

اثر ترکیبات غذایی بر تنظیم تغییرات اپی ژنتیکی در سرطان

سیامک برقی (MSc)^۱، مریم امیری (MSc)^۱، حامد حاجی پور (PhD)^۲، سعید نمکی (PhD)^{۳*}

۱- گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۲- گروه بیولوژی تولید مثل، دانشکده علوم نوین پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
۳- گروه ایمونولوژی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دریافت: ۹۵/۸/۲۰، اصلاح: ۹۵/۱۱/۶، پذیرش: ۹۶/۲/۲۰

خلاصه

سابقه و هدف: واژه اپی ژنتیک به کلیه تغییرات غیر موروثی و قابل بازگشت در بیان ژن اطلاق میگردد که تغییری در توالی DNA ایجاد نکند. مهم ترین مکانیسم های اپی ژنتیک در رابطه با بیان ژن شامل متیلاسیون DNA، تغییرات هیستونی و سرکوب بیان ژن با RNA است. با توجه به ویژگی برگشت پذیر بودن تغییرات اپی ژنتیکی به نظر می رسد این ویژگی می تواند تحت تاثیر ترکیبات غذایی قرار گیرد و با کنترل رژیم غذایی بتوان از شیوع برخی سرطان ها جلوگیری کرد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیرات مواد غذایی بر پروسه پیشگیری از سرطان های رایج و مکانیسم های سلولی درگیر بر پایه مطالعات اخیر و گردآوری نتایج آنها می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه مروری ساده با جستجوی کلید واژه های اپی ژنتیک، سرطان و تغذیه در پایگاه های Pubmed و Elsevier مقالات مرتبط با تاثیر اپی ژنتیک در سرطان و ترکیبات غذایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها: از ۴۳۹ مطالعه یافت شده از موتور های جستجو مابین سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۶ تعداد ۶۴ مقاله انتخاب شد که نتایج آنها نشان دهنده این است که بسیاری از ترکیبات فعال موجود در رژیم غذایی باعث مهار بروز سرطان از طریق مکانیسم های متیلاسیون DNA، تغییرات هیستونی و miRNA می شود.

نتیجه گیری: اثر ضد سرطانی ترکیبات فعال موجود در رژیم غذایی بر تغییرات ویژه اپی ژنتیکی می تواند به عنوان یک مکانیسم ویژه و شناخته نشده برای پیشگیری از ابتلا به سرطان به کار برده شود.

واژه های کلیدی: اپی ژنتیک، سرطان، تغذیه.

مقدمه

ترانسفرازها (DNMTs) کاتالیز می شود که از S-آدنوزیل متیونین (SAM) به عنوان دهنده گروه متیل بهره می برند (۸). DNMT1 به صورت اولیه در نگهداری متیلاسیون DNA بعد از همانندسازی، دخیل است و DNMT3A و DNMT3B با ماشین رونویسی در تعامل اند و متیلاسیون مجدد را میانجیگری می کنند. مطالعات مختلفی افزایش بیان DNMTs را در تعدادی از سرطانها نشان می دهند (۸). هدف از این مطالعه بررسی تاثیرات مواد غذایی بر پروسه پیشگیری از سرطان های رایج و مکانیسم های سلولی درگیر بر پایه مطالعات اخیر و گردآوری نتایج آنها می باشد.

مواد و روش ها

در این مطالعه مروری با استفاده از مقالات علمی نمایه شده در پایگاه های اطلاعاتی Elsevier و Pubmed مابین سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۶ تاثیر مواد غذایی بر پروسه ایجاد سرطان با استفاده از واژه های کلیدی Epigenetic، Cancer، Nutrition (اپی ژنتیک، سرطان، تغذیه) مورد بررسی قرار گرفت و مقالات علمی یافت شده به دقت ارزیابی گردید.

تغییرات اپی ژنتیک، تغییرات توارثی در بیان ژن هستند که منجر به تغییر توالی DNA نمی شوند (۱). شواهد زیادی وجود دارد که نشان دهنده رابطه میان اختلالات اپی ژنتیکی و بیماری های مختلف از جمله سرطان، مولتیپل اسکروزیس (۲) دیابت (۳) و چاقی است. مطالعات سالهای اخیر نشان دهنده اثر ترکیبات موجود در رژیم غذایی بر پروسه ایجاد سرطان است. ایزوتوسیانات موجود در خانواده کلم (گل کلم، کلم بروکلی)، دی آلیل سولفید (ارگانسولفور موجود در سیر)، ایزوفلاون، فیتواسترول، توفیلین، فولات، سلنیم، ویتامین E، فلاوونوئیدها و فیبرهای غذایی ممکن است خطر ابتلا به سرطان را کاهش دهند (۴و۵). مکانیسم های اصلی کنترل اپی ژنتیک در پستانداران شامل متیلاسیون DNA، تغییرات هیستونی و تداخل RNA می باشد (۶و۷). کلید تغییرات اپی ژنتیک در پستانداران، اضافه شدن گروه متیل به کربن ۵ سیتوزین در توالی های دو نوکلئوتیدی CPG می باشد (۸و۹). توالی های CPG نواحی غنی از CG هستند که به عنوان جایز CPG شناخته می شوند و با مناطق آغاز رونویسی مرتبط می باشند (۸و۹). هیپرمتیلاسیون این نواحی می تواند منجر به خاموشی رونویسی ژنهای سرکوبگر تومور و غیر فعال شدن آنها در سرطانهای مختلف گردد (۱). اضافه شدن کوآلانسسی گروه متیل توسط خانواده DNA متیل

