

مجله‌ی غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران  
 دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی شهید بهشتی  
 دوره‌ی بیست و پنجم، شماره‌ی ۲، صفحه‌های ۱۲۹ - ۱۲۰ (خرداد - تیر ۱۴۰۲)

## ارتباط کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی با پیشرفت پیش دیابت به دیابت نوع ۲ و برگشت به حالت قندخون طبیعی: یک پیگیری ۹ ساله در مطالعه قند و لپید تهران

دکتر پروین میرمیران<sup>۱</sup>، دکتر زهرا بهادران<sup>۱</sup>، محمد جلالی<sup>۱</sup>، دکتر فریدون عزیزی<sup>۲</sup>

۱) مرکز تحقیقات تغذیه در بیماری‌های غدد درون‌ریز، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، ۲) مرکز تحقیقات غدد درون‌ریز، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، نشانی مکاتبه با نویسنده مسئول: تهران، ولنجک، خیابان شهید اعرابی، پلاک ۲۳، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، مرکز تحقیقات تغذیه در بیماری‌های غدد درون‌ریز، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، دکتر زهرا بهادران؛  
 e-mail: z.bahadoran@sbm.ac.ir

### چکیده

**مقدمه:** مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی با پیشرفت پیش دیابت به دیابت نوع ۲ و برگشت به حالت قندخون طبیعی، در قالب پیگیری ۹ ساله در میان مبتلایان به پیش دیابت در مطالعه قند و لپید تهران انجام شد. **مواد و روش‌ها:** کمیت (کربوهیدرات تام و مقدار فیبر) و کیفیت (نمایه گلیسمی، بار گلیسمی، نمایه انسولین، بار انسولین) کربوهیدرات رژیم غذایی ۳۳۴ زن و مرد بزرگسال مبتلا به پیش دیابت، با استفاده از پرسش‌نامه بسامد خوراک نیمه کمی ۱۶۸-آیتمی پایا و رواج، در ابتدای مطالعه ارزیابی شد و افراد طی ۹ سال پیگیری شدند. غلظت پلاسمایی گلوکز ناشتا و ۲-ساعت پس از مصرف خوراکی ۷۵ گرم گلوکز، هر سه سال یکبار اندازه‌گیری شد. یافته‌ها: طی مدت مطالعه، ۳۹/۸ درصد از شرکت‌کنندگان به دیابت نوع ۲ مبتلا شدند و ۳۹/۸ درصد به وضعیت گلیسمی طبیعی بازگشتند. مقدار تام کربوهیدرات، نمایه گلیسمی، بار گلیسمی، نمایه انسولین، بار انسولین رژیم غذایی ارتباط معنی‌داری با پیشرفت به دیابت نوع ۲ و برگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی نداشت. هر ۵ گرم افزایش دریافت فیبر غذایی به ازاء ۱۰۰۰ کیلوکالری انرژی دریافتی روزانه با کاهش ۲۵ درصد شانس بروز دیابت نوع ۲ در مبتلایان به پیش دیابت همراه بود (نسبت شانس: ۰/۷۵) و حدود اطمینان ۹۵ درصد: ۰/۹۸-۰/۵۸، مقدار P برابر با ۰/۰۳۸). نتیجه‌گیری: مقدار تام کربوهیدرات رژیم غذایی و نیز کیفیت آن ارتباط معنی‌دار با تغییر وضعیت گلیسمی در مبتلایان به پیش دیابت نداشت اما نتایج نشان داد دریافت بیشتر فیبر رژیم غذایی می‌تواند خطر پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ را کاهش دهد.

**واژگان کلیدی:** پیش‌دیابت، دیابت نوع ۲، کربوهیدرات رژیم غذایی، نمایه گلیسمی، نمایه انسولینی

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۹/۷- دریافت اصلاحیه: ۱۴۰۲/۱۰/۹ - پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳

### مقدمه

قرار می‌دهد.<sup>۲</sup> پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۴۷۰ میلیون نفر در دنیا درگیر این اختلال متابولیک باشند.<sup>۳</sup> اضافه وزن و چاقی، پرفشاری خون، فعالیت فیزیکی کم و رژیم غذایی ناسالم به‌عنوان عوامل زمینه‌ساز بروز پیش‌دیابت شناخته شده‌اند.<sup>۴</sup> عوامل غذایی مرتبط با پیشرفت یا برگشت پیش‌دیابت کمتر شناخته شده‌اند لیکن مشخص شده است که پیروی از رژیم غذایی ناسالم غربی (مصرف مقادیر بالای

پیش دیابت که با اختلال سطح گلوکز خون ناشتا، اختلال تحمل گلوکز<sup>ii</sup> و یا ترکیب هر دو (IFG-IGT) شناخته می‌شود،<sup>۱</sup> ۲۷ درصد افراد در سنین میانسالی را تحت تاثیر

i-Impaired Fasting Glucose  
 ii-Impaired Glucose Tolerance

## مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، زنان و مردان بزرگسال (سن بیشتر یا مساوی ۲۱ سال) شرکت‌کننده در مرحله سوم مطالعه قند و لیپید تهران (طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ میلادی)، که داده‌های تغذیه‌ای، بیوشیمیایی، جمعیت شناختی و تن‌سنجی کامل داشتند، بعنوان افراد واجد شرایط در نظر گرفته شدند و تا مرحله ششم (۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷)، به مدت ۹ سال پیگیری شدند. مطالعه قند و لیپید تهران به عنوان اولین مطالعه آینده‌نگر در حال اجرا در ایران می‌باشد که بر پایه جمعیت و با هدف تعیین شیوع عوامل خطر بیماری‌های غیرواگیردار و بهبود شیوه زندگی به منظور پیشگیری یا حذف عوامل خطر در گروهی از ساکنین منطقه ۱۲ تهران با گروه سنی وسیع، از سال ۱۳۷۷ آغاز شده است. در این مطالعه ۱۵۰۰۵ نفر از ساکنین منطقه ۱۳ تهران در سنین ۳ تا ۶۹ سال به طور نمونه‌گیری خوشه‌ای چند مرحله‌ای انتخاب و جهت بررسی مورد ارزیابی قرار گرفتند. انتخاب منطقه ۱۳ به عنوان چهارچوب نمونه‌گیری به دلیل ثبات بیشتر مردم این منطقه در محل زندگی، حضور مراکز بهداشتی درمانی زیر نظر دانشگاه علوم پزشکی و تشابه شاخص‌های جمعیت شناختی ساکنین (توزیع سن و جنس در جمعیت) این منطقه با جمعیت ساکن تهران بود. از شرکت‌کنندگان خواسته شد در روز مراجعه ناشتا باشند. در روز مراجعه پس از اخذ رضایت آگاهانه، ابتدا اطلاعات جمعیت شناختی ثبت گردید و سپس نمونه خون ناشتا گرفته شد. ارزیابی و ثبت اطلاعات سابقه‌ی پزشکی، مصرف دارو، تحصیلات، شغل، فعالیت بدنی بصورت مصاحبه چهره به چهره با فرد انجام شد. در فاز سوم مطالعه قند و لیپید تهران، ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای با استفاده از پرسش‌نامه بسامد خوراک تنها برای بخشی از شرکت‌کنندگان (۳۴۶۲ نفر) که بصورت تصادفی بر اساس سن و جنس انتخاب شده بودند، انجام شد. خصوصیات افرادی که پرسش‌نامه بسامد خوراک را تکمیل نمودند با سایر شرکت‌کنندگان در مطالعه قند و لیپید تهران تفاوت معنی‌دار نداشت.

