

تأثیر دو نوع رژیم غذایی ایزوکالریک با درصدهای متفاوت چربی در دوران بارداری و شیردهی در موش‌های مادر C57BL/6 بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در بافت کبد فرزندان بالغ

سیده ندا موسوی^{۱،۲}، سارا قراچه^۲، میرسعید سیددراجی^۳، الهام حسینی^۱، فریبا کوهدانی^{۳*}

چکیده

مقدمه: مطالعات حیوانی نشان داده‌اند که رژیم غذایی کم/پُرکالری مادر در دوران بارداری می‌تواند با تغییر در بیان ژن سیرتوئین-۱، به عنوان یک سنسور متابولیک، بر متابولیسم فرزندان اثر بگذارد. اما تاکنون مطالعه‌ای به بررسی اثر رژیم غذایی ایزوکالریک در این زمینه نپرداخته است. در این مطالعه اثر دو نوع رژیم غذایی ایزوکالریک با مقادیر متفاوت چربی بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در بافت کبد توله‌های نر و ماده بررسی شده است.

روش‌ها: گروه کنترل رژیم غذایی AIN93G دریافت نمودند. در این رژیم غذایی ۱۶٪ و ۶۴٪ از کل کالری به‌ترتیب از چربی و کربوهیدرات تأمین شد. گروه مداخله رژیم غذایی پُرچرب AIN93G دریافت نمودند که به‌ترتیب ۴۸٪ و ۳۲٪ از کل کالری روزانه از چربی و کربوهیدرات تأمین شد. چربی رژیم غذایی از روغن سویا در هر دو گروه تأمین شد. رژیم‌های غذایی ایزوکالریک بوده و ۲۰٪ از کل کالری روزانه از پروتئین فراهم شد. مادران در کل دوران بارداری و شیردهی یکی از این دو نوع رژیم غذایی را دریافت کرده و همه‌ی توله‌ها پس از دوره‌ی از شیرگیری (۳ هفته پس از تولد)، رژیم غذایی کنترل را دریافت نمودند.

یافته‌ها: میزان بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در توله‌های نر و ماده متولد شده از موش‌های مادری که رژیم غذایی پُرچرب دریافت کرده بودند کمتر از توله‌های گروه کنترل بود ($P < 0.001$).

نتیجه‌گیری: تغییر در میزان چربی دریافتی در رژیم غذایی مادر، بدون افزایش میزان انرژی دریافتی، بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در کبد نسل بعد مؤثر است.

واژگان کلیدی: کالری، چربی رژیم غذایی، بارداری، برنامه‌ریزی جنینی، سیرتوئین-۱

۱- مرکز تحقیقات بیماری‌های متابولیک، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

۲- گروه تغذیه، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

۳- گروه تغذیه سلولی و مولکولی، دانشکده‌ی علوم تغذیه و رژیم‌شناسی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۴- گروه شیمی کاربردی، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

* **نشانی:** تهران، بلوار کشاورز، خیابان نادری، خیابان حجت دوست، پلاک ۴۴، دانشکده علوم تغذیه و رژیم‌شناسی، دانشگاه علوم پزشکی

تهران، کد پستی: ۱۴۱۶۶۴۳۹۳۱، تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۵۵۹۷۵-۰۲۱، نمابر: ۰۲۱۸۸۹۸۴۸۶۱، پست الکترونیک: fkoohdan@tums.ac.ir

مقدمه

سیرتوئین-۱، آنزیم وابسته به نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید، یک گیرنده‌ی متابولیک موجود در هسته در بدن پستانداران است که از طریق داستیلاسیون هیستون‌ها و فاکتورهای نسخه برداری در تنظیم فرآیندهای اپی‌ژنتیک نقش دارد [۱]. مطالعات نشان داده‌اند که نیکوتین‌آمید مونونوکلئوتید، کوآنزیم اصلی سیرتوئین-۱، در بازسازی نوروهای عصبی و عروق نقش داشته، سیرتوئین-۱ را در سطح نسخه‌برداری فعال کرده، از میتوکندری در برابر آسیب محافظت کرده و آپوپتوز و استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد [۲، ۳]. مطالعات اخیر نشان داده‌اند سیرتوئین-۱ بر مسیرهای گلوکونوزنز، اکسیداسیون چربی، جریان کلسترول، ساخت اسیدهای صفراوی و لیپوزنز کبدی اثرگذار است [۴-۶]. افزایش فعالیت سیرتوئین-۱ با بهبود مقاومت به انسولین و کاهش میزان نیاز به انرژی در ارتباط بوده است [۷]. توجه مطالعات اخیر به سیرتوئین-۱ به دلیل نقشی که بر ترمیم DNA در نواحی آسیب دیده دارد بیشتر شده است [۸].

