی باعث

با وجود تمام محدودیت‌ها، یافته‌های موجود نتوانسته‌اند رابطه‌ی اثبات شده‌ای بین GI و GL را با چاقی کودکان گزارش کنند و تحقیقات بیشتر و دقیق‌تری لازم است تا بتوان به نتیجه‌ای قابل اعتماد دست یافت.

دیگر از محدودیت‌ها، وجود متغیرهای غیر عینی مانند میزان سیری و گرسنگی می‌باشد که اندازه‌گیری آن به ویژه در کودکان می‌تواند با خطاهای بسیاری همراه باشد.

## References

1. Gee M, Mahan LK, Escott-Stump S. Weight management. In: Mahan LK, Escott-Stump S, editors. *Krause's Food & Nutrition Therapy*. 12<sup>th</sup> ed. 2008. p. 532.
2. Nielsen BM, Bjornsbo KS, Tetens I, Heitmann BL. Dietary glycaemic index and glycaemic load in Danish children in relation to body fatness. *Br J Nutr* 2005; 94(6): 992-7.
3. Azizi F, Mirmiran P, Azadbakht L. Predictors of cardiovascular risk factors in Tehranian adolescents: Tehran Lipid and Glucose Study. *Int J Vitam Nutr Res* 2004; 74(5): 307-12.
4. Cali AM, Caprio S. Obesity in children and adolescents. *J Clin Endocrinol Metab* 2008; 93(11 Suppl 1): S31-S36.
5. Kelishadi R, Ardalan G, Gheiratmand R, Majdzadeh R, Hosseini M, Gouya MM, et al. Thinness, overweight and obesity in a national sample of Iranian children and adolescents: CASPIAN Study. *Child Care Health Dev* 2008; 34(1): 44-54.
6. Barba G, Sieri S, Russo MD, Donatiello E, Formisano A, Lauria F, et al. Glycaemic index and body fat distribution in children: the results of the ARCA project. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2012; 22(1): 28-34.
7. Weigle DS, Breen PA, Matthys CC, Callahan HS, Meeuws KE, Burden VR, et al. A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations. *Am J Clin Nutr* 2005; 82(1): 41-8.
8. Westerterp-Plantenga MS. The significance of protein in food intake and body weight regulation. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2003; 6(6): 635-8.
9. Westerterp-Plantenga MS, Lejeune MP. Protein intake and body-weight regulation. *Appetite* 2005; 45(2): 187-90.
10. Azadbakht L, Mirmiran P, Esmailzadeh A, Azizi F. Better dietary adherence and weight maintenance achieved by a long-term moderate-fat diet. *Br J Nutr* 2007; 97(2): 399-404.
11. Mendes K, Iselin J, Edelstein K. Dietitians' use of the glycemic index/glycemic load as a counseling tool for overweight children. *Top Clin Nutr* 2006; 21(4): 300-11.
12. Niwano Y, Adachi T, Kashimura J, Sakata T, Sasaki H, Sekine K, et al. Is glycemic index of food a feasible predictor of appetite, hunger, and satiety? *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2009; 55(3): 201-7.
13. Rossi M, Bosetti C, Talamini R, Lagiou P, Negri E, Franceschi S, et al. Glycemic index and glycemic load in relation to body mass index and waist to hip ratio. *Eur J Nutr* 2010; 49(8): 459-64.
14. Ma Y, Olenzki B, Chiriboga D, Hebert JR, Li Y, Li W, et al. Association between dietary carbohydrates and body weight. *Am J Epidemiol* 2005; 161(4): 359-67.
15. Lau C, Toft U, Tetens I, Richelsen B, Jorgensen T, Borch-Johnsen K, et al. Association between dietary glycemic index, glycemic load, and body mass index in the Inter99 study: is underreporting a problem? *Am J Clin Nutr* 2006; 84(3): 641-5.
16. Murakami K, Sasaki S, Okubo H, Takahashi Y, Hosoi Y, Itabashi M. Dietary fiber intake, dietary glycemic index and load, and body mass index: a cross-sectional study of 3931 Japanese women aged 18-20 years. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61(8): 986-95.
17. Liese AD, Schulz M, Fang F, Wolever TM, D'Agostino RB, Jr., Sparks KC, et al. Dietary glycemic index and glycemic load, carbohydrate and fiber intake, and measures of insulin sensitivity, secretion, and adiposity in the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Diabetes Care* 2005; 28(12): 2832-8.
18. Gaesser GA. Carbohydrate quantity and quality in relation to body mass index. *J Am Diet Assoc* 2007; 107(10): 1768-80.
19. Mosdol A, Witte DR, Frost G, Marmot MG, Brunner EJ. Dietary glycemic index and glycemic load are associated with high-density-lipoprotein cholesterol at baseline but not with increased risk of diabetes in the Whitehall II study. *Am J Clin Nutr* 2007; 86(4): 988-94.
20. Azadbakht L, Surkan PJ, Esmailzadeh A, Willett WC. The Dietary Approaches to Stop Hypertension eating plan affects C-reactive