افراد بالای ۲۱ سال و مبتلا به پیش دیابت (طبق معیار تشخیصی انجمن دیابت آمریکا) که اطلاعات کامل تن‌سنجی، بیوشیمیایی، و تغذیه‌ای آن‌ها در فاز ۳ مطالعه قند و لیپید تهران در دسترس بود وارد مطالعه شدند. مبتلایان به دیابت نوع ۲ در شروع مطالعه (فاز سوم)، افرادی که داروهای

غذاهای فرآوری شده، گوشت قرمز، روغن‌های اشباع، سدیم و چربی تام)، خطر پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ را تا ۳۸ درصد افزایش می‌دهد.<sup>۵</sup> همچنین دریافت مقادیر کمتر لبنیات (کمتر از نیم واحد در روز) با افزایش خطر بروز دیابت نوع ۲، در افراد مبتلا به پیش‌دیابت، همراه بوده است (نسبت شانس: ۱/۵۶، حدود اطمینان ۹۵ درصد: ۱/۰۲ تا ۲/۴۱).<sup>۶</sup> در عین حال افزایش مصرف هر ۲۰۰ گرم از محصولات لبنی در روز، خصوصاً ماست، شانس بازگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی را در مبتلایان به پیش‌دیابت تا ۶۹ درصد افزایش می‌دهد.<sup>۷</sup> پیروی از رژیم غذایی مدیترانه‌ای (با تاکید بر مصرف غلات کامل، میوه سبزیجات، غذاهای دریایی، حبوبات و مغزداانه‌های گیاهی) نیز خطر پیشرفت پیش‌دیابت را تا ۴۴ درصد طی ۴ سال کاهش می‌دهد.<sup>۸</sup> پیگیری ۵ ساله مبتلایان به پیش‌دیابت در کوهورت بزرگ اسپانیا؛ شامل ۲۷۸۴۴ مرد و زن ۲۰ تا ۶۵ ساله نیز نشان داد که رژیم غذایی غنی از میوه و سبزیجات با کاهش ۳۰ درصدی خطر بروز دیابت نوع ۲ همراه است.<sup>۹</sup>

کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی، که اغلب با شاخص‌هایی نظیر نمایه و بار گلیسمی و انسولینی شناخته می‌شوند، از جمله عوامل تغذیه موثر بر تنظیم قند خون هستند. نمایه گلیسمی و انسولین رژیم غذایی بر اساس تغییر سطوح قندخون و انسولین پس از بارگیری<sup>۱۰</sup> در پاسخ به مصرف یک ماده غذایی نسبت به این تغییرات در پاسخ به مقدار مشابهی از کربوهیدرات در یک ماده غذایی مرجع، که توسط یک فرد واحد خورده شده است، محاسبه می‌گردد.<sup>۱۱</sup> بارگلیسمی و انسولین رژیم غذایی نیز بر اساس ضرب نمایه گلیسمی و انسولینی یک ماده غذایی در مقدار کربوهیدرات آن ماده غذایی حاصل می‌شود.<sup>۱۱</sup> ارتباط کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی با تغییر وضعیت گلیسمی در مبتلایان به دیابت نوع ۲ کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه حاضر به بررسی ارتباط کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی با پیشرفت پیش دیابت به دیابت نوع ۲ و یا برگشت آن به حالت قندخون طبیعی، در جمعیت بزرگسال مبتلا به پیش‌دیابت که در مرحله سوم تا ششم مطالعه قند و لیپید تهران شرکت کرده‌اند، می‌پردازد.

سطح فعالیت بدنی روزانه با استفاده از پرسش‌نامه فعالیت بدنی ارزیابی و به صورت واحد متابولیکی-دقیقه در هفته گزارش شد و به صورت فعالیت بدنی کم و متوسط (امتیاز فعالیت بدنی کمتر یا مساوی ۶۰۰ واحد متابولیکی-دقیقه در هفته) و فعالیت بدنی زیاد (امتیاز فعالیت بدنی بیشتر از ۶۰۰ واحد متابولیکی-دقیقه در هفته) طبقه‌بندی شد. جزئیات مربوط به ارزیابی سطح فعالیت بدنی در مقالات قبلی نویسندگان ارائه شده است.<sup>۱۴</sup>

نمونه‌های خون افراد شرکت‌کننده بعد از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی شبانه بین ساعت ۷ تا ۹ صبح جمع‌آوری شد. گلوکز پلاسمایی ناشتا و گلوکز پلاسمایی ۲-ساعت بعد از مصرف خوراکی ۷۵ گرم گلوکز، با روش رنگ‌سنجی آنزیمی و با استفاده از گلوکز اکسیداز اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری تری-گلیسرید و کلسترول تام سرم با روش رنگ‌سنجی آنزیمی و به ترتیب با استفاده از گلیسرول فسفات اکسیداز و کلسترول اکسیداز انجام شد. لیپوپروتئین با چگالی بالا پس از رسوب دادن لیپوپروتئین‌های حاوی آپو-لیپوپروتئین B با محلول فسفوتنگستیک اسید اندازه‌گیری شد. تمامی آنالیزهای بیوشیمیایی در آزمایشگاه تحقیقاتی مطالعه قند و لیپید تهران و با استفاده از کیت‌های تجاری (شرکت پارس آزمون، تهران، ایران) و با دستگاه آنالیزور خودکار انجام شد. ضرایب تغییرات درون و برون آزمون در ابتدای مطالعه و در همه مراحل پیگیری کمتر از ۵ درصد بود.

جهت ارزیابی دریافت‌های غذایی معمول شرکت‌کنندگان، از پرسش‌نامه نیمه کمی بسامد خوراک ۱۶۸ موردی پایا و روا شده در جمعیت مورد بررسی، استفاده شد. تکرر مصرف هر یک از اقلام غذایی در یک سال گذشته، بر اساس دفعات مصرف آن در روز، هفته یا ماه، با مصاحبه توسط رژیم‌شناسان آموزش‌دیده، تعیین شد. مقدار غذاهای مصرف شده بر اساس اندازه‌های خانگی گزارش شده و سپس به گرم تبدیل شدند (گرم در روز).<sup>۱۵</sup> جزئیات مربوط به ارزیابی دریافت‌های غذایی در مقالات قبلی نویسندگان ارائه شده است.<sup>۱۶-۱۸</sup> مقادیر تام کربوهیدرات رژیم غذایی (درصد از انرژی دریافتی) و فیبر تام (گرم به ازاء ۱۰۰۰ کیلوکالری انرژی دریافتی)، که از مجموع فیبر محلول و نامحلول حاصل می‌گردد) با استفاده از جدول ترکیبات غذایی استخراج شد. شاخص گلیسمی غذاها با استفاده از جدول بین‌المللی نمایه گلیسمی<sup>۱۹</sup> و فهرست نمایه گلیسمی غذاهای ایرانی<sup>۲۰</sup> محاسبه شد. نمایه گلیسمی رژیمی به صورت [(محتوای کربوهیدرات