رژیم غذایی مادر در دوران بارداری و شیردهی تغییرات پایداری در متابولیسم جنین ایجاد می‌کند که به فرضیه «ریشه‌ی جنینی سلامت و بیماری» معروف است [۹]. بنابراین تغذیه‌ی مراحل اولیه زندگی منجر به ایجاد تطابق در روند رشد می‌شود که تغییرات پایدار متابولیک، فیزیولوژیک و فنوتیپیک، بدون تغییر در توالی DNA، ایجاد می‌کند [۱۰]. مطالعات گذشته نشان داده‌اند که نوع و مقدار روغن مصرفی در رژیم غذایی موش‌های مادر بر بیان ژن‌های بافت چربی و استخوان در توله‌ها، طبق یک الگوی وابسته به جنس اثرگذار است [۱۱ و ۱۲]. به‌علاوه یک مطالعه‌ی حیوانی گزارش کرده است که رژیم غذایی پُرکالری-پُرچرب مادر منجر به استیلاسیون هیستون H3 در کبد توله‌ها از مسیر سیرتوئین-۱ شده و هموستاز چربی دچار اختلال شده است [۱۳]. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مطالعات تا به امروز به ارزیابی اثر رژیم غذایی پُرکالری یا کم‌کالری بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ پرداخته‌اند و تا به امروز مطالعه‌ی اثر رژیم غذایی ایزوکالریک را بررسی نکرده

است [۱۴]. نکته‌ی مهم دیگر این است که تا کنون مطالعه‌ای به ارزیابی اثر مصرف رژیم غذایی پُرچرب در دوران‌های حیاتی رشد، بارداری و شیردهی، بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در توله‌ها نپرداخته است. بنابراین مطالعه‌ی حاضر به‌منظور ارزیابی اثر رژیم غذایی ایزوکالریک مادر، با میزان چربی بالا، در دوران بارداری و شیردهی بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در بافت کبد طراحی شده است.