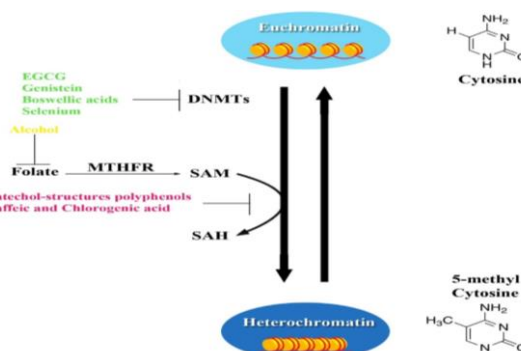
*مسئول مقاله: دکتر سعید نمکی

آدرس: تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده پزشکی، گروه ایمونولوژی. تلفن: ۲۲۷۱۸۵۳۱-۲۱

E-mail: saeednamaki@yahoo.com

یافته‌ها

تعداد ۴۳۹ مقاله در ارتباط با کلیدواژه‌های مورد نظر استخراج گردید که از این بین ۶۴ مقاله انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفتند. مقالاتی که تاثیر فاکتورهای دیگر مانند سن یا حضور عوامل محیطی مانند UV را بررسی نمودند از مطالعه خارج گردیدند. بر طبق این مطالعات، ترکیبات غذایی فعال با مکانیسم‌هایی مانند متیلاسیون DNA در جزایر CPG پروموتور، تغییرات هیستونی و بیان miRNA سبب ایجاد تغییرات اپی ژنتیک می‌شوند.



شکل ۱. متیلاسیون DNA در سیتوزین جزایر CPG پروموتور منجر به خاموشی رونویسی ژنهای سرکوبگر تومور و تغییرات بدخیم آنها می‌شود

ترکیبات غذایی، متیلاسیون DNA و تغییرات اپی ژنتیک اثری: تعدادی از مطالعات اپیدمیولوژیک شرایط نامطلوب محیطی و تغذیه‌ای در مراحل ابتدایی رشد و دوران جنینی و سپس در دوران بلوغ را با ریسک ابتلا به برخی بیماری‌ها در بزرگسالی مرتبط می‌دانند. هرچند مکانیسم اساسی این ارتباط کاملاً شناخته نشده ولی شواهد حاکی از دخالت اختلالات اپی ژنتیک است (۸-۱۱).

ترکیبات غذایی و متیلاسیون DNA در سرطان: ترکیباتی مانند فولات، پلی فنولهای چای، ایزوفلاونهای سویا و پلی فنولهای کاتکولی خاصیت ضدسرطانی با مکانیسم متیلاسیون DNA دارند (۱۲ و ۱۳) (شکل ۱). فولات در متابولیسم واحد‌های تک کربنه، سنتز DNA و متیلاسیون DNA دخیل است (۱۴). نقص فولات از طریق آسیب DNA (جفت شدن ناجور یوراسیل) (۱۵ و ۱۶)، متیلاسیون نابجا مثل متیلاسیون پروموتور (۱۷ و ۱۸)، و مهار DNMT1 باعث ایجاد سرطان می‌شود (۱۹).

غنی کردن رژیم غذایی با فولیک اسید یا فولات طبیعی ریسک ابتلا به سرطان کولورکتال را کاهش می‌دهد (۲۰ و ۲۱). علاوه بر این دوزهای بالای آن (۲۰ mg/kg) موجب کاهش قابل توجه پولیپهای روده در موشهای Apc^{+/+} بعد از ۳ ماه می‌شود؛ البته بعد از ۶ ماه استفاده مکمل فولات اثر متضاد بر تعداد پولیپهای روده دارد (۲۲). در یک مطالعه مادران دارای کمبود فولات با متیلاسیون نابجا DNA که منجر به نقایص لوله عصبی می‌شود مرتبط هستند. میزان پایین فولات در سرم مادران با هیپومتیلاسیون DNA در مغز و هیپومتیلاسیون DNA در پوست و قلب جنین که با نقص لوله عصبی همراه می‌باشد مرتبط است (۲۳). EGCG، پلی فنول اصلی چای سبز با خاصیت آنتی اکسیدانی است که می‌تواند متاستاز تومور و رگ زایی را مهار کند (۲۴). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده که مصرف چای سبز خطر ابتلا به سرطان سلول‌های کبدی را پایین می‌آورد (۲۵). EGCG به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث مهار DNMT