کاهنده قند خون مصرف می‌کردند، افراد با سابقه بیماری‌های قلبی و سکتته قلبی و مغزی و سرطان، افراد دارای اطلاعات تغذیه‌ای ناقص، افرادی که مطالعه را ادامه ندادند و افرادی که کم یا بیش گزارش‌دهی رژیم غذایی (انرژی دریافتی کمتر از ۸۰۰ و یا بیشتر از ۴۲۰۰ کیلوکالری در روز) داشتند، از مطالعه خارج شدند. وضعیت گلیسمی افراد (بروز دیابت یا تبدیل وضعیت به وضعیت گلیسمی طبیعی) طی ۹ سال پیگیری بررسی شد. روش اجرای مطالعه حاضر توسط کمیته اخلاق سازمانی پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی (کد کمیته اخلاق IR.SBMU.ENDOCRINE.REC.1402.025) تایید شده است.

اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در مطالعه (شامل سن، جنسیت، استعمال دخانیات، سابقه پزشکی، سابقه مصرف داورها) توسط پرسش‌گر با تجربه مورد بررسی قرار گرفته و در پرسش‌نامه اعتبارسنجی شده ثبت گردید. جزئیات مربوط به اندازه‌گیری‌های تن‌سنجی، اندازه‌گیری فشارخون، ارزیابی سطح فعالیت بدنی در مطالعه قند و لیپید تهران قبلاً گزارش شده است.<sup>۱۲</sup> بطور خلاصه، وزن بدن با استفاده از ترازوی دیجیتال (Seca ساخت کشور آلمان) با دقت ۱۰۰ گرم، در حالی‌که افراد حداقل پوشش را داشتند و بدون کفش بودند، اندازه‌گیری شد. قد شرکت‌کنندگان با استفاده از متر نواری در حالی‌که افراد بدون کفش بودند و در وضعیت ایستاده بودند، با دقت ۰/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری و گزارش شد. نمایه توده بدنی از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) به دست آمد. اندازه دور کمر از حدود ناف با استفاده از متر نواری، از روی لباس نازک و بدون ایجاد فشار روی بدن اندازه‌گیری شد.

به منظور ثبت فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، بعد از یک استراحت ۱۵ دقیقه‌ای و در حالت نشسته، فشارخون دو بار روی بازوی راست افراد و با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای استاندارد که توسط انستیتو استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران کالیبره شده است، اندازه‌گیری شد.<sup>۱۳</sup> فاصله زمانی بین دوبار اندازه‌گیری فشارخون حداقل ۳۰ ثانیه بوده و میانگین اندازه‌گیری‌ها به‌عنوان فشارخون افراد ثبت گردید. از شرکت‌کنندگان خواسته شد از خوردن چای یا قهوه، فعالیت ورزشی و استعمال سیگار قبل از اندازه‌گیری فشارخون خودداری کنند و مثانه خود را ۳۰ دقیقه قبل از اندازه‌گیری فشارخون خالی کنند.

۵ تا ۵/۵ میلی مول در لیتر (۱۲ امتیاز) و گلوکز پلاسمایی ناشتا بین ۵/۶ تا ۶/۹ میلی مول در لیتر (۳۳ امتیاز).<sup>۲۴</sup>

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

متغیرهای جمعیت‌شناختی، بالینی، تن‌سنجی و متغیرهای مربوط به کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی شرکت‌کنندگان بر اساس وضعیت گلیسمی افراد در پایان مطالعه (ماندن در وضعیت پیش‌دیابت، پیشرفت به دیابت نوع ۲ و بازگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی)، با استفاده از تحلیل واریانس (میانگین و انحراف معیار برای متغیرهای کمی) و آزمون کروسکال-والیس<sup>۱</sup> (درصد فراوانی برای متغیرهای کیفی)، بین سه گروه مقایسه شدند. نسبت شانس بروز دیابت نوع ۲ و یا وضعیت گلیسمی طبیعی (با حدود اطمینان ۹۵ درصد) برای کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی (شامل کربوهیدرات تام به ازاء هر ۵ درصد از کل انرژی دریافتی، فیبر تام به ازاء ۵ رگ در هر ۱۰۰۰ کیلوکالری، نمایه گلیسمی و انسولین به ازاء هر ۵ واحد، بار گلیسمی و انسولین به ازاء هر ۲۰ واحد)، با استفاده از مدل‌های تعدیل شده رگرسیون لجستیک چندحالتی<sup>۲۵</sup> برآورد شد. متغیرهای مخدوش‌گر بر اساس عوامل تعیین‌کننده در پیشرفت و یا برگشت پیش‌دیابت در مطالعه قند و لیپید تهران انتخاب<sup>۲۶</sup> و بر اساس نتایج مدل رگرسیون تک متغیره به مدل نهایی وارد شدند.<sup>۲۶</sup> بدین‌منظور یک تحلیل رگرسیون لجستیک تک متغیره انجام شد و متغیرهایی با  $P_E$  کمتر از ۰/۲ داشتند به‌عنوان مخدوش‌گر انتخاب شدند. بر این اساس؛ مدل‌ها برای سن (سال)، گلوکز ۲-ساعته پلازما (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)، استعمال سیگار (بله/خیر)، سطح فعالیت بدنی (کمتر یا بیشتر از ۶۰۰ معادل متابولیک-دقیقه در هفته)، امتیاز خطر دیابت (متغیر پیوسته)، دریافت انرژی تام (کیلوکالری در روز)، چربی تام (گرم در روز) و پروتئین (گرم در روز) تعدیل شدند. به دلیل تعداد کم پیامدها در این مطالعه و به‌منظور بهبود پایداری مدل‌های رگرسیونی، تعدیل مدل‌ها برای متغیر امتیاز خطر دیابت (به‌عنوان یک عامل قوی پیشگویی‌کننده رخداد دیابت نوع ۲ در جمعیت مطالعه قند و لیپید تهران)،<sup>۲۴</sup> بجای استفاده از تک تک متغیرهای مرتبط با خطر دیابت انجام شد.<sup>۲۷</sup> تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۰ انجام شد.