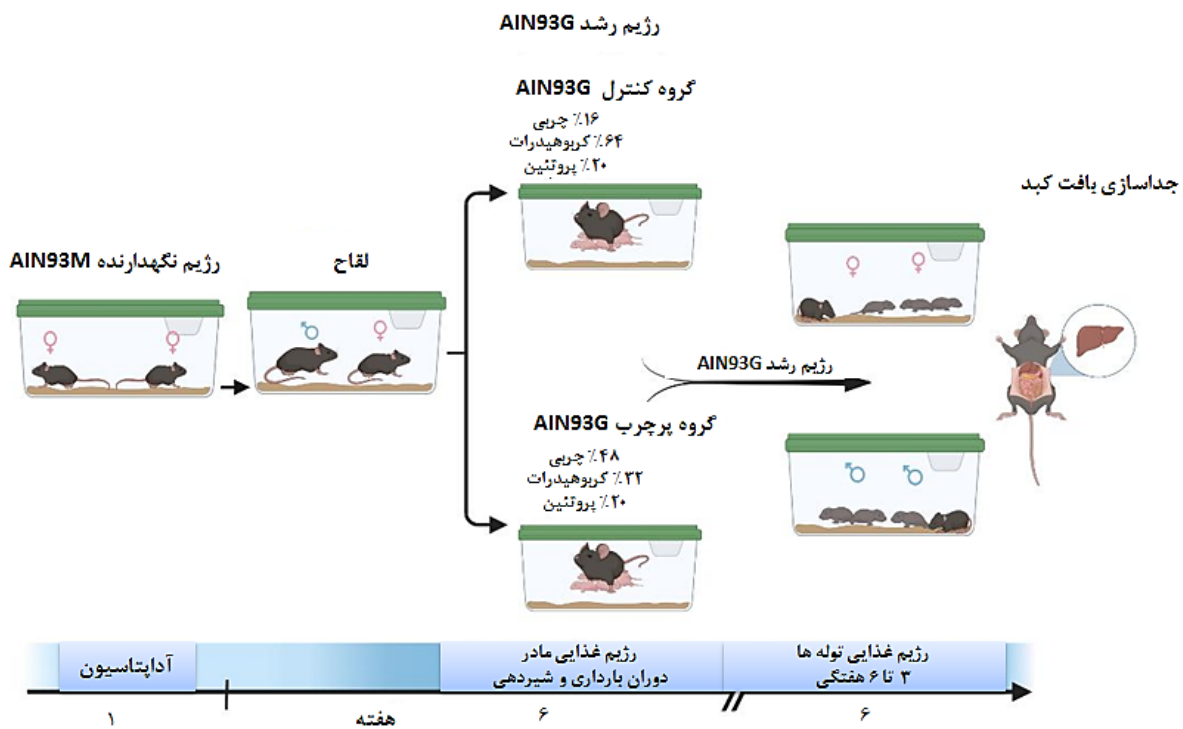
روش‌ها

مراحل حیوانی

این مطالعه از نوع مداخل‌های تجربی بود و بر روی موش‌های ماده نژاد C57Bl/6 انجام شد. مراحل مطالعه توسط کمیته‌ی اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تهران تأیید شد (IR.TUMS.VCR.REC.1396.3008) و موازین اخلاقی در نگهداری و انجام آزمایش مطابق آن رعایت گردید. حیوانات از محل تکثیر و پرورش حیوانات آزمایشگاهی در دانشگاه ایران خریداری شدند و در همین مرکز با شرایط یکسان در دوره‌های متوالی ۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی و در درجه حرارت 23 ± 1 درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند. حیوانات آزادانه به غذا و آب دسترسی داشتند. نوع رژیم غذایی در این مطالعه بر پایه‌ی توصیه‌ی انستیتوی تغذیه آمریکا در مورد جوندگان [۱۵] و به‌صورت رژیم غذایی تخلیص شده تهیه شد. ترکیب اجزای رژیم غذایی در جدول ۱ نشان داده شده است. رژیم‌های غذایی به‌صورت هفتگی در آزمایشگاه تغذیه‌ی دانشکده‌ی پزشکی دانشگاه تهران تهیه و در فریزر در دمای -20 -درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از یک هفته آداپتاسیون با رژیم غذایی نگه‌دارنده (AIN93M)، تمام موش‌های ماده به‌صورت تکی و با یک موش نر نژاد C57Bl/6 غیرفعال در یک قفس به‌منظور جفت‌گیری نگهداری شدند. پس از تأیید پلاک واژینال (روز اول بارداری)، موش‌های ماده به‌صورت تصادفی به دو گروه کنترل و پُرچرب دسته‌بندی شده و از روز اول بارداری تا پایان شیردهی یکی از این دونوع رژیم غذایی را دریافت نمودند. گروه کنترل رژیم غذایی AIN93G که مخصوص رشد

از شیرگیری (۳ هفته‌گی) تمامی توله‌ها بر حسب جنسیت جدا شده و در قفس‌های جداگانه نگهداری شده و تا ۶ هفته‌گی رژیم غذایی کنترل (AIN93G) را دریافت نمودند. در انتها توله‌های نر و ماده از هر قفس به صورت تصادفی انتخاب شده و توسط کتامین و زایلازین بیهوش شده، بافت کبد جدا شده و سریعاً به نیتروژن مایع منتقل شد. نمونه‌های بافت تا آنالیز نهایی بیان ژن و پروتئین و همچنین استخراج اسیدهای چرب بافت کبد در فریزر -۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند. مراحل اجرای مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است:

در دوران بارداری و شیردهی است را دریافت نموده و گروه پُرچرب رژیم غذایی AIN93G با درصد بالای چربی را دریافت نمودند. رژیم‌های غذایی ایزوکالریک بوده و محتوی ۳/۹۷ کیلوکالری به ازای هر گرم غذا بودند. در رژیم غذایی گروه کنترل ۱۶٪، ۶۴٪، و ۲۰٪ کالری از کربوهیدرات و چربی (به ترتیب) فراهم شد در حالی که در رژیم غذایی گروه پُرچرب ۳۲٪ و ۴۸٪ از کل کالری روزانه از کربوهیدرات و چربی تأمین شد. در هر دو نوع رژیم غذایی ۲۰٪ از کل کالری روزانه به پروتئین اختصاص داده شد. پس از زایمان تعداد توله‌ها در هر قفس به ۴ توله (۲ نر و ۲ ماده) کاهش داده شد. پس از دوره‌ی



شکل ۱- مراحل اجرایی مطالعه

جدول ۱- اجزای رژیم‌های غذایی نگهدارنده و رشد AIN93

رژیم غذایی اجزا (g/kg)	کازئین	نشاسته ذرت	ساکارز	روغن سویا	فیبر	مینرال میکس	ویتامین میکس	ال-سیستئین	کولین تارترات	ترت- بوتیل هیدروکینون
AIN93M	۱۴۰	۶۳۰	۱۰۰	۴۰	۵۰	۳۵	۱۰	۱/۸	۲/۲	۰/۰۰۸
کنترل AIN93G	۲۰۰	۵۳۰	۱۰۰	۷۰	۵۰	۳۵	۱۰	۳	۲/۲	۰/۰۱۴
پُرچرب AIN93G	۲۰۰	۲۱۷	۱۰۰	۲۱۰	۲۲۲/۵	۳۵	۱۰	۳	۲/۵	۰/۰۱۴

ال سیستئین (W326305, Sigma Aldrich, Germany)، ویتامین میکس (296040201, MP Biomedicals, USA)، مینرال میکس (296040002, MP Biomedicals, USA)، کولین بی تارترات (C1629, Sigma Aldrich, Germany)، ترت بوتیل هیدروکینون (112941, Sigma Aldrich, Germany)، کازئین، نشاسته ذرت، ساکارز و فیبر از ایران خریداری شد