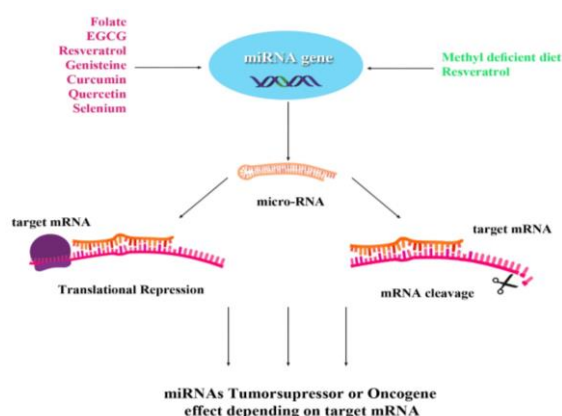
می‌گردد (۲۶). تیمار سلول‌های سرطانی انسانی، رده‌های سلولی سرطان مرکی KYSE510، سرطان کولون HT-29 و سرطان پروستات PC3 با EGCG باعث برگشت هیپرمیتلاسیون ژنهای p16, RAR β , MGMT می‌شود (۲۷). تیمار سلول‌های Caco-2 با EGCG باعث مهار رشد سلولی و مهار متیلاسیون پروموتور ژنهای ضدتومور p16 و P15 می‌شود (۲۸). تیمار سلول‌های سرطان پستان رده MCF-7 و سلول‌های لوسمی پرومیلوسیتیک HL-60 با EGCC باعث کاهش تکثیر سلولی و القا آپوپتوز می‌شود (۲۹). در واقع EGCG از طریق هر دو مسیر آنتی اکسیدانی و تغییرات اپی ژنتیکی بر سلولهای مختلف سرطانی موثر است. با این حال اثرات مضر بالقوه ناشی از مصرف بالای چای سبز (هیپومتیلاسیون DNA و فعال شدن آنکوژن‌ها و ناپایداری ژنومیک) باید در نظر گرفته شود.

جینستین (ایزوفلاون سویا)، دارای اثرات پیشگیری سرطان از طریق مکانیسم‌های اپی ژنتیک است (۳۰). جینستین باعث برگشت متیلاسیون نابجای DNA و فعال شدن دوباره ژن‌های RAR β و MGMT در سلول‌های KYSE510 (۳۱) و در دوز بالا باعث مهار DNA متیل ترانسفرازها در رده سلولی Lncap و PC3 سرطان پروستات می‌شود (۳۲). این یافته‌ها نشان می‌دهند که جینستین باعث فعال شدن دوباره ژنهای سرکوب کننده تومور که خاموش شده بودند می‌گردد. رزوراترول یک ترکیب فیتوالاکسین طبیعی است که دارای فعالیت مهار رشد سلولی بوده و باعث افزایش متیلاسیون P16 و کاهش متیلاسیون P15 در سلولهای Caco2 می‌شود (۲۸).

کورکومین، فلاونوئید ریزوم گیاه *Curcuma longa*، نیز فعالیت ضد سرطانی دارد. کورکومین و جینستین باعث برگشت هیپرمیتلاسیون ژن RAR β 2 در رده سلولی سرطان سرویکس SiHa و HeLa (۳۳). کورسیتین یک فلاونوئید با فعالیت آنتی اکسیدانی و ضد تکثیری است که مهار کننده طبیعی برای کاتکول-O-متیل ترانسفراز محسوب می‌شود. کورسیتین باعث القا توقف سیکل سلولی و آپوپتوز تومور دهانی همستر می‌شود که اثر آن را مربوط به مهار DNMT1 می‌دانند (۳۳).

کورسیتین همچنین باعث افزایش فراهمی زیستی پلی فنول‌های چای سبز در مطالعات رده سلولی A549 و O-۷۸۶ و نیز در موش‌های دچار نقص ایمنی می‌شود (۳۴). علاوه بر کورسیتین باعث افزایش فعالیت ضد تکثیری EGCG از طریق افزایش غلظت درون سلولی EGCG و کاهش متیلاسیون در سلول‌های سرطانی پروستات می‌شود (۳۵). سلنیم یک عنصر ضروری است که به دلیل اثرات آنتی اکسیدانی و پروآپوپتوتیک دارای پتانسیل جلوگیری از سرطان است (۳۶ و ۳۷). تیمار سلولهای Caco2 با سلنیت باعث القا کلی هیپومتیلاسیون و متیلاسیون پروموتور ژن P53 می‌شود. (۳۶). در سرطان کولون انسانی سلنیم نقش یک ضدسرطان را از طریق مهار DNMT بازی می‌کند (۳۷). با این حال آزمون مهار سلنیم و ویتامین E هیچ مدرکی دال بر جلوگیری سلنیم از سرطان‌های پروستات، ریه یا کولورکتال ارائه نداد (۳۸).

تغییرات بعد از ترجمه هیستونی: هیستونها در تنظیم ساختار کروماتین و بیان ژن، عملکرد فعالی دارند. دم هیستون می‌تواند توسط استیلاسیون، متیلاسیون، فسفریلاسیون، پلی ADP-ریبزیلاسیون، سومویلاسیون یا یوبیکوئیتیناسیون تغییر یابد (۳۹ و ۴۰). متیلاسیون DNA و تغییرات هیستونی رخدادهای مستقلی نیستند. متیلاسیون سیتوزینهای جزایر CPG با اتصال پروتئینهای متصل شونده



شکل ۳. miRNA ها RNA های کوچک و غیر کدکننده هستند که از طریق اتصال، به mRNA هدف در تنظیم پس از رونویسی نقش دارند.

خاموشی مرتبط با RNA توسط میکرو RNA ها در سرطان: میکرو RNA ها، در تنظیم پس از رونویسی با اتصال به منطقه غیر ترجمه شونده 3' (3' UTR) mRNA هدف، ایفای نقش می کنند (۴۹و۵۰). miRNA به دو طریق عمل میکند: جفت شدن کامل با بازهای مکمل که منجر به تخریب mRNA هدف می شود و جفت شدن جزئی که منجر به مهار ترجمه mRNA هدف می شود (۴۹و۵۰) (شکل ۳). علاوه بر این در تنظیم رونویسی نیز نقش دارند و می توانند به توالیهای مکمل در ژنوم اتصال یابند و خاموشی ژنها را از طریق به خدمت گرفتن پروتئینهای سرکوبگر و القا علائم سرکوب کروماتین القا کنند (۵۱و۵۲). تغییرات در بیان miRNA ها از رخدادهای عمومی در سرطان هستند. برخی از آنها به عنوان تومور ساپرسور ژنهای فرضی عمل می کنند و برخی به عنوان انکوژن هستند (۴۹و۵۰).