هر ماده غذایی) × (تعداد وعده‌ها در روز) × (شاخص گلیسمی) / کل کربوهیدرات مصرفی روزانه] تعریف شد. رژیم غذایی با نمایه گلیسمی مساوی یا کمتر از ۵۵ به‌عنوان رژیم غذایی با نمایه گلیسمی پایین و رژیم غذایی با نمایه گلیسمی بیشتر یا مساوی ۷۰ به‌عنوان رژیم غذایی با نمایه گلیسمی بالا تعریف شد. روش محاسبه نمایه انسولینی و بار انسولینی رژیم غذایی به‌عنوان نمایه‌های جدید نماینده کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی با جزئیات کامل شرح داده شده است.<sup>۲۱</sup>

### تعاریف واژگان و پیامدهای مطالعه

شرکت‌کنندگانی که حداقل یکی از این معیارها را داشتند به‌عنوان مبتلا به پیش‌دیابت در نظر گرفته شدند: گلوکز پلازما ناشتا ۱۲۵-۱۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر یا پلازما گلوکز ۲-ساعت پس از مصرف خوراکی ۷۵ گرم گلوکز به - میزان ۱۹۹-۱۴۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر.<sup>۲۲</sup> شرکت‌کنندگانی که حداقل یکی از این معیارها را داشتند به‌عنوان بیمار مبتلا به دیابت نوع ۲ در نظر گرفته شدند: گلوکز پلاسمایی ناشتا بیشتر یا مساوی ۱۲۶ میلی‌گرم در دسی‌لیتر، گلوکز پلاسمایی ۲-ساعته بیشتر یا مساوی ۲۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر، یا مصرف داروهای ضد دیابت که توسط خود فرد گزارش شده بود.<sup>۲۳</sup> بازگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی به‌عنوان اولین اندازه گلوکز پلازما ناشتا کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و گلوکز پلازما ۲-ساعته کمتر از ۱۴۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در نظر گرفته شد. شرکت‌کنندگانی که حداقل یکی از والدین آن‌ها، خواهر یا برادرشان به دیابت نوع ۲ مبتلا بودند، دارای سابقه خانوادگی مثبت برای دیابت در نظر گرفته شدند. امتیاز خطر دیابت نوع ۲ به شرح زیر محاسبه شد: فشارخون سیستولیک کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر جیوه (۰ امتیاز)، فشارخون سیستولیک بین ۱۲۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر جیوه (۳ امتیاز)، فشارخون سیستولیک بیشتر یا مساوی ۱۴۰ میلی‌متر جیوه (۷ امتیاز)، سابقه خانوادگی مثبت برای دیابت (۵ امتیاز)، نسبت دور کمر به قد کمتر از ۰/۵۴ (۰ امتیاز)، نسبت دور کمر به قد بین ۰/۵۴ تا ۰/۵۹ (۶ امتیاز)، نسبت دور کمر به قد بیشتر یا مساوی ۰/۵۹ (۱۱ امتیاز)، نسبت تری‌گلیسرید به لیپوپروتئین با چگالی بالا کمتر از ۳/۵ (۰ امتیاز)، نسبت تری‌گلیسرید به لیپوپروتئین با چگالی بالا بیشتر یا مساوی ۳/۵ (۳ امتیاز)، گلوکز پلاسمایی ناشتا کمتر از ۵ میلی‌مول در لیتر (۰ امتیاز)، گلوکز پلاسمایی ناشتا بین

i-Kruskal-Wallis test

ii-Multinomial Logistic Regression

مقادیر  $P$  کمتر از ۰/۰۵ به‌عنوان تفاوت معنادار آماری تعریف شدند.

## یافته‌ها

میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) سن شرکت‌کنندگان در مطالعه  $49/4 \pm 12/8$  سال بود و ۵۱/۵ درصد از شرکت‌کنندگان مرد بودند. میانگین (بازه میان‌چرخه‌ای) مدت زمان پیگیری شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر ۸/۹ سال (۹/۶ تا ۷ سال) بود. در طی مدت پیگیری ۳۹/۸ درصد به دیابت نوع ۲ مبتلا شدند و ۳۹/۸ درصد به وضعیت گلیسمی طبیعی بازگشتند. میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) کربوهیدرات تام رژیم غذایی

(درصد از کل انرژی) و دریافت فیبر (گرم به ازاء ۱۰۰۰ کیلوکالری) به‌ترتیب  $57/8 \pm 7/8$  و  $17 \pm 6/9$  بود. میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) نمایه و بار گلیسمی به‌ترتیب  $60/8 \pm 8/4$  و  $206 \pm 88/4$  بود. میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) نمایه و بار انسولینی رژیم غذایی به‌ترتیب  $52/6 \pm 6/9$  و  $241 \pm 106$  بود. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، تن‌سنجی، بالینی و داده‌های بیوشیمیایی شرکت‌کنندگان در ابتدای مطالعه بر اساس وضعیت گلیسمی (پیامدها) در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- مشخصات جمعیت‌شناختی افراد شرکت‌کننده بر اساس وضعیت گلیسمی در انتهای مطالعه (پیامدها)

وضعیت گلیسمی			متغیر
دیابت نوع ۲ (۱۳۳ نفر)	پیش دیابت (۶۸ نفر)	وضعیت گلیسمی طبیعی (۱۳۳ نفر)	
$52 \pm 11^*$	$51 \pm 12$	$45 \pm 14$	سن (سال)
۵۱/۹	۵۵/۹	۴۸/۹	مرد (درصد)
۱۳/۷	۱۴/۹	۱۴/۳	سیگاری بودن (درصد)
۲۶/۸	۱۷/۵	۲۳/۵	سابقه خانوادگی دیابت (درصد)
۳۳/۶	۲۲/۴	۲۱/۲	ابتلا به پرفشاری خون (درصد)
۳۹/۷	۴۲/۲	۴۲/۱	فعالیت فیزیکی کم (درصد)
$29/5 \pm 4/8$	$28/9 \pm 4/5$	$28/9 \pm 4/6$	نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)
$100 \pm 10/3$	$98/1 \pm 10/1$	$96/3 \pm 11/3$	دور کمر (سانتی‌متر)
$5/4 \pm 3/8$	$5/2 \pm 3/6$	$4/3 \pm 3/2^{\dagger}$	نسبت تری‌گلیسیرید به لیپوپروتئین با چگالی بالا
$105 \pm 8/9$	$101 \pm 8/4^{\dagger}$	$98/2 \pm 9/7^{\dagger}$	گلوکز ناشتا پلاسما (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)
$145 \pm 21/3$	$131 \pm 35/6^{\dagger}$	$125 \pm 30/0^{\dagger}$	گلوکز ۲-ساعته پلاسما (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)
<b>کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی</b>			
$58/0 \pm 7/7$	$57/6 \pm 8/5$	$57/5 \pm 7/6$	کربوهیدرات تام (درصد از انرژی)
$17/5 \pm 9/8$	$18/2 \pm 9/1$	$16/8 \pm 7/6$	فیبر تام (گرم/۱۰۰۰ کیلوکالری)
$60/5 \pm 9/3$	$60/5 \pm 8/4$	$61/1 \pm 7/5$	نمایه گلیسمی
$208 \pm 93$	$194 \pm 77$	$209 \pm 88$	بار گلیسمی
$52/4 \pm 7/4$	$53/0 \pm 6/8$	$52/8 \pm 6/5$	نمایه انسولین
$238 \pm 106$	$236 \pm 108$	$245 \pm 103$	بار انسولین
سطح نمایه گلیسمی (درصد)			
۲۵/۶	۲۹/۴	۱۹/۵	رژیم غذایی با نمایه گلیسمی پایین (کمتر از ۵۵)
۱۶/۵	۱۴/۷	۱۰/۵	رژیم غذایی با نمایه گلیسمی بالا (بیشتر از ۷۷)