ارزیابی بیان ژن سیرتوئین-۱

مدت ۵ دقیقه در دمای ۵۵-۴۵ درجه‌ی سانتی‌گراد حل شد. به منظور ارزیابی مقدار RNA استخراج شده از نانودراپ ۱۰۰۰ در طول موج ۲۶۰ نانومتر استفاده شد (DPI-1, QIAGEN Inc., USA). همچنین کیفیت RNA استخراج شده از الکتروفورز ژل آگارز استفاده شد. در نهایت با استفاده از روش فرمنتاز (Fermentas Co. USA) از یک میکروگرم از RNA استخراج شده، cDNA ساخته شد. به منظور ارزیابی بیان ژن از دستگاه ABI (Applied Biosystems, California, USA) استفاده شد. به منظور ارزیابی بیان ژن، ۱۰ پیکومول از پرایمر فوروارد و ریورس ژن سیرتوئین-۱، گلیسرآلدئید-۳-فسفات دهیدروژناز (GAPDH) به عنوان ژن خانه نگهدارنده، ۱ میکرولیتر از cDNA ساخته شده و سایبرگرین مستر میکس با دوبار تکرار استفاده شد. پرایمرها با استفاده از نرم‌افزار primer express به صورت زیر طراحی شدند:

SIRT1 (فوروارد): GTGTCATAGGATAGGTGGTG; ریورس: TATGAAGAGGTGTTGGTGG)
GAPDH (فوروارد): CTATGTTTGTGATGGGTGTGA; ریورس: AGTGGATGCAGGGATGATGT).

چرخه‌ی تکثیر شامل ۴۰ سیکل سه مرحله‌ای: ۹۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ثانیه، ۵۸-۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه و ۷۲ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه بود. نتایج با استفاده از فرمول زیر و $2^{-\Delta\Delta Ct}$ محاسبه شد.

$$\Delta\Delta Ct = (CT_{SIRT1} - CT_{GAPDH})_{Time X} - (CT_{SIRT1} - CT_{GAPDH})_{Time 0}$$

ارزیابی میزان پروتئین سیرتوئین-۱

دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ rpm در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. اتیلن دی‌آمین تتراسدیک اسید (EDTA) به عنوان مهارکننده‌ی پروتئاز استفاده شد. سوپرناتانت در دمای ۷۰- درجه‌ی سانتی‌گراد تا آنالیز نهایی نگهداری شد. ۵۰ میلی‌گرم پروتئین (از هر نمونه) به بافر لودینگ به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه‌ی سانتی‌گراد اضافه شد. سپس پروتئین‌های دناتوره شده روی چاهک‌ها لود شده و بافر متحرک در ولتاژ ۱۰۰ میلی‌ولت به مدت ۲۲۰ دقیقه اضافه شد. پروتئین‌ها با صفحه SDS ۱۰٪ (PH=۶/۸) جداسازی شده و به غشای نیتروسولوزی با ولتاژ ۸۰ میلی‌ولت

برای ارزیابی مقدار پروتئین سیرتوئین-۱ در بافت کبد از روش وسترن بلات استفاده شد. در ابتدا بافت کبد با محلول PBS پاکسازی شد. برای جلوگیری از آسیب به ساختار پروتئین تحت تأثیر دما، لیز بافت بر روی یخ صورت گرفت. پروتئین لیز شده را درون میکروتیوب ریخته و سپس ۲۰۰ میکرولیتر بافر رپا به آن اضافه شده و به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد. در این مدت هر ۲۰ دقیقه بافت را از یخچال بیرون آورده و پس از کوبیدن بافت مجدداً به دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد برگردانیم. نمونه‌ها بعد از گذشت ۹۰

اطمینان از توزیع غیرنرمال داده‌ها، از آزمون من-ویتنی به منظور ارزیابی بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ تجزیه و تحلیل شدند. سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