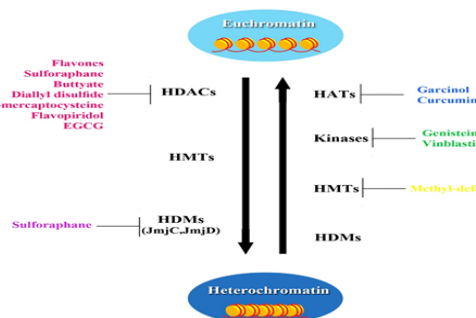
تأثیرات تغذیه‌ای و تغییرات miRNA در سرطان: تغذیه، سبک زندگی و فاکتورهای ژنتیکی از طریق miRNA ها نیز ریسک ابتلا به سرطان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (شکل ۳). رژیم غذایی غنی از چربی در مادران پیش از لقاح، در دوران حاملگی و شیردهی تغییرات طولانی مدت در بیان IGF2 را القا می‌کند (۱۱). کمبود فولات باعث افزایش کلی بیان miRNA در لنفوسیت می‌شود (۵۳). هیپاتوکارسینومز ناشی از نقص متیل در موشها منجر به کاهش بیان ژن miRNA ها (۵۴و۵۵) از جمله miRNA-34a و miRNA-127 که به ترتیب در آپوپتوز و تکثیر سلولی دخیل هستند، می‌شود (۵۶). علاوه بر این مکمل فولیک اسید بیان miRNA-10a القا شده توسط مصرف الکل را مهار می‌کند (۵۷). EGCG بیان تعدادی از miRNA ها را در کارسینومای سلولهای کبدی انسانی تغییر می‌دهد از جمله miRNA-16 که هدف آن پروتئین آنتی آپوپتوتیک Bcl-2 می‌باشد (۵۸).

تیمار سلولهای ملانومای uveal با جینستین تکثیر سلولی را کاهش و بیان miRNA-27a را افزایش می دهد(۵۹). در موشهای BALB/C nu/nu جینستین به طور قابل توجهی رشد زئونگرافت ملانوم uveal را مهار می کند(۵۹). تیمار سلول های سرطان کولون SW480 با روزراترول، سطح چندین miRNA آنکوژن که هدفشان PTEN و PDCD4 است را کاهش می دهد(۶۰). به طور همزمان این تیمار باعث افزایش miR-663 که رونوشت فاکتور رشد TGFβ را هدف قرار می دهد، می شود (۶۱). تیمار سلول های

به متیل سیتوزین همراه است و به دنبال آن آزمایش‌های کاتالیز کننده تغییرات هیستونی وارد عمل می‌شوند (۱۶۰). استیل‌اسیون گروه آمین ریشه لیزین هیستون توسط هیستون استیل ترانسفرازها (HATs) بار مثبت لیزین را خنثی کرده و باعث آزاد شدن دم هیستونی از DNA دارای بار منفی می‌شود. این تغییرات منجر به دسترسی عوامل رونویسی برای بیان ژنهای آن منطقه می‌شود (۱۶۱). استیل‌اسیون هیستون توسط هیستون داستیلازها (HDACs) منجر به متراکم شدن کروماتین و مهار رونویسی می‌شود. در حالت داستیله گروه آمین لیزین دارای بار مثبت است و به دم هیستون اجازه تعامل شدید با رشته DNA که دارای بار منفی است را می‌دهد (۱۶۱ و ۱۶۲).

متیلاسیون ریشه های لیزین و آرژنین هیستون های H3 و H4 می تواند بسته به نوع آمینواسید و موقعیت آن اثرات سرکوب و فعال کنندگی رونویسی را داشته باشد. متیلاسیون هیستون بدون تغییر بار هیستون ویژگیهای شیمیایی آن را تغییر داده و در نتیجه تمایل آنها را به پروتئینهای تنظیمی تحت تاثیر قرار می دهد. متیلاسیون هیستون توسط هیستون متیل ترانسفراز ها کاتالیز می شود در حالی که حذف گروه های متیل توسط هیستون دمتیلازها کاتالیز می شود (۴۲)(شکل ۲). فسفریلاسیون H1 اتصالش به DNA را تضعیف کرده و باعث دسترسی آزاد فاکتورهای رونویسی و بیان ژن می شود. فسفریلاسیون نابجای هیستون در تعدادی از سرطانها مثل پستان، پروستات و کلورکتال دیده می شود (۳۹).