داده‌ها به صورت میانگین و انحراف معیار بیان شده‌اند. لیپوپروتئین با چگالی بالا، فعالیت فیزیکی کم، کمتر از ۶۰۰ معادل متابولیک/دقیقه در هفته، \* تفاوت معنی-دار با پیش دیابت (مقادیر  $P$  کمتر از ۰/۰۵)،  $\dagger$  تفاوت معنی‌دار با دیابت نوع ۲ (مقادیر  $P$  کمتر از ۰/۰۵)

نمایش داده شده است. مقدار تام کربوهیدرات رژیم غذایی، نمایه و بار گلیسمی رژیم غذایی، و نیز نمایه و بار انسولین رژیم غذایی ارتباط معنی داری با پیشرفت به دیابت نوع ۲ و برگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی نداشت. هر ۵ گرم افزایش دریافت فیبر غذایی به ازاء ۱۰۰۰ کیلوکالری انرژی دریافتی روزانه با کاهش ۲۵ درصد خطر بروز دیابت نوع ۲ در مبتلایان به پیش دیابت همراه بود (نسبت شانس: ۰/۷۵ و حدود اطمینان ۹۵ درصد: ۰/۵۸-۰/۹۸، مقدار  $P$  برابر با ۰/۰۲۸).

سن، گلوکز خون ناشتا و ۲-ساعته پلاسما، و نسبت تری گلیسرید به لیپوپروتئین با چگالی بالا، در افرادی که در طول مدت مطالعه به وضعیت گلیسمی طبیعی بازگشتند، به طور معناداری کمتر از افرادی بود که به دیابت نوع ۲ مبتلا شدند. اختلاف معناداری در کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی بین سه گروه مشاهده نشد. ارتباط کمیت و کیفیت رژیم غذایی با نسبت شانس (با حدود اطمینان ۹۵ درصد) پیشرفت از پیش دیابت به دیابت نوع ۲ و بازگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی در جدول ۲

جدول ۲- ارتباط کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی با پیشرفت از پیش دیابت به دیابت نوع ۲ و بازگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی

پیشرفت به دیابت نوع ۲	بازگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی	
۱/۰۴ (۰/۸۶-۱/۲۶)	۱/۰۷ (۰/۸۸-۱/۲۹)	کربوهیدرات تام (به ازاء ۵ درصد از انرژی دریافتی)
۱/۱۰ (۰/۸۰-۱/۵۱)	۱/۰۷ (۰/۸۸-۱/۲۹)	مدل تعدیل شده برای سن
۰/۹۲ (۰/۷۹-۱/۱۳)	۰/۸۱ (۰/۶۳-۱/۰۵)	مدل تعدیل شده برای همه متغیرها*
۰/۷۵ (۰/۵۸-۰/۹۸)	۰/۸۹ (۰/۷۲-۱/۱۰)	فیبر تام (به ازاء ۵ گرم در ۱۰۰۰ کیلوکالری)
۰/۹۹ (۰/۸۷-۱/۱۳)	۰/۹۹ (۰/۹۸-۱/۰۲)	مدل تعدیل شده برای سن
۰/۸۹ (۰/۷۶-۱/۰۵)	۰/۹۹ (۰/۹۸-۱/۰۱)	مدل تعدیل شده برای همه متغیرها
۱/۰۴ (۰/۹۷-۱/۱۲)	۱/۰۲ (۰/۹۵-۱/۰۹)	نمایه گلیسمی (به ازاء ۵ واحد)
۱/۰۲ (۰/۹۳-۱/۱۲)	۱/۰۳ (۰/۹۳-۱/۱۲)	مدل تعدیل شده برای سن
۰/۹۸ (۰/۷۹-۱/۲۱)	۱/۰۵ (۰/۸۵-۱/۳۰)	مدل تعدیل شده برای همه متغیرها
۰/۷۹ (۰/۶۰-۱/۰۵)	۰/۹۷ (۰/۷۴-۱/۲۸)	بار گلیسمی (به ازاء ۲۰ واحد)
۱/۰۰ (۰/۹۴-۱/۰۶)	۰/۹۸ (۰/۹۴-۱/۰۵)	مدل تعدیل شده برای سن
۰/۹۲ (۰/۸۴-۱/۰۲)	۰/۹۸ (۰/۸۹-۱/۰۷)	مدل تعدیل شده برای همه متغیرها

داده‌ها به صورت نسبت شانس و حدود اطمینان ۹۵ درصد بیان شده‌اند. \* تعدیل شده اضافی برای امتیاز خطر دیابت (الگوریتم امتیاز داده شده بر اساس جنس، بر مبنای متغیرهای فشارخون سیستولیک، سابقه خانوادگی ابتلا به دیابت نوع ۲، نسبت دور کمر به قد، نسبت تری گلیسرید به لیپوپروتئین با چگالی بالا، و گلوکز ناشتا پلاسما) گلوکز ۲-ساعته پلاسما، استعمال سیگار (بله/خیر)، سطح فعالیت بدنی (کمتر یا بیشتر از ۶۰۰ معادل متابولیک/دقیقه در هفته)، دریافت غذایی چربی (درصد از انرژی دریافتی)، دریافت غذایی پروتئین (درصد از انرژی دریافتی)

## بحث

نتایج حاصل از پیگیری ۹ ساله مبتلایان به پیش‌دیابت در قالب مطالعه کوهورت قند و لیپید تهران نشان داد که مقدار تام کربوهیدرات رژیم غذایی و همچنین کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی (نمایه و بار گلیسمی و انسولینی کربوهیدرات رژیم غذایی) ارتباط معنی‌دار با تغییر وضعیت گلیسمی در مبتلایان به پیش‌دیابت ندارد. اما، دریافت بیشتر فیبر رژیم غذایی با کاهش قابل توجه خطر پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ در مبتلایان به پیش‌دیابت همراه بود. افزایش ۵ گرم فیبر به ازاء ۱۰۰۰ کیلوکالری دریافتی از رژیم غذایی روزانه با کاهش ۲۵ درصدی پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ مرتبط بود. در مطالعه حاضر طی ۹ سال پیگیری، ۳۹/۸ درصد مبتلایان به پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ مبتلا شدند. سالانه در حدود ۵ تا ۱۰ درصد مبتلایان به پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ مبتلا می‌شوند و تخمین زده می‌شود در حدود ۷۰ درصد افراد مبتلا به پیش‌دیابت طی ده سال به سمت دیابت نوع ۲ پیشرفت کنند.<sup>۲۸،۲۹</sup>