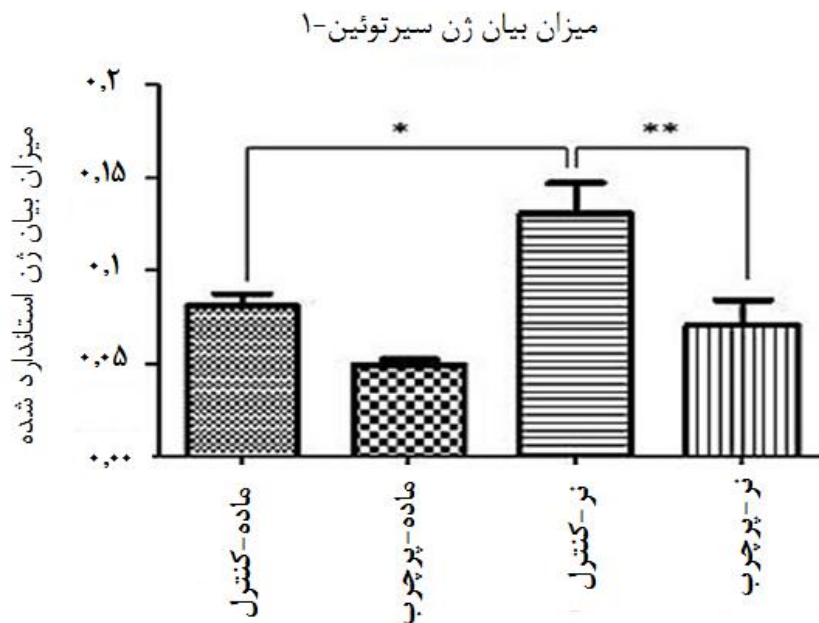
یافته‌ها

میزان بیان ژن سیرتوئین-۱ در توله‌های ماده بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت. در گروه کنترل، میزان بیان ژن سیرتوئین-۱ در کبد توله‌های نر به طور معنی‌دار بالاتر از توله‌های ماده بود ($P < 0/01$). به علاوه میزان بیان ژن سیرتوئین-۱ در کبد توله‌های متولد شده از مادران مصرف کننده رژیم غذایی پُرچرب در مقایسه با توله‌های نر گروه کنترل کمتر بود ($P < 0/001$).

و دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۸۰ دقیقه انتقال داده شدند. بعد از انکوباسیون شبانه در بافر مسدود کننده (شیرخشک بدون چربی)، آنتی‌بادی سیرتوئین-۱ به همراه بافر توئین ۸۰ رقیق شده (۱ به ۲۰۰)، به غشای نیتروسولوزی اضافه شده و به مدت ۱۲۰ دقیقه تکان داده شد. نمونه‌ها سه بار با بافر توئین شستشو داده شد و در هر بار شستشو به مدت ۱۰ دقیقه تکان داده شد. آنتی‌بادی آنتی‌سیرتوئین-۱ (Abcam Co., UK) اضافه شده و نمونه‌ها به مدت ۹۰ دقیقه تکان داده شد. برای ارزیابی میزان پروتئین از سیستم کمی لومینسانس و نرم‌افزار ImageJ استفاده شد.

تحلیل آماری

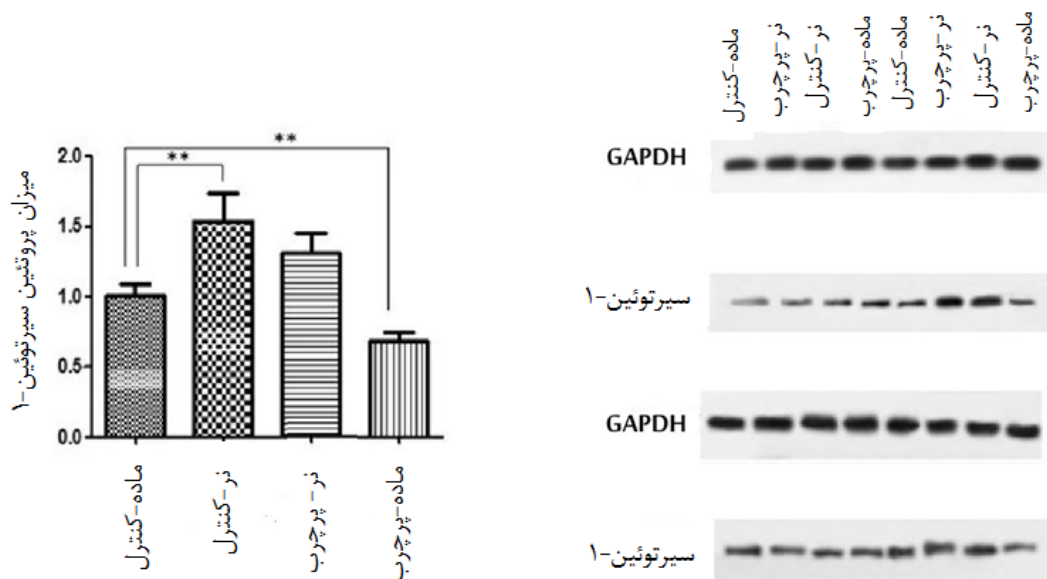
پس از جمع‌آوری اطلاعات، ابتدا میزان نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف تعیین شد. پس از



شکل ۲- میزان بیان ژن سیرتوئین-۱ استاندارد شده براساس GAPDH در کبد توله‌های مورد مطالعه ($P < 0/01$ *) و ($P < 0/001$ **)

کننده‌ی رژیم غذایی پُرچرب به طور معنی‌داری کمتر از توله‌های نر بود ($P < 0/001$).