ترکیبات غذایی و تغییرات هیستونی در سرطان: فولات می تواند بر متیلاسیون هیستون ها در سرطان موثر باشد. رژیم غذایی که از نظر دهنده های متیل در سطح پایینی است منجر به تغییرات در متیلاسیون H4-K20 و استیلاسیون H3-K9 می شود که این حالت در سرطان کبد دیده می شود (۴۳). EGCG باعث القا تغییراتی در سلولهای ملانومای انسانی A431 می شود. EGCG فعالیت داستیلاسیون هیستون ها را کاهش داده و استیلاسیون لیزین های را در هیستون ۴ و ۳ افزایش و متیلاسیون لیزین ۹ هیستون ۳ را کاهش می دهد (۴۴). جینستین در سلولهای MCF-7 استیلاسیون هیستون ۳ را کاهش داده و پاسخ رشد به میتوژنها و مهارکننده هیستون داستیلازها را القا می کند (۴۵). در رده سلولی سرطان پستان MCF-7 رزوراترول باعث مهار تغییرات هیستونی القا شده توسط دیوکسین در ژن BRCA-1 و سرکوب بیان پروتئین BRCA1 می شود و شکستهای رشته DNA ناشی از دیوکسین را کاهش می دهد (۴۶). تیمار سلولهای سرطان مغز با کورکومین باعث هیپواستیلاسیون هیستون های H3 و H4 می شود (۴۷). برعکس، در سلول های سرطان پروستات مشاهده می شود که کورکومین استیلاسیون H3 و H4 را القا می کند و نیز از طریق خانواده Bcl2 و P53 باعث آپوپتوز می شود (۴۸).



شکل ۲. تغییرات هیستونی تعامل هیستونها با DNA و تعامل پروتئین های غیر هیستونی با کروماتین را تعیین می کنند.

سرطانی پانکراس انسانی BxPC-3 با کورکومین باعث افزایش بیان miRNA22 و کاهش بیان miRNA-199a می‌شود (۶۲). کوثرستین باعث القا miR-146a که یک تنظیم کننده منفی فعالیت NF-kB پیش التهابی در سلولهای سرطان کولون HT-29 است، می‌شود (۶۳). تیمار سلولهای سرطان پروستات LNCaP با سلنیت به واسطه P53 باعث القا آپوپتوز و بیان miR-34 که رونوشت P53 را هدف قرار می‌دهد، می‌شود (۶۴).

بحث و نتیجه گیری

این مطالعه نشان می‌دهد که ترکیبات غذایی فعال بر متیلاسیون DNA، تغییرات هیستونی و بیان miRNA در سرطان موثر هستند. با این حال بعید است که اثرات حفاظتی به دلیل تنها یک جزء غذایی باشد. بنابراین شناسایی ترکیبات و متابولیت‌های مربوطه، مورد نیاز است. مساله کلیدی دیگر، غلظتهای مناسب ترکیبات گیاهی برای القا تغییرات مطلوب اپی ژنتیک است (۶). تغییرات اپی ژنتیک مخصوص بافت هستند و در تمایز سلولی نقش مهمی دارند. بنابراین

اجزا غذایی فعال ممکن است تغییرات اپی ژنتیک مختلفی را در بافت‌های مختلف و حتی انواع مختلف سلول از یک بافت اعمال کنند. علاوه بر این تغییرات اپی ژنتیکی القا شده با اجزا غذایی می‌توانند، موقتی باشند. بنابراین تشخیص اثرات ویژه سلول و بافت یک ترکیب غذایی فعال و کینتیک مربوط به آن مهم است. توسعه مدل‌های کشت بافت حیوانی مربوطه برای مطالعات تاثیر رژیم غذایی و محیط بر تغییرات اپی ژنتیکی جهت روشن شدن رابطه آنها و پتانسیل فعل و انفعال آنها ضروری است. فعل و انفعالات پیچیده میان فاکتورهای محیطی، ژنتیکی و اپی ژنتیکی در طول توسعه سرطان به طور کامل مشخص نشده است؛ با این حال برای ارائه توصیه‌های غذایی بی‌خطر و تعیین دوز مورد نیاز جهت اثرات جلوگیری کننده، تعریف اجزا غذایی فعال زیستی لازم است. بنابراین مطالعات بیشتری با هدف مشخص کردن تغییرات اپی ژنتیکی و ویژگی‌های سلولی و الگوی زمانی نیاز است. با این حال، علی‌رغم وجود سوالات بسیار حل نشده، یک آینده امیدوار کننده برای توصیه‌های رژیم غذایی در جلوگیری از سرطان و ارائه برنامه‌های درمانی مبتنی بر اجزا غذایی طبیعی در درمان سرطان وجود دارد.

The Effect of Dietary Constituents on Regulation of Epigenetic Changes in Cancer

S. Barghi (MSc)¹, M. Amiri (MSc)¹, H. Hajipour (PhD)², S. Namaki (PhD)^{*3}

1. Department of Medical Laboratory Sciences, Faculty of Paramedical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, I.R.Iran

2. Department of Reproductive Biology, Faculty of Advanced Medical Sciences, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, I.R.Iran

3. Department of Immunology, Faculty of Medical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, I.R.Iran

J Babol Univ Med Sci; 19(7); Jul 2017; PP: 63-71

Received: Nov 10th 2016, Revised: Jan 25th 2017, Accepted: May 10th 2017.

ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVE: The term “epigenetic” refers to all non-heritable and reversible changes in the expression of a gene that does not cause a change in the DNA sequence. The most important epigenetic mechanisms associated with gene expression include DNA methylation, histone modifications, and suppression of gene expression with RNA. Considering the reversibility of epigenetic changes, it seems that this feature can be influenced by dietary constituents and thus, we can prevent the spread of certain cancers by controlling the diet. The purpose of this study is to investigate the effects of food on the prevention of common cancers and the mechanisms involved in cellular activities based on recent studies and the compilation of their results.

METHODS: In this review article, we searched Pubmed and Elsevier databases using certain keywords such as “epigenetics”, “cancer” and “nutrition” and articles related to the effects of epigenetics on cancer and dietary constituents were evaluated.