توصیه اخیر انجمن دیابت آمریکا در سال ۲۰۲۳ برای مبتلایان به پیش‌دیابت، پیگیری سالانه افراد از نظر وضعیت ابتلا به دیابت نوع ۲، کاهش ۷ درصد از وزن بدن در افراد دچار چاقی و اضافه وزن (با پیروی از رژیم غذایی کم‌کالری سالم و افزایش فعالیت بدنی به حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته معادل مصرف ۷۰۰ کیلوکالری انرژی در هفته) است؛<sup>۳۰</sup> در این راهنما تاکید شده است که الگوهای غذایی مختلفی می‌تواند در کاهش خطر پیشرفت پیش‌دیابت مورد توجه قرار گیرد.<sup>۳۰</sup> مطالعات آینده‌نگر بر روی مبتلایان به پیش‌دیابت نشان داده‌اند که بار گلیسمی با خطر پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ ارتباط مستقیم و با برگشت به حالت طبیعی قند خون ارتباط معکوس دارد. رژیم غذایی با بار گلیسمی بالا (۱۱۴ در مقایسه با ۷۸ به ازاء ۱۰۰۰ کیلوکالری) تا ۸۵ درصد خطر پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت را افزایش می‌دهد (نسبت خطر: ۱/۸۵، حدود اطمینان ۹۵ درصد: ۱/۰۷ تا ۳/۲۱)، در حالی که رژیم غذایی با بار گلیسمی پایین موجب افزایش شانس برگشت به حالت طبیعی قندخون تا ۴۵ درصد (نسبت خطر: ۰/۶۵، حدود اطمینان ۹۵ درصد: ۰/۴۴ تا ۰/۹۶) می‌شود.<sup>۳۱</sup> فراتحلیل مطالعات آینده‌نگر انجام شده بر روی افراد سالم و مبتلا به پیش‌دیابت نشان داده‌است که خطر نسبی بروز دیابت به ازاء ۵ واحد افزایش در نمایه گلیسمی رژیم

غذایی تا ۸ درصد و به ازاء ۲۰ واحد افزایش بار گلیسمی رژیم غذایی تا ۳ درصد افزایش می‌یابد، در حالی که مقدار تام کربوهیدرات مصرفی ارتباطی با خطر بروز دیابت نشان نمی‌دهد.<sup>۳۲</sup> همچنین نمایه و بار گلیسمی با بروز دیابت ارتباطی داشته‌اند در حالی که مقدار کربوهیدرات رژیم غذایی با خطر بروز دیابت ارتباط پیچیده و غیر قابل تفسیر داشت.<sup>۳۲</sup> مطالعه فراتحلیل دیگری با بررسی ۳ مطالعه آینده‌نگر بر روی مجموعاً بیش از ۳ میلیون فرد سالم و مبتلا به پیش‌دیابت نشان داد که مقادیر بالای نمایه گلیسمی رژیم غذایی (پنجک بالا در مقایسه با پنجک اول) با افزایش ۳۳ درصدی خطر بروز دیابت نوع ۲ همراه است.<sup>۳۳</sup> همچنین مقادیر بالای بار گلیسمی رژیم غذایی (پنجک بالا در مقایسه با پنجک اول) با افزایش ۱۰ درصدی خطر بروز دیابت همراه بود؛<sup>۳۳</sup> خطر بروز دیابت در افرادی که رژیم غذایی با نمایه گلیسمی و بار گلیسمی بالا و دریافت فیبر پایین داشتند تا ۵۰ درصد افزایش نشان داد.<sup>۳۳</sup> توصیه به مصرف کمتر کربوهیدرات از طریق آموزش مبتلایان به پیش‌دیابت با تمرکز بر میزان قند ساده و محتوای کربوهیدرات اقلام غذایی و نیز آشنایی با غذاهای با نمایه گلیسمی بالا پس از ۶ سال موجب بازگشت ۹۳ درصد مبتلایان به وضعیت گلیسمی طبیعی شد.<sup>۳۴</sup>

به منظور اصلاح رژیم غذایی، جهت کاهش خطر بروز دیابت نوع ۲ در مبتلایان به پیش‌دیابت، علاوه بر محدودیت دریافت کربوهیدرات تام رژیم غذایی، افزایش مصرف اقلام غذایی غنی از فیبر و نیز تمرکز بر کیفیت کربوهیدرات مصرفی با شاخص‌هایی نظیر شاخص و بار گلیسمی توصیه می‌شود.<sup>۳۵</sup> پیروی از رژیم غذایی با نمایه گلیسمی پایین در مبتلایان به پیش‌دیابت می‌تواند موجب افزایش حساسیت بافت‌های محیطی به انسولین،<sup>۳۶</sup> کاهش مقاومت به انسولین، و بهبود هیپرانسولینمی پس از صرف غذا<sup>۳۷</sup> گردد. رژیم‌های غذایی کم‌کربوهیدرات نیز در کنار اصلاح شیوه زندگی (خصوصاً افزایش فعالیت بدنی) موجب افزایش شانس بازگشت به حالت طبیعی قندخون در مبتلایان به پیش‌دیابت می‌شود.<sup>۳۸</sup> ارتباط دریافت فیبر غذایی (محلول و نامحلول) با تغییر وضعیت گلیسمی (پیشرفت به دیابت نوع ۲ یا بازگشت به وضعیت گلیسمی طبیعی) کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، اگر چه ارتباط معکوس دریافت فیبر با بروز پیش‌دیابت و دیابت نوع ۲ در افراد سالم در مطالعات متعددی گزارش شده است. افزایش مصرف فیبر غذایی موجب بهبود تنظیم قند خون، افزایش حساسیت به انسولین، و در نتیجه کاهش

رخ داده باشد. هرچند مشاهدات قبلی در جمعیت ما نشان-  
دهنده ثبات قابل قبول الگوهای غذایی اصلی در طول زمان  
بوده است.<sup>۴۲</sup> در نهایت، همانند تمامی مطالعات مشاهده‌ای،  
نتایج این مطالعه نیز موید وجود رابطه علیتی بین مواجهه و  
پیامد نخواهد بود.

#### نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد مقادیر تام کربوهیدرات رژیم  
غذایی و نیز کیفیت آن (نمایه و بار گلیسمی، نمایه و بار  
انسولینی) ارتباط معنی‌دار با تغییر وضعیت گلیسمی در  
مبتلایان به پیش دیابت ندارد اما دریافت بیشتر فیبر رژیم  
غذایی می‌تواند خطر پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ را  
کاهش دهد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، دریافت مقادیر  
بالتر فیبر رژیم غذایی (افزایش دریافت گروه‌های غذایی غنی  
از فیبر شامل غلات کامل، حبوبات، میوه و سبزیجات) جهت  
کاهش خطر پیشرفت پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ و افزایش  
شانس برگشت به حالت طبیعی بعنوان مداخله بالینی در  
مبتلایان به پیش‌دیابت پیشنهاد می‌شود. همچنین جهت انجام  
مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد تعیین مقادیر مناسب  
کربوهیدرات رژیم غذایی و نوع کربوهیدرات مصرفی برای  
بهبود وضعیت گلیسمی و افزایش شانس بازگشت به حالت  
قندخون طبیعی در مبتلایان به پیش‌دیابت در اولویت قرار  
گیرد.

سپاسگزاری: پژوهش حاضر با حمایت معاونت تحقیقات و فناوری  
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی (طرح پژوهشی کد ۴۳۰۰۵۶۰۴)  
انجام گردید. بدین وسیله از کارشناسان واحد قند و لیپید تهران،  
پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی  
شهید بهشتی برای همکاری در اجرای این مطالعه قدرانی می‌شود.  
همچنین از شرکت‌کنندگان در مطالعه قند و لیپید تهران قدرانی  
می‌شود.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد  
منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

## References

1. American Diabetes Association. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes—2021. *Diabetes Care* 2020; 44(Supplement 1): S15-S33.
2. Barry E, Roberts S, Oke J, Vijayaraghavan S, Normansell R, Greenhalgh T. Efficacy and effectiveness of screen and treat policies in prevention of type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of screening tests and interventions. *BMJ (Clinical research ed)* 2017; 356: i6538.