- protein, coagulation abnormalities, and hepatic function tests among type 2 diabetic patients. *J Nutr* 2011; 141(6): 1083-8.
21. Azadbakht L, Fard NR, Karimi M, Baghaei MH, Surkan PJ, Rahimi M, et al. Effects of the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) eating plan on cardiovascular risks among type 2 diabetic patients: a randomized crossover clinical trial. *Diabetes Care* 2011; 34(1): 55-7.
  22. Azadbakht L, Mirmiran P, Esmailzadeh A, Azizi T, Azizi F. Beneficial effects of a Dietary Approaches to Stop Hypertension eating plan on features of the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2005; 28(12): 2823-31.
  23. Randi G, Ferraroni M, Talamini R, Garavello W, Deandrea S, Decarli A, et al. Glycemic index, glycemic load and thyroid cancer risk. *Ann Oncol* 2008; 19(2): 380-3.
  24. 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.
  25. Parillo M, Annuzzi G, Rivellese AA, Bozzetto L, Alessandrini R, Riccardi G, et al. Effects of meals with different glycaemic index on postprandial blood glucose response in patients with Type 1 diabetes treated with continuous subcutaneous insulin infusion. *Diabet Med* 2011; 28(2): 227-9.
  26. Gellar L, Nansel TR. High and low glycemic index mixed meals and blood glucose in youth with type 2 diabetes or impaired glucose tolerance. *J Pediatr* 2009; 154(3): 455-8.
  27. Lamb MM, Yin X, Barriga K, Hoffman MR, Baron AE, Eisenbarth GS, et al. Dietary glycemic index, development of islet autoimmunity, and subsequent progression to type 1 diabetes in young children. *J Clin Endocrinol Metab* 2008; 93(10): 3936-42.
  28. Kynde I, Johnsen FN, Helge WJ, Wedderkopp N, Heitmann LB. Intake of carbohydrates with a high dietary glycemic index, a high content of added sugar and a low fiber content associate with insulin sensitivity among danish school children. *Int J Obesity* 2007; 31: S185.
  29. Klupa T, Malecki M, Skupien J, Szalecki M, Jalowiec I, Surdej B, et al. [Glycemic index of meals and postprandial glycemia in patients with permanent neonatal diabetes due to Kir6.2 gene mutations]. *Przegl Lek* 2007; 64(6): 398-400.
  30. Benton D, Maconie A, Williams C. The influence of the glycaemic load of breakfast on the behaviour of children in school. *Physiol Behav* 2007; 92(4): 717-24.
  31. Mahoney CR, Taylor HA, Kanarek RB, Samuel P. Effect of breakfast composition on cognitive processes in elementary school children. *Physiol Behav* 2005; 85(5): 635-45.
  32. Micha R, Rogers PJ, Nelson M. The glycaemic potency of breakfast and cognitive function in school children. *Eur J Clin Nutr* 2010; 64(9): 948-57.
  33. Mann CJ. Observational research methods. Research design II: cohort, cross sectional, and case-control studies. *Emerg Med J* 2003; 20(1): 54-60.
  34. Davis JN, Alexander KE, Ventura EE, Kelly LA, Lane CJ, Byrd-Williams CE, et al. Associations of dietary sugar and glycemic index with adiposity and insulin dynamics in overweight Latino youth. *Am J Clin Nutr* 2007; 86(5): 1331-8.
  35. Spieth LE, Harnish JD, Lenders CM, Raezer LB, Pereira MA, Hangen SJ, et al. A low-glycemic index diet in the treatment of pediatric obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000; 154(9): 947-51.
  36. Foster GD, Wyatt HR, Hill JO, McGuckin BG, Brill C, Mohammed BS, et al. A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *N Engl J Med* 2003; 348(21): 2082-90.
  37. Buyken AE, Trauner K, Gunther AL, Kroke A, Remer T. Breakfast glycemic index affects subsequent daily energy intake in free-living healthy children. *Am J Clin Nutr* 2007; 86(4): 980-7.
  38. Buyken AE, Cheng G, Gunther AL, Liese AD, Remer T, Karaolis-Danckert N. Relation of dietary glycemic index, glycemic load, added sugar intake, or fiber intake to the development of body composition between ages 2 and 7 y. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(3): 755-62.
  39. Boye KR, Dimitriou T, Manz F, Schoenau E, Neu C, Wudy S, et al. Anthropometric assessment of muscularity during growth: estimating fat-free mass with 2 skinfold-thickness measurements is superior to measuring midupper arm muscle area in healthy prepubertal children. *Am J Clin Nutr* 2002; 76(3): 628-32.
  40. Cheng G, Karaolis-Danckert N, Libuda L, Bolzenius K, Remer T, Buyken AE. Relation of dietary glycemic index, glycemic load, and fiber and whole-grain intakes during puberty to the concurrent development of percent body fat and body mass index. *Am J Epidemiol* 2009; 169(6): 667-77.
  41. Siegel RM, Neidhard MS, Kirk S. A comparison of low glycemic index and staged portion-controlled diets in improving BMI of obese children in a pediatric weight management program. *Clin Pediatr (Phila)* 2011; 50(5): 459-61.
  42. Young PC, West SA, Ortiz K, Carlson J. A pilot study to determine the feasibility of the low glycemic index diet as a treatment for overweight children in primary care practice.