FINDINGS: Of 439 studies found in the search engines between 1997 and 2016, 64 articles were selected and their results indicated that many of the active components in the diet will inhibit the incidence of cancer through DNA methylation mechanisms, histone modifications, and miRNA.

CONCLUSION: The anticancer effect of the active compounds in the diet on specific epigenetic changes can be used as a special and unidentified mechanism for preventing cancer.

KEY WORDS: *Epigenetic, Cancer, Nutrition.*

Please cite this article as follows:

Barghi S, Amiri M, Hajipour H, Namaki S. The Effect of Dietary Constituents on Regulation of Epigenetic Changes in Cancer. J Babol Univ Med Sci. 2017;19(7):63-71.

* Corresponding author: S. Namaki (PhD)

Address: Department of Immunology, Faculty of Medical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, I.R. Iran

Tel: +98 021 22718531

E-mail: saeednamaki@yahoo.com

References

1. Herman JG, Baylin SB. Gene silencing in cancer in association with promoter hypermethylation. *N Engl J Med*. 2003;349(21):2042-54.
2. Mirshafiey A, Aghily B, Namaki S, Razavi A, Ghazavi A, Ekhtiari P, et al. Therapeutic approach by Aloe vera in experimental model of multiple sclerosis. *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 2010;32(3):410-5.
3. Safari-Alighiarloo N, Taghizadeh M, Tabatabaei SM, Shahsavari S, Namaki S, Khodakarim S, et al. Identification of new key genes for type 1 diabetes through construction and analysis of protein-protein interaction networks based on blood and pancreatic islet transcriptomes. *J Diabet*. 2017;9(8):764-77.
4. Amiri M, Kazerouni F, Namaki S, Tamijani HD, Rahimipour H, Boroumand N, et al. Cytotoxic Effects of the Ethanol Bane Skin Extract in Human Prostate Cancer Pc3 Cells. *Iran J Cancer Prevention*. 2016;9(2): 4755.
5. Saboury AA, Bagheri S, Ataie G, Amanlou M, Moosavi-Movahedi AA, Hakimelahi GH, et al. Binding properties of adenosine deaminase interacted with theophylline. *Chem Pharma bulletin*. 2004;52(10):1179-82.
6. Laird PW. Cancer epigenetics. *Hum Molecul Gen*. 2005;14(1):65-76.
7. Donovan MG, Selmin OI, Doetschman TC, Romagnolo DF. Mediterranean Diet, Inflammatory Bowel Diseases, and Colon Cancer. *Mediterranean Diet: Springer*; 2016. p. 181-201.
8. Tobi EW, Lumey L, Talens RP, Kremer D, Putter H, Stein AD, et al. DNA methylation differences after exposure to prenatal famine are common and timing-and sex-specific. *Hum Mol Genet*. 2009;18(21):4046-53.
9. Hughes LA, van den Brandt PA, De Bruïne AP, Wouters KA, Hulsmans S, Spiertz A, et al. Early life exposure to famine and colorectal cancer risk: a role for epigenetic mechanisms. *PloS One*. 2009;4(11):7951.
10. Tobi EW. Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. *Dutch Hung Win*. 2008;105(44):55.
11. Zhang J, Zhang F, Didelot X, Bruce KD, Cagampang FR, Vatish M, et al. Maternal high fat diet during pregnancy and lactation alters hepatic expression of insulin like growth factor-2 and key microRNAs in the adult offspring. *BMC Gen*. 2009;10(1):1.
12. Yoon J-H, Baek SJ. Molecular targets of dietary polyphenols with anti-inflammatory properties. *Yonsei Med J*. 2005;46(5):585-96.
13. Yang CS, Landau JM, Huang M-T, Newmark HL. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Ann Rev Nut*. 2001;21(1):381-406.
14. Kim Y-I. Folate and carcinogenesis: evidence, mechanisms, and implications. *J Nut Biochem*. 1999;10(2):66-88.
15. van den Donk M, Pellis L, Crott JW, van Engeland M, Friederich P, Nagengast FM, et al. Folic acid and vitamin B-12 supplementation does not favorably influence uracil incorporation and promoter methylation in rectal mucosa DNA of subjects with previous colorectal adenomas. *J Nut*. 2007;137(9):2114-20.
16. Duthie SJ, Narayanan S, Blum S, Pirie L, Brand GM. Folate deficiency in vitro induces uracil misincorporation and DNA hypomethylation and inhibits DNA excision repair in immortalized normal human colon epithelial cells. *Nut Cancer*. 2000;37(2):245-51.
17. Kim Y-I. Folate and DNA methylation: a mechanistic link between folate deficiency and colorectal cancer?. *Can Epidemiol Biomark Prevent*. 2004;13(4):511-9.
18. van Engeland M, Weijenberg MP, Roemen GM, Brink M, de Bruïne AP, Goldbohm RA, et al. Effects of dietary folate and alcohol intake on promoter methylation in sporadic colorectal cancer: the Netherlands cohort study on diet and cancer. *Cancer Res*. 2003;63(12):3133-7.
19. Trasler J, Deng L, Melnyk S, Pogribny I, Hiou-Tim F, Sibani S, et al. Impact of Dnmt1 deficiency, with and without low folate diets, on tumor numbers and DNA methylation in Min mice. *Carcinogenesis*. 2003;24(1):39-45.

