

身近な食べ物の安全性を考える ～調理・加工時における生成物の健康影響について～

Safety of common food on our dining table

～Influence on health of substances formed during heat cooking and food processing～

堂ヶ崎 知格*

1. はじめに

日本人の死因の第一位はガン、次いで脳血管、心疾患へと続く(図1)。ガンによる死亡例数は34万4,105例で、その内訳は男性20万6,352例、女性13万7,753例であった(国立がんセンター調べ2009)。また、年齢別のガンによる死亡傾向は、40歳代から徐々に増え始め、60歳代から増加、高齢になる程高くなっている。特に、60歳代以降は女性より男性の方が増えていることが国立がんセンターの調べ(2009)でわかった。このことは、1993年当時に推計し、報告された地域ガン登録研究班 全国推計値で示されたガンの年齢階級別

罹患率(図2)とほぼ一致する結果であり、高齢者人口が急激に増加している昨今では、男性は2人に1人、女性でも3ないし4人に1人がガンになるとの推定が示されている。

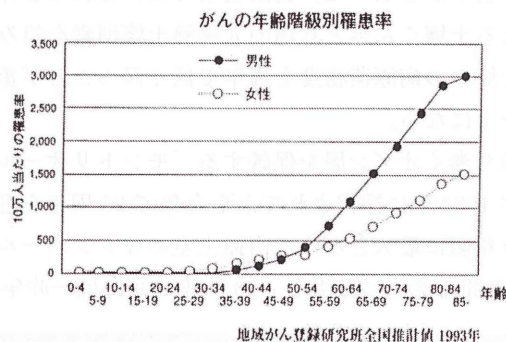


図2 がんの年齢階級別罹患

イギリスの疫学者である Dr. Doll が、アメリカ人のガンの原因について疫学調査(1981)した結果、一般の食べ物が35%を占め、次いでタバコ(喫煙)がこれに続く(図3)。近年、同様の調査が再度行なわれ、ほぼ同様の結果が得られているという。

食品による健康障害(表1)は、細菌性、ウイルス性などの微生物による食中毒を始めとして、動植物性自然毒や化学物質による狭義の食中毒やその他、広義の食中毒を含めると、さらに様々な原因が考えられ、加熱調理・加工によって生じる有害物質も食品衛生的な問題点として上げられる。

食品の加熱調理は、人類の祖先が生きる過程で火を

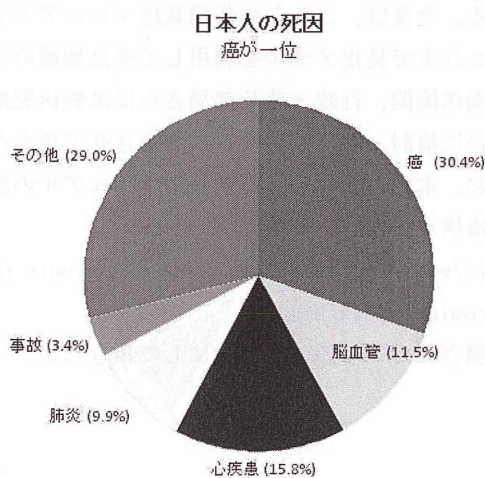


図1 日本人の死因について

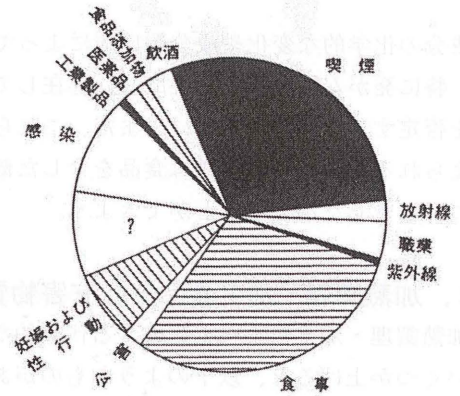
*麻布大学 〒252-5201 神奈川県相模原市中央区淵野辺 1-17-71

Chikaku DOGASAKI, Azabu University, 1-17-71 Fuchinobe, Chuo-Ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5201, Japan

発見して使うことを学んだことから始まり、加熱やくん煙処理によって食べ物の味覚やフレーバー性、さらには食べ物そのものの保存性が格段に向上することも知った。

また、岩塩による塩漬は食品の保存性を高め、酵母を用いて新たな食品を作ることなども次第に行われるようになって来た。これらは食品添加物の歴史の始まりともいわれる。その後、これらの経験は現代の我々の食生活に至るまで営々と一般的に行われてきていることである。