- Ambul Pediatr 2004; 4(1): 28-33.
43. Rovner AJ, Nansel TR, Gellar L. The effect of a low-glycemic diet vs a standard diet on blood glucose levels and macronutrient intake in children with type 1 diabetes. *J Am Diet Assoc* 2009; 109(2): 303-7.
44. Fajcsak Z, Gabor A, Kovacs V, Martos E. The effects of 6-week low glycemic load diet based on low glycemic index foods in overweight/obese children--pilot study. *J Am Coll Nutr* 2008; 27(1): 12-21.
45. Iannuzzi A, Licenziati MR, Vacca M, De MD, Cinquegrana G, Laccetti M, et al. Comparison of two diets of varying glycemic index on carotid subclinical atherosclerosis in obese children. *Heart Vessels* 2009; 24(6): 419-24.
46. Ebbeling CB, Leidig MM, Sinclair KB, Hangen JP, Ludwig DS. A reduced-glycemic load diet in the treatment of adolescent obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003; 157(8): 773-9.
47. Papadaki A, Linardakis M, Larsen TM, van Baak MA, Lindroos AK, Pfeiffer AF, et al. The effect of protein and glycemic index on children's body composition: the DiOGenes randomized study. *Pediatrics* 2010; 126(5): e1143-e1152.
48. Ball SD, Keller KR, Moyer-Mileur LJ, Ding YW, Donaldson D, Jackson WD. Prolongation of satiety after low versus moderately high glycemic index meals in obese adolescents. *Pediatrics* 2003; 111(3): 488-94.
49. Warren JM, Henry CJ, Simonite V. Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children. *Pediatrics* 2003; 112(5): e414.
50. Henry CJ, Lightowler HJ, Strik CM. Effects of long-term intervention with low- and high-glycaemic-index breakfasts on food intake in children aged 8-11 years. *Br J Nutr* 2007; 98(3): 636-40.
51. Ludwig DS, Majzoub JA, Al-Zahrani A, Dallal GE, Blanco I, Roberts SB. High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics* 1999; 103(3): E26.
52. LaCombe A, Ganji V. Influence of two breakfast meals differing in glycemic load on satiety, hunger, and energy intake in preschool children. *Nutr J* 2010; 9: 53.
53. Mirza NM, Klein CJ, Palmer MG, McCarter R, He J, Ebbeling CB, et al. Effects of high and low glycemic load meals on energy intake, satiety and hunger in obese Hispanic-American youth. *Int J Pediatr Obes* 2011; 6(2-2): e523-e531.

## The Association between Dietary Glycemic Index, Glycemic Load and Children Obesity: A Review of Published Papers

Seyed Mohammad Hossein Rouhani<sup>1</sup>, Mahin Hashemipour MD<sup>2</sup>, Roya Kelishadi MD<sup>2</sup>, Ahmad Esmailzadeh MD<sup>3</sup>, Leila Azadbakht PhD<sup>3</sup>

### Abstract

**Background:** Many studies were conducted to evaluate the association between dietary glycemic index, glycemic load and children obesity. The aim of this study was to review these studies.

**Methods:** We searched the ISI and PubMed databases for studies that evaluated the association between dietary glycemic index, glycemic load and obesity in children. At first, the studies containing the words "glycemic index", "glycemic load", "glycaemic index" or "glycaemic load" plus "child", "children", "young", "youth" or "adolescent" were selected. Among 1001 selected studies, articles were accepted if they had considered obesity or related factors as their main dependent variables.

**Findings:** Twenty studies were included. Although the cross-sectional results were inconsistent, stronger studies had found a direct relation between dietary glycemic index, glycemic load and children obesity. Cohort studies had shown positive, neutral and negative associations between these dietary factors and obesity in children. However, although most clinical trials had reported a positive effect of dietary glycemic index on childhood obesity, they had not shown the similar effect for glycemic load.

**Conclusion:** There is not enough evidence for making a certain conclusion. Therefore, further studies in this field are suggested.

**Keywords:** Glycemic index, Glycemic load, Obesity, Children.

<sup>1</sup> MSc Student, Student Research Committee, Department of Nutrition, School of Nutrition and Food Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Pediatrics, Child Health Promotion Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Food Security Research Center, Isfahan University of Medical Sciences and Department of Community Nutrition, School of Nutrition and Food Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Leila Azadbakht PhD, Email: azadbakht@hlth.mui.ac.ir