20. Giovannucci E, Stampfer MJ, Colditz GA, Hunter DJ, Fuchs C, Rosner BA, et al. Multivitamin use, folate, and colon cancer in women in the Nurses' Health Study. *Ann Inter Med*. 1998;129(7):517-24.
21. Sanjoaquin MA, Allen N, Couto E, Roddam AW, Key TJ. Folate intake and colorectal cancer risk: a meta-analytical approach. *Inter J Cancer*. 2005;113(5):825-8.
22. Song J, Medline A, Mason JB, Gallinger S, Kim Y-I. Effects of dietary folate on intestinal tumorigenesis in the apcMin mouse. *Cancer Res*. 2000;60(19):5434-40.
23. Chang H, Zhang T, Zhang Z, Bao R, Fu C, Wang Z, et al. Tissue-specific distribution of aberrant DNA methylation associated with maternal low-folate status in human neural tube defects. *J Nut Biochem*. 2011;22(12):1172-7.
24. Hajipour H, Hamishehkar H, Raeisi S, Barghi S, Hasani A. Epigallocatechin-3-Gallate Induces Apoptosis through Up-regulation of Bax and Down-regulation of Bcl-2 in Prostate Cancer Cell Line. *Inter J Med Lab*. 2016;3(4):262-9.
25. Khan N, Mukhtar H. Cancer and metastasis: prevention and treatment by green tea. *Cancer Metastasis Rev*. 2010;29(3):435-45.
26. Lu H, Meng X, Li C, Sang S, Patten C, Sheng S, et al. Glucuronides of tea catechins: enzymology of biosynthesis and biological activities. *Drug Metabolism and Disposition*. 2003;31(4):452-61.
27. Fang MZ, Wang Y, Ai N, Hou Z, Sun Y, Lu H, et al. Tea polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate inhibits DNA methyltransferase and reactivates methylation-silenced genes in cancer cell lines. *Cancer Res*. 2003;63(22):7563-70.
28. Berner C, Aumüller E, Gnauck A, Nestelberger M, Just A, Haslberger AG. Epigenetic control of estrogen receptor expression and tumor suppressor genes is modulated by bioactive food compounds. *Ann Nut Metabol*. 2010;57(3-4):183-9.
29. Berletch JB, Liu C, Love WK, Andrews LG, Katiyar SK, Tollefsbol TO. Epigenetic and genetic mechanisms contribute to telomerase inhibition by EGCG. *J Cell Biochem*. 2008;103(2):509-19.
30. Li Y, Tollefsbol TO. Impact on DNA methylation in cancer prevention and therapy by bioactive dietary components. *Curr Med Chem*. 2010;17(20):2141.
31. Barrera LN, Cassidy A, Johnson IT, Bao Y, Belshaw NJ. Epigenetic and antioxidant effects of dietary isothiocyanates and selenium: potential implications for cancer chemoprevention. *Proc Nut Soc*. 2012;71(02):237-45.
32. Fang MZ, Chen D, Sun Y, Jin Z, Christman JK, Yang CS. Reversal of hypermethylation and reactivation of p16INK4a, RAR β , and MGMT genes by genistein and other isoflavones from soy. *Clin Cancer Res*. 2005;11(19):7033-41.
33. Priyadarsini RV, Vinothini G, Murugan RS, Manikandan P, Nagini S. The flavonoid quercetin modulates the hallmark capabilities of hamster buccal pouch tumors. *Nutrition Cancer*. 2011;63(2):218-26.
34. Wang P, Heber D, Henning SM. Quercetin increased bioavailability and decreased methylation of green tea polyphenols in vitro and in vivo. *Food Fun*. 2012;3(6):635-42.
35. Wang P, Heber D, Henning SM. Quercetin increased the antiproliferative activity of green tea polyphenol (-)-epigallocatechin gallate in prostate cancer cells. *Nut Cancer*. 2012;64(4):580-7.
36. Davis CD, Uthus EO, Finley JW. Dietary selenium and arsenic affect DNA methylation in vitro in Caco-2 cells and in vivo in rat liver and colon. *J Nut*. 2000;130(12):2903-9.
37. Fiala ES, Staretz ME, Pandya GA, El-Bayoumy K, Hamilton SR. Inhibition of DNA cytosine methyltransferase by chemopreventive selenium compounds, determined by an improved assay for DNA cytosine methyltransferase and DNA cytosine methylation. *Carcinogenesis*. 1998;19(4):597-604.
38. Lippman SM, Klein EA, Goodman PJ, Lucia MS, Thompson IM, Ford LG, et al. Effect of selenium and vitamin E on risk of prostate cancer and other cancers: the Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial (SELECT). *JAMA*. 2009;301(1):39-51.
39. Jenuwein T, Allis CD. Translating the histone code. *Science*. 2001;293(5532):1074-80.