現代生活では、加熱調理・加工食品の極めて多くの種類が食卓に供給され、誰しも日常的に食べていることであるが、このような食品中では、含有する食品構



ヒトのがんの発生と要因 (Dr. Dollらの疫学調査結果 1981年)

図3 ヒトのがんの発生と要因

表1 食品による健康障害起因物質

食品による健康障害起因物質

健康障害の分類			主要な疾病あるいは原因微生物・物質
広義食中毒	経口感染症 人畜共通感染症		コレラ, 赤痢, 腸チフス, パラチフス, 急性灰白髄炎, 伝染性下痢症など 結核, 炭疽, ブルセラ症 (サルモネラ症) など
	寄生虫症		蛔虫, 鉤虫, 蟯虫 (線虫類), 広節裂頭条虫, 無鉤条虫 (条虫類), 肺臓ジストマ, 肝臓ジストマ (吸虫類) などによる各疾患
	狭義食中毒	細菌性	感染型 腸炎ビブリオ, サルモネラ, キャンピロバクター, エルシニア
			毒素型 黄色ブドウ球菌, ボツリヌス菌
			中間型 ウエルシュ菌, セレウス菌, 病原大腸菌
			その他 ナグビブリオ, ビブリオ・フルビアリス, ビブリオ・ミミカス, エロモナス など
		ウイルス性 ノロウイルス, A型およびE型肝炎ウイルス	
	自然毒	動物性	フグ毒, 貝毒, 毒カマス (シガテラ) など
		植物性	毒キノコ, 青梅, ギンナン, ジャガイモ青芽, 毒セリ, 麦角など
中毒	化学物質		メタノール, ヒ素, 鉛, PCB その他の誤用・混入・残留化学物質など
	その他(I)		マイコトキシコース (マイコトキシン中毒), いわゆるアレルギー様食中毒, 食事性アレルギー食中毒 など
	その他(II)		イタイイタイ病・水俣病などの公害病, 残留農薬, 残留動物薬品など
中毒	その他(III)		食品の加工, 調理時に生成する有害有機化合物 (多環芳香族炭化水素, ヘテロ環アミン, ニトロソアミンなど)

成分の化学的な変化や成分間反応によって新たな物質、特に発がん性の物質が生成し、存在している可能性を否定することができない。また、これらが原因と考えられる発ガン性の問題は食品を介した健康障害の一つにまさしく加えることができよう。

2. 加熱調理・加工食品中の有害物質

加熱調理・加工によって生成する代表的な有害物質をいくつか上げると、以下のようなものがある。これらはいずれも動物実験で、細胞の DNA を傷つけ付け、遺伝子の突然変異をもたらし遺伝毒性タイプの発ガン性が認められるもので閾値がないとされるため、発ガンリスクは人為的に用いられる一部の食品添加物や農薬、塩や脂肪のようにガン細胞の増殖を促すような非遺伝毒性タイプに比べて遥かに高いといつてよいだろう。遺伝毒性発ガン物質は、化学構造や存在する基の種類によって、複数の標的臓器が確認されているものもある。

1) 多環芳香族炭化水素

木材の不完全燃焼時や化石燃料の石炭、または石油を乾留した時に発生する煙（スモーク）成分に含まれる有機化合物で、ベンゾ[α]ピレン、ベンゾ[α]アントラセンなどの多環芳香族炭化水素が存在する。これらは代謝酵素によって活性化されるエポキシ型の二次発ガン物質である。タバコの煙や排ガス中にも存在する物質ではあるが、肉などを高温で焼いた時にもできる焼け焦げ類似の物質であり、くん製品、かつお節、ステーキ・焼き魚やコーヒーなどにもからも検出されている。また、これらの発がん性は、典型的な遺伝毒性発ガンであり、その他に変異原性や催奇形性も認められることが知られている。食品などから経口的に摂取されるケースより、喫煙などのように気道を経由して取り込まれる方がリスクは高いともいわれる。

2) ヘテロサイクリック（環）アミン

たんぱく質に富んだ食品を高温で加熱処理すると生じる。焼き魚や焼肉のコゲ部分に代表される加熱生成物である。また、必ずしもコゲていなくても生成することも確認されている。加熱変性したアミノ酸の種類により、PhIP、Trp-p-1、