خطر دیابت نوع ۲ می‌شود.<sup>۴۹</sup> مصرف فیبر تام بیشتر از ۱۵  
گرم در روز در مقایسه با مقادیر کمتر از ۸ گرم در روز با  
کاهش ۱۵ درصدی خطر بروز پیش‌دیابت در افراد سالم  
همراه بوده و این اثر محافظتی به فیبر محلول نسبت داده  
شده است.<sup>۴۰</sup> مرور چتری چهار مطالعه فراتحلیل نیز نشان  
داد که دریافت مقادیر بالاتر فیبر غذایی خطر بروز دیابت نوع  
۲ را در افراد سالم بین ۱۵ تا ۱۹ درصد کاهش می‌دهد و از  
میان فیبر موجود در میوه، سبزیجات و غلات، تنها فیبر  
موجود در غلات تأثیر معنی‌دار (۱۷ تا ۳۳ درصدی) بر  
کاهش خطر دیابت نوع ۲ داشته است.<sup>۴۱</sup>

از جمله نقاط قوت مطالعه حاضر می‌توان به طراحی  
آینده‌نگر، پیگیری طولانی‌مدت شرکت‌کنندگان و در نظر  
گرفتن هم‌زمان پیامدها در یک مدل آماری، در ارتباط با  
کمیت و کیفیت کربوهیدرات رژیم غذایی اشاره کرد. همچنین  
در این مطالعه همه متغیرهای مخدوش‌گر احتمالی در نظر  
گرفته شدند. همچنین ارزیابی دریافت‌های غذایی توسط  
پرسش‌نامه بسامد خوراک اعتبارسنجی شده برای جمعیت  
مورد بررسی انجام شد. هرچند مطالعه حاضر دارای  
محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. عدم مشاهده ارتباط معنی‌دار  
بین مقادیر تام کربوهیدرات رژیم غذایی و نیز کیفیت آن با  
ابتلا به دیابت نوع ۲ در مبتلایان به پیش‌دیابت خلاف  
مطالعات قبلی بود که می‌تواند به دلیل حجم اندک نمونه و نیز  
نسبت برابر برگشت از پیش‌دیابت به وضعیت گلیسمی  
طبیعی و پیشرفت به دیابت نوع ۲ در جمعیت مورد مطالعه  
حاضر باشد. علی‌رغم تعدیل مدل‌های آماری برای طیف  
وسعی از عوامل مخدوش‌کننده، مخدوش‌کننده‌های بالقوه  
باقی‌مانده ناشی از عوامل ناشناخته و سنجش نشده دیگر؛ از  
جمله زمینه ژنتیکی ابتلا به دیابت نوع ۲ نیز باید در نظر  
گرفته شوند. همچنین، به دلیل تغییرات احتمالی در رژیم  
غذایی و متغیرهای مخدوش‌گر در طول مدت پیگیری در  
مطالعه ممکن است در برآورد نسبت شانس درجاتی از خطا

3. Makaroff LE. The need for international consensus on prediabetes. *Lancet Diabetes Endocrinology* 2017; 5: 5-7.
4. Greiner GG, Emmert-Fees KMF, Becker J, Rathmann W, Thorand B, Peters A, et al. Toward targeted prevention: risk factors for prediabetes defined by impaired fasting glucose, impaired glucose tolerance and increased HbA1c in the population-based KORA study from Germany. *Acta Diabetol* 2020; 57: 1481-91.
5. Mirmiran P, Hosseini S, Bahadoran Z, Azizi F. Dietary pattern scores in relation to pre-diabetes regression to