در گروه کنترل میزان پروتئین سیرتوئین-۱ در توله‌های نر بیشتر از توله‌های ماده بود ($P < 0/001$). به علاوه میزان پروتئین سیرتوئین-۱ در کبد توله‌های ماده متولد شده از مادران مصرف



شکل ۳- میزان پروتئین سیرتوئین-۱ و ژل وسترن بلات استاندارد شده براساس GAPDH در کبد توله‌های مورد مطالعه (** $P < 0.001$)

بحث

سیرتوئین-۱ در کبد جنین می‌شود [۱۹]. یک مطالعه‌ی حیوانی دیگر گزارش کرده است که رژیم غذایی پُرچرب منجر به افزایش بیان ژن سیرتوئین-۱ در هیپوتالاموس می‌شود [۲۰]. مطالعه‌ای به ارزیابی اثر رژیم غذایی پُرچرب طولانی مدت در مقایسه با رژیم غذایی محدود از انرژی بر بیان ژن سیرتوئین-۱ در بافت اپی‌نلیال عروق پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که مصرف طولانی مدت رژیم غذایی پُرچرب منجر به داستیلاسیون سیرتوئین-۱ شده که اثرات مخرب بر بافت اپی‌نلیال عروق برجای می‌گذارد [۲۱]. سیرتوئین-۱ یک سنسور تغذیه‌ای، هیستون داستیلاز وابسته به NAD^+ است که مسیرهای متابولیسمی را با توجه به موجودیت انرژی تنظیم می‌کند [۲۲]. در مطالعه‌ی حاضر توله‌های متولد شده از مادران مصرف کننده رژیم غذایی پُرچرب کاهش بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ داشتند. براساس فرضیه ریشه‌ی جنینی سلامت و بیماری، رژیم غذایی مادر در دوران بارداری و شیردهی اثرات پایداری بر اپی‌ژنوم فرزندان نسل آینده دارد که استعداد ابتلا به بیماری‌های مزمن در سنین بزرگسالی افزایش می‌دهد [۹]. بنابراین می‌توان انتظار داشت که تغییرات ایجاد شده به صورت پایدار به نسل بعد منتقل شده و مسیرهای متابولیسمی بدن توله‌ها را تحت تأثیر قرار دهد [۲۳]. امروزه به دلیل صنعتی شدن

مطالعه‌ی حاضر اولین مطالعه‌ای است که به ارزیابی مقایسه‌ای میزان بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در کبد توله‌های نر و ماده‌ی متولد شده از مادران مصرف کننده رژیم غذایی پُرچرب و معمولی در دوران بارداری و شیردهی پرداخته است. نتایج جالب به دست آمده نشان داد که توله‌های ماده در مقایسه با جنس نر، نسبت به این تغییرات حساس‌تر هستند. میزان بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در توله‌های نر متولد شده از گروه کنترل به‌طور معنی‌دار بیشتر از توله‌های ماده بود. همچنین میزان بیان ژن سیرتوئین-۱ در کبد توله‌های نر متولد شده از گروه کنترل بیشتر از گروه پُرچرب بود اما این تغییرات در سطح پروتئین دیده نشد. براساس بررسی‌های صورت گرفته تاکنون مطالعه‌ای به ارزیابی مقایسه‌ای اثر رژیم‌های غذایی ایزوکالریک حاوی مقادیر متفاوت چربی و کربوهیدرات در دوران بارداری و شیردهی بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در نسل اول نپرداخته است. به‌طور کلی مطالعات در زمینه‌ی اثر رژیم غذایی پُرکالری-پُرچرب بر بیان ژن سیرتوئین-۱ بسیار محدود است [۱۶-۱۸]. تنها دو مطالعه‌ی حیوانی گزارش نموده‌اند که چاقی مادر در دوران بارداری منجر به کاهش بیان ژن

انجام مطالعات انسانی جهت بررسی در بدن انسان نیز توصیه می‌شود. همچنین تغییرات اپی‌ژنتیکی سیرتوئین شامل استیلاسیون/داستیلاسیون جهت شفاف‌سازی مسیرهای متابولیسمی درگیر می‌تواند پایه‌ای برای انجام مطالعات آینده باشد. به‌طورکلی، رژیم غذایی مادر در دوران بارداری و شیردهی اثرات ماندگاری بر متابولیسم نسل بعد برجا می‌گذارد. حتی رعایت یک رژیم غذایی مناسب پس از دوره‌ی از شیرگیری نمی‌تواند اثرات مخرب رژیم‌های غذایی دوران بارداری و شیردهی را از بین ببرد. ترکیب رژیم غذایی به اندازه میزان کالری دریافتی مهم است. رعایت تعادل در دریافت درشت مغذی‌ها شامل کربوهیدرات، چربی و پروتئین توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه علوم پزشکی تهران بابت تأمین هزینه‌های مورد نیاز برای اجرای پروژه کمال سپاس را دارند.