40. Margueron R, Trojer P, Reinberg D. The key to development: interpreting the histone code?. *Curr Opin Genet Dev.* 2005;15(2):163-76.
41. Mahlknecht U, Hoelzer D. Histone acetylation modifiers in the pathogenesis of malignant disease. *Mol Med.* 2000;6(8):623.
42. Miremadi A, Oestergaard MZ, Pharoah PD, Caldas C. Cancer genetics of epigenetic genes. *Hum Mol Gen.* 2007;16(1):28-49.
43. Pogribny IP, Tryndyak VP, Muskheishvili L, Rusyn I, Ross SA. Methyl deficiency, alterations in global histone modifications, and carcinogenesis. *J Nut.* 2007;137(1):216S-21S.
44. andakumar V, Vaid M, Katiyar SK. (-)-Epigallocatechin-3-gallate reactivates silenced tumor suppressor genes, Cip1/p21 and p16INK4a, by reducing DNA methylation and increasing histones acetylation in human skin cancer cells. *Carcinogenesis.* 2011;32(4):537-44.
45. Jawaid K, Crane SR, Nowers JL, Lacey M, Whitehead SA. Long-term genistein treatment of MCF-7 cells decreases acetylated histone 3 expression and alters growth responses to mitogens and histone deacetylase inhibitors. *J Steroid Biochem Molecul Biol.* 2010;120(4):164-71.
46. Papoutsis AJ, Lamore SD, Wondrak GT, Selmin OI, Romagnolo DF. Resveratrol prevents epigenetic silencing of BRCA-1 by the aromatic hydrocarbon receptor in human breast cancer cells. *J Nut.* 2010;140(9):1607-14.
47. Shankar S, Srivastava RK. Involvement of Bcl-2 family members, phosphatidylinositol 3'-kinase/AKT and mitochondrial p53 in curcumin (diferulolylmethane)-induced apoptosis in prostate cancer. *Int J Oncol.* 2007;30(4):905-18.
48. Kang S-K, Cha S-H, Jeon H-G. Curcumin-induced histone hypoacetylation enhances caspase-3-dependent glioma cell death and neurogenesis of neural progenitor cells. *Stem Cell Dev.* 2006;15(2):165-74.
49. Shivdasani RA. MicroRNAs: regulators of gene expression and cell differentiation. *Blood.* 2006;108(12):3646-53.
50. Negrini M, Ferracin M, Sabbioni S, Croce CM. MicroRNAs in human cancer: from research to therapy. *J Cell Sci.* 2007;120(11):1833-40.
51. Kim DH, Sætrom P, Snøve O, Rossi JJ. MicroRNA-directed transcriptional gene silencing in mammalian cells. *Proc Nat Aca Sci.* 2008;105(42):16230-5.
52. Benhamed M, Herbig U, Ye T, Dejean A, Bischof O. Senescence is an endogenous trigger for microRNA-directed transcriptional gene silencing in human cells. *Nat Cell Biol.* 2012;14(3):266-75.
53. Marsit CJ, Eddy K, Kelsey KT. MicroRNA responses to cellular stress. *Cancer Res.* 2006;66(22):10843-8.
54. Davis CD, Ross SA. Evidence for dietary regulation of microRNA expression in cancer cells. *Nut Rev.* 2008;66(8):477-82.
55. Pogribny IP, Tryndyak VP, Ross SA, Beland FA. Differential expression of microRNAs during hepatocarcinogenesis induced by methyl deficiency in rats. *Nut Rev.* 2008;66(1):33-5.
56. Tryndyak VP, Ross SA, Beland FA, Pogribny IP. Down-regulation of the microRNAs miR-34a, miR-127, and miR-200b in rat liver during hepatocarcinogenesis induced by a methyl-deficient diet. *Mol Carcinog.* 2009;48(6):479-87.
57. Wang L-L, Zhang Z, Li Q, Yang R, Pei X, Xu Y, et al. Ethanol exposure induces differential microRNA and target gene expression and teratogenic effects which can be suppressed by folic acid supplementation. *Hum Reproduct.* 2009;24(3):562-79.
58. Tsang WP, Kwok TT. Epigallocatechin gallate up-regulation of miR-16 and induction of apoptosis in human cancer cells. *J Nut Biochem.* 2010;21(2):140-6.
59. Sun Q, Cong R, Yan H, Gu H, Zeng Y, Liu N, et al. Genistein inhibits growth of human uveal melanoma cells and affects microRNA-27a and target gene expression. *Oncol Rep.* 2009;22(3):563-7.

60. Spurling CC, Suhl JA, Boucher N, Nelson CE, Rosenberg DW, Giardina C. The short chain fatty acid butyrate induces promoter demethylation and reactivation of RAR β 2 in colon cancer cells. *Nutrition and cancer*. 2008;60(5):692-702.
61. Tili E, Michaille J-J, Alder H, Volinia S, Delmas D, Latruffe N, et al. Resveratrol modulates the levels of microRNAs targeting genes encoding tumor-suppressors and effectors of TGF β signaling pathway in SW480 cells. *Biochem Pharmacol*. 2010;80(12):2057-65.
62. Sun M, Estrov Z, Ji Y, Coombes KR, Harris DH, Kurzrock R. Curcumin (diferuloylmethane) alters the expression profiles of microRNAs in human pancreatic cancer cells. *Mol Cancer Therapeut*. 2008;7(3):464-73.
63. Noratto GD, Kim Y, Talcott ST, Mertens-Talcott SU. Flavonol-rich fractions of yaupon holly leaves (*Ilex vomitoria*, Aquifoliaceae) induce microRNA-145 and have anti-inflammatory and chemopreventive effects in intestinal myofibroblast CCD-18Co cells. *Fitoterapia*. 2011;82(4):557-69.
64. Sarveswaran S, Liroff J, Zhou Z, Nikitin AY, Ghosh J. Selenite triggers rapid transcriptional activation of p53, and p53-mediated apoptosis in prostate cancer cells: Implication for the treatment of early-stage prostate cancer. *Int J Oncol*. 2010;36(6):1419-28.