- normal glycemia or progression to type 2 diabetes: a 9-year follow-up. *BMC endocrine disorders* 2023; 23: 20.
6. Yuzbashian E, Asghari G, Mirmiran P. Changes in dairy product consumption and subsequent type 2 diabetes among individuals with prediabetes: Tehran Lipid and Glucose Study 2021; 20: 88.
  7. Bahadoran Z, Mirmiran P, Azizi F. Usual Intake of Dairy Products and the Chance of Pre-diabetes Regression to Normal Glycemia or Progression to Type 2 Diabetes: A 9-year follow-up. *Nutrition and Diabetes* 2023; Accepted.
  8. Cea-Soriano L, Pulido J. Mediterranean diet and diabetes risk in a cohort study of individuals with prediabetes: propensity score analyses. *Diabet Med* 2022; 39: e14768.
  9. Bannasar-Veny M, Fresneda S, López-González A, Bussquets-Cortés C, Aguiló A, Yañez AM. Lifestyle and Progression to Type 2 Diabetes in a Cohort of Workers with Prediabetes. *Nutrients* 2020; 12: 1538.
  10. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 362-6.
  11. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care* 2008; 31: 2281-3.
  12. Azizi F, Zadeh-Vakili A, Takyar M. Review of Rationale, Design, and Initial Findings: Tehran Lipid and Glucose Study. *Int J Endocrinol Metab* 2018; 16(4 Suppl): e84777.
  13. Askari S, Asghari G, Ghanbarian A, Khazan M, Alamdari S, Azizi F. Seasonal variations of blood pressure in adults: Tehran lipid and glucose study. *Arch Iran Med* 2014; 17: 441-3.
  14. Bahadoran Z, Mirmiran P, Shabani M, Azizi F. Higher daily physical activity levels may facilitate pre-diabetes regression to normoglycemia: A longitudinal study among an Iranian population. *Prev Med Rep* 2023; 34: 102233.
  15. Hosseini-Esfahani F, Jessri M, Mirmiran P, Bastan S, Azizi F. Adherence to dietary recommendations and risk of metabolic syndrome: Tehran Lipid and Glucose Study. *Metabolism: clinical and experimental* 2010; 59: 1833-42.
  16. Bahadoran Z, Mirmiran P, Tohidi M, Azizi F. Dietary phytochemical index and the risk of insulin resistance and  $\beta$ -cell dysfunction: a prospective approach in Tehran lipid and glucose study. *Int J Food Sci Nutr* 2015; 66: 950-5.
  17. Golzarand M, Bahadoran Z, Mirmiran P, Sadeghian-Sharif S, Azizi F. Dietary phytochemical index is inversely associated with the occurrence of hypertension in adults: a 3-year follow-up (the Tehran Lipid and Glucose Study). *European Journal of Clinical Nutrition* 2015; 69: 392-8.
  18. Mirmiran P, Bahadoran Z, Delshad H, Azizi F. Effects of energy-dense nutrient-poor snacks on the incidence of metabolic syndrome: A prospective approach in Tehran Lipid and Glucose Study. *Nutrition* 2014; 30: 538-43.
  19. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 5-56.
  20. Taleban F, Esmaeili M. Glycemic index of Iranian foods: Guideline for diabetic and hyperlipidemic patients (in persian) 1999; 1: 1-16.
  21. Teymoori F, Farhadnejad H, Mirmiran P, Nazarzadeh M, Azizi F. The association between dietary glycemic and insulin indices with incidence of cardiovascular disease: Tehran lipid and glucose study. *BMC Public Health* 2020; 20: 1496.
  22. Yudkin JS. "Prediabetes": Are There Problems With This Label? Yes, the Label Creates Further Problems! *Diabetes Care* 2016; 39: 1468-71.
  23. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2011; 34 Suppl 1(Suppl 1): S62-9.
  24. Bozorgmanesh M, Hadaegh F, Ghaffari S, Harati H, Azizi F. A simple risk score effectively predicted type 2 diabetes in Iranian adult population: population-based cohort study. *Eur J Public Health* 2011; 21: 554-9.
  25. Alizadeh Z, Baradaran HR, Kohansal K, Hadaegh F, Azizi F, Khalili D. Are the determinants of the progression to type 2 diabetes and regression to normoglycemia in the populations with pre-diabetes the same? *Front Endocrinol* 2022; 13: 1041808.
  26. Hosmer DW, Lemeshow S, Cook E. *Applied logistic regression* 2nd edition 2000.
  27. Bahadoran Z, Mirmiran P, Ghasemi A, Carlström M, Azizi F, Hadaegh F. Vitamin C intake modify the impact of dietary nitrite on the incidence of type 2 diabetes: A 6-year follow-up in Tehran Lipid and Glucose Study. *Nitric Oxide* 2017; 62: 24-31.
  28. Forouhi NG, Luan J, Hennings S, Wareham NJ. Incidence of Type 2 diabetes in England and its association with baseline impaired fasting glucose: the Ely study 1990-2000. *Diabet Med* 2007; 24: 200-7.
  29. DeJesus RS, Breitkopf CR, Rutten LJ, Jacobson DJ, Wilson PM, Sauver JS. Incidence Rate of Prediabetes Progression to Diabetes: Modeling an Optimum Target Group for Intervention. *Population Health Management* 2017; 20: 216-23.
  30. ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, Bannuru RR, Brown FM, Bruemmer D, et al. Prevention or Delay of Type 2 Diabetes and Associated Comorbidities: Standards of Care in Diabetes-2023. *Diabetes Care* 2023; 46(Suppl 1): S41-S8.
  31. He F. Diets with a low glycaemic load have favourable effects on prediabetes progression and regression: a prospective cohort study. *J Hum Nutr Diet* 2018; 31: 292-300.
  32. Greenwood DC, Threapleton DE, Evans CE, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, et al. Glycemic index, glycemic load, carbohydrates, and type 2 diabetes: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Diabetes Care* 2013; 36: 4166-71.
  33. Bhupathiraju SN, Tobias DK, Malik VS, Pan A, Hruby A, Manson JE, et al. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *The Am J Clin Nutr* 2014; 100: 218-32.
  34. Unwin D, Khalid AA, Unwin J, Crocombe D, Delon C, Martyn K, et al. Insights from a general practice service evaluation supporting a lower carbohydrate diet in patients with type 2 diabetes mellitus and prediabetes: a secondary analysis of routine clinic data including HbA1c, weight and prescribing over 6 years. *BMJ Nutr Prev Health* 2020; 3: 285-94.
  35. Bantle JP, Wylie-Rosett J, Albright AL, Apovian CM, Clark NG, Franz MJ, et al. Nutrition recommendations and interventions for diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2008; 31 Suppl 1: S61-78.
  36. Macedo da Costa TH, Pires da Silva FV, Gonçalves Reis CE, Augusto Casulari L. Improved metabolic response after 16 weeks of calorie-restricted low-glycaemic index diet and metformin in impaired glucose tolerance subjects. *Nutr Hospitalaria* 2014; 29: 1081-7.

37. Solomon TP, Haus JM, Kelly KR, Cook MD, Filion J, Rocco M, et al. A low-glycemic index diet combined with exercise reduces insulin resistance, postprandial hyperinsulinemia, and glucose-dependent insulinotropic polypeptide responses in obese, prediabetic humans. *Am J Clin Nutr* 2010; 92: 1359-68.
38. Röhling M, Kempf K, Banzer W, Berg A, Braumann K-M, Tan S, et al. Prediabetes conversion to normoglycemia is superior adding a low-carbohydrate and energy deficit formula diet to lifestyle intervention—a 12-month subanalysis of the ACOORH trial. *Nutrients* 2020; 12: 2022.
39. Anderson JW, Baird P, Davis RH, Jr., Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev* 2009; 67: 188-205.
40. Zhang S, Meng G, Zhang Q, Liu L, Yao Z, Wu H, et al. Dietary fibre intake and risk of prediabetes in China: results from the Tianjin Chronic Low-grade Systemic Inflammation and Health (TCLSIH) Cohort Study. *Br J Nutr* 2022; 128: 753-61.
41. McRae MP. Dietary Fiber Intake and Type 2 Diabetes Mellitus: An Umbrella Review of Meta-analyses. *J Chiropr Med* 2018; 17: 44-53.
42. Aghayan M, Asghari G, Yuzbashian E, Mahdavi M, Mirmiran P, Azizi F. Secular trend in dietary patterns of Iranian adults from 2006 to 2017: Tehran lipid and glucose study. *Nutr J* 2020; 19: 110.

Original Article

# Association of Carbohydrate Quantity and Quality with the Progression of Prediabetes to Type 2 Diabetes and Regression to Normoglycemia: A 9-year Follow-up in Tehran Lipid and Glucose Study

Mirmiran P<sup>1</sup> , Bahadoran Z<sup>1</sup> , Jalali M<sup>1</sup> , Azizi F<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Nutrition and Endocrine Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. <sup>2</sup>Endocrine Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, I.R. Iran.

e-mail: z.bahadoran@sbm.ac.ir

Received: 28/11/2023 Accepted: 13/01/2024

## Abstract

**Introduction:** This study aimed to determine the association between the quality and quantity of dietary carbohydrate (CHO) with the risk of pre-diabetes (pre-DM) progression to type 2 diabetes (T2D) and the chance of returning to normal glycemia. **Materials and Methods:** Dietary CHO quantity (total CHO and dietary fiber) and quality (glycemic index, glycemic load, insulin index, and insulin load) were assessed using a 168-item, semi-quantitative, valid, and reliable food frequency questionnaire in 334 men and women with pre-DM at baseline. The participants were followed for a median of 9 years. Fasting and 2-hours (after oral loading of 75 g glucose) plasma glucose concentrations were measured at baseline and subsequent examinations. **Results:** During the study follow-up, 39.8% of the pre-DM subjects progressed to T2D, and 39.8% returned to normal glycemia. Dietary total CHO, glycemic index, glycemic load, insulin index, and insulin load were not significantly associated with pre-DM regression and progression during the study follow-up. A 25% reduced risk of developing T2D was observed per 5 g/1000 kcal per day by the increased dietary intake of fiber (odds ratio: 0.75, 95% CI: 0.58-0.98; P=0.038). **Conclusion:** Total CHO intake and its quality were not associated with the change of glycemic status in pre-DM subjects, while higher intakes of dietary fiber decreased the risk of pre-DM progression to T2D.

**Keywords:** Prediabetes, Type 2 diabetes, Dietary carbohydrate, Glycemic Index, Insulin index