جوامع و کاهش زمان برای تهیه‌ی غذای سالم، گذار تغذیه‌ای رخ داده است. به گونه‌ای که رژیم غذایی سنتی غنی از فیبر توأم با دانه‌ها، میوه‌ها و سبزی‌ها به رژیم غذایی مدرن حاوی چربی، کربوهیدرات ساده و نمک فراوان تبدیل شده است [۲۴]. ممکن است افراد به میزان کالری دریافتی روزانه توجه کرده و آن را کنترل کنند اما دریافت درصد‌های مختلف کربوهیدرات و چربی، حتی در رژیم غذایی ایزوکالریک، می‌تواند اثرات مضر برای سلامتی داشته باشد [۲۵]. مشابه با سایر مطالعات، مطالعه‌ی حاضر محدودیت‌های دارد. بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ تنها در سنین نوجوانی توله‌ها ارزیابی شد. به‌علاوه اثر رژیم غذایی مادر در دوران بارداری و شیردهی بر بیان ژن و پروتئین سیرتوئین-۱ در توله‌ها مورد بررسی قرار گرفت. توله‌ها پس از دوره‌ی از شیرگیری رژیم غذایی استاندارد داشتند. تغییرات در دوره‌های مختلف بارداری می‌تواند اثرات متفاوتی برجا گذارد. همچنین ادامه رژیم‌های غذایی پُرچرب پس از دوره از شیرگیری می‌تواند منجر به بروز نتایج متفاوتی شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با بررسی اثر تغییرات رژیم غذایی در دوره‌های مختلف بارداری با ارزیابی پیامد در سنین مختلف توله‌ها طراحی گردد. به‌علاوه

مآخذ

- Kiss T, Nyúl-Tóth Á, Balasubramanian P, Tarantini S, Ahire C, Yabluchanskiy A, et al. Nicotinamide mononucleotide (NMN) supplementation promotes neurovascular rejuvenation in aged mice: transcriptional footprint of SIRT1 activation, mitochondrial protection, anti-inflammatory, and anti-apoptotic effects. *GeroScience*, 2020; 42: 1-20.
- Dominy Jr JE, Lee Y, Gerhart-Hines Z, Puigserver P. Nutrient-dependent regulation of PGC-1 α 's acetylation state and metabolic function through the enzymatic activities of Sirt1/GCN5. *Biochimica et biophysica acta (BBA)-proteins and proteomics*, 2010; 1804: 1676-83.
- Purushotham A, Xu Q, Lu J, Foley JF, Yan X, Kim D-H, et al. Hepatic deletion of SIRT1 decreases hepatocyte nuclear factor 1 α /farnesoid X receptor signaling and induces formation of cholesterol gallstones in mice. *Molecular and cellular biology*, 2012; 32: 1226-36.
- Purushotham A, Schug TT, Xu Q, Surapureddi S, Guo X, Li X. Hepatocyte-specific deletion of SIRT1 alters fatty acid metabolism and results in hepatic steatosis and inflammation. *Cell metabolism*, 2009; 9: 327-38.
- Banks AS, Kon N, Knight C, Matsumoto M, Gutiérrez-Juárez R, Rossetti L, et al. SirT1 gain of function increases energy efficiency and prevents diabetes in mice. *Cell metabolism*, 2008; 8: 333-41.
- Oberdoerffer P, Michan S, McVay M, Mostoslavsky R, Vann J, Park S-K, et al. SIRT1 redistribution on chromatin promotes genomic stability but alters gene expression during aging. *Cell*, 2008; 135: 907-18.
- Hales CN, Barker DJ. The thrifty phenotype hypothesis: Type 2 diabetes. *British medical bulletin*, 2001; 60: 5-20.
- Kwon EJ, Kim YJ. What is fetal programming?: a lifetime health is under the control of in utero health. *Obstetrics & gynecology science*, 2017; 60: 506-19.
- Barker DJ, Osmond C. Infant mortality, childhood nutrition, and ischaemic heart disease in England and Wales. *Lancet*, 1: 1077-1081, 1986.
- Parrettini S, Caroli A, Torlone E. Nutrition and Metabolic Adaptations in Physiological and

- Complicated Pregnancy: Focus on Obesity and Gestational Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2020; 11:611929.
11. Mousavi SN, Koohdani F, Shidfar F, Eslaminejad MB. Comparison of maternal isocaloric high carbohydrate and high fat diets on osteogenic and adipogenic genes expression in adolescent mice offspring. *Nutrition & metabolism*, 2016; 13: 69.
 12. Mousavi SN, Koohdani F, Eslaminejad MB, Izadi P, Eshraghian M, Sayahpour FA, et al. Extra virgin olive oil in maternal diet increases osteogenic genes expression, but high amounts have deleterious effects on bones in mice offspring at adolescence. *Iranian journal of basic medical sciences*, 2016; 19: 1299.
 13. Suter MA, Chen A, Burdine MS, Choudhury M, Harris RA, Lane RH, et al. A maternal high-fat diet modulates fetal SIRT1 histone and protein deacetylase activity in nonhuman primates. *The FASEB Journal*, 2012; 26: 5106-14.
 14. Lee JD, Choi M-A, Ro SW, Yang WI, Cho AE, Ju H-L, et al. Synergic chemoprevention with dietary carbohydrate restriction and supplementation of AMPK-activating phytochemicals: the role of SIRT1. *European Journal of Cancer Prevention*, 2016; 25: 54.
 15. Council NR. *Nutrient Requirement of Laboratory Animals. 4th edition ed.* Washington, DC, USA,: National Academy Press; 1995.
 16. Nguyen LT, Chen H, Zaky A, Pollock C, Saad S. SIRT1 overexpression attenuates offspring metabolic and liver disorders as a result of maternal high- fat feeding. *The Journal of physiology*, 2019; 597: 467-80.
 17. Borengasser SJ, Kang P, Faske J, Gomez-Acevedo H, Blackburn ML, Badger TM, et al. High fat diet and in utero exposure to maternal obesity disrupts circadian rhythm and leads to metabolic programming of liver in rat offspring. *PLoS one*, 2014; 9: e84209.
 18. Chen H, Morris MJ. Differential responses of orexigenic neuropeptides to fasting in offspring of obese mothers. *Obesity*, 2009; 17: 1356-62.
 19. Elamin M, Ruskin DN, Masino SA, Sacchetti P. Ketogenic diet modulates nad+-dependent enzymes and reduces DNA damage in hippocampus. *Frontiers in cellular neuroscience*, 2018; 12: 263.
 20. Palliyaguru DL, Rudderow AL, Sossong AM, Lewis KN, Younts C, Pearson KJ, et al. Perinatal diet influences health and survival in a mouse model of leukemia. *Geroscience*, 2020; 42:1147-1155.
 21. Tomada I, Negrão R, Almeida H, Neves D Long-term high-fat consumption leads to downregulation of Akt phosphorylation of eNOS at Ser1177 and upregulation of Sirtuin-1 expression in rat cavernous tissue. *Age*, 2014; 36: 597-611.
 22. Perez PA, DiPatrizio NV. Impact of maternal western diet-induced obesity on offspring mortality and peripheral endocannabinoid system in mice. *PLoS One*, 2018; 13: e0205021.
 23. Schmitz G, Ecker J. The opposing effects of n- 3 and n- 6 fatty acids. *Progress in lipid research*, 2008; 47: 147-55.
 24. Golabi F, Aghayari Hir T, Sae M. The evaluation of intergenerational nutritional transition and associated social contexts. *Journal of the Iranian Institute for Health Sciences Research*, 2017; 15 (3):221-231.
 25. Mousavi SN, Koohdani F, Baghaban Eslaminejad M, Izadi P, Eshraghian M and et al. Extra virgin olive oil in maternal diet in, but high amount has deleterious effects creases osteogenic genes expression on bones in mice offspring at adolescence. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 2016; 19 (12): 1299-1307.

Effects of Two Isocalorie Diets with Different Amounts of Fat during Pregnancy and Lactation of C57BL/6 Mice on Gene and Protein Level of Sirtuin 1 in the Liver Tissue of Adult Offspring

Seyedeh Neda Mousavi^{1,2}, Sara Gharacheh³, Mir Saeed Seyed Dorraji⁴, Elham Hosseini¹, Fariba Koohdani^{*3}

1. Zanjan Metabolic Diseases Research Center, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

2. Department of Nutrition, School of Medicine, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

3. Department of Cellular and Molecular Nutrition, School of Nutritional Sciences and Dietetics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4. Department of Chemistry, Faculty of Science, Applied Chemistry Research Laboratory, University of Zanjan, Zanjan, Iran

ABSTRACT

Background: Animal studies have shown maternal low/ high-calorie diet during pregnancy can alter metabolism of offspring through change in Sirtuin 1 (SIRT1) expression, as a metabolic sensor. However, there is no study on the effects of isocalorie diet. Herein, effects of two isocalorie diets with different amounts of fat were assessed on SIRT1 gene and protein level in the liver of male and female offspring.

Methods: The control group received AIN93G diet. In this diet, 16% and 64% of total calorie were prepared from fat and carbohydrate, respectively. The intervention group received high fat AIN93G diet contained 48% and 32% of calorie from fat and carbohydrate, respectively. In both diets, fat was prepared from soy oil. Diets were isocaloric and 20% of total calorie was provided from protein. Mothers categorized to one of these diets and offspring received the control diet after weaning (3 weeks after the birth).

Results: SIRT1 gene and protein levels were lower in male and female offspring born from mothers received high-fat diet than the controls ($p < 0.001$).

Conclusion: Change in maternal dietary fat, without increase in calorie, effects on gene and protein levels of SIRT-1 in the liver of next generation.

Keywords: Calorie, Dietary Fat, Pregnancy, Embryonic Programming, Sirtuin 1

* Hojjatdoost St., Naderi St., Keshavarz Blv., Department of Nutritional Sciences and Dietetics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, Postal code: 1416643931, Tel: 021-88955975, Fax: 021-88984861, E-mail: fkoohdan@tums.ac.ir