Trp-p-2、Glu-p-1、Glu-p-2 などの名前で呼ばれるエステル型の遺伝毒性発がん物質である。いずれも強い変異原性を示し、また、動物実験の結果から強い発がん性を有することも知られている。ヘテロサイクリック（環）アミンの代謝は、生体内でアミノ基が酸化されてヒドロキシル体が生成し、このヒドロキシル体から活性酸素が発生することにより DNA に損傷が起きて発ガンに繋がるという。発ガン標的臓器（マウス、ラット）は、肝、乳腺、大腸、前立腺、肺などにも及ぶ。

3) N- ニトロソ化合物

亜硝酸と二級アミンなどの窒素化合物が強酸性の条件下で反応することによって生成する化合物の総称である。亜硝酸は、ほとんどが野菜や食品添加物の発色剤に由来する。また、肥料として与えられた硝酸塩が野菜に吸収され、ヒトがその野菜や漬物を摂取することによって口腔内に取り込まれた多量の硝酸塩は微生物によって還元され、唾液中にも亜硝酸塩濃度が高く存在する。

これらと、特に海産魚介類などに多く含有される二級アミン類などが反応してジアゾアルカン型の N-ニトロソ化合物が生成する。魚肉の干物、ハム、ソーセージなどからも検出された例がある。

しかしながら、食品中に生成・含有するニトロソ化合物はごく微量である。また、生成に最も近い強酸性条件は胃内であるが、同時に摂取するビタミン C や E、ポリフェノール化合物などの物質が共存するとニトロソ化反応は抑制され、ニトロソアミンの生成を防ぐことができることも知られている。そういう意味で、日本人の動物性食品に野菜、食後にお茶などのバランスの良い食習慣は発ガンリスクの軽減に繋がるものと考えられる。

以上、これらの発がん性物質は、イニシエーターとして遺伝子を損傷する作用を持つと同時に、プロモーターの作用も併せ持つことから、発ガンリスクは大きいと云える。

4) ジカルボニル化合物

糖や油脂の過酸化によって生じるメチルグリオキザールがある。変異原性ととも発がん性が動物実験で確認されている。焙煎したコーヒー豆や

インスタントコーヒー、酒類やしょう油などからも検出されているアルデヒド化合物である。

5) アクリルアミド

近年、食品中に発がん物質の生成として注目を集めたのは、炭水化物を高温で処理した時に生じるアクリルアミドである。アクリルアミドは元来、染料や合成樹脂の原料として用いられてきたものであるが、でんぷん質の食品を焼いたり油で揚げたりした加工食品であるポテトチップス、フライドポテト、ビスケットやパンなどにも、微量ながら存在することが突き止められた。原材料に含まれるアミノ酸のアスパラギンとブドウ糖や果糖のような還元糖が加熱調理によりアミノカルボニル反応を起こし、その過程で生成することが明らかにされている。アクリルアミドのラット、マウスでの標的臓器は乳腺、甲状腺、子宮などが明らかにされている。

食品でアクリルアミドの形成を軽減するには、でんぷんを多く含むものは水さらしして減らしたり、でんぷんからブドウ糖など還元糖の遊離を減少させる工夫をしたり、油の加熱温度を高くしないなどの対処法もある。

その他の調理・加工時に生成する有害物質として、次のようなものが報告されている。

6) 2-クロロ-4-メチルチオブタン酸

日本人の胃ガンの原因物質となる可能性のある新しい物質として、実験的に調製したサンマの塩漬けから発見されたことが雑誌 Nature (vol. 374, 1995) に掲載された。アミノ酸の一種であるメチオニンが塩の存在下で強い変異原物質に変化したのだという。この物質については、胃ガンを実際に起こすかどうかは明らかでない。

以上の物質について、発ガン性は動物実験の結果を基に報告されたものであるが、今度はヒトに対する発ガン性の有無が最大の関心事になってくる。

世界保健機構 (WHO) の外部組織である国際ガン研究機関 (IARC: International Agency for Research on Cancer) が種々の物質の発ガンリスクを5段階に分類して報告している (表2)。

今回の加熱調理・加工によって生じる物質について、

最も発ガンリスクの高いグループ1に分類され、「ヒトに対して発ガン性がある」と分類されたのは、ベンゾ[α]ピレン、ベンゾ[α]アントラセンなどの多環芳香族炭化水素であった。同じ段階の評価の中に、アフラトキシンB1、タバコの喫煙、紫外線やプラスチック原料の塩化ビニルモノマーなども含まれる結果であった。次いで、グループ2A (「ヒトに対しておそらく発ガン性がある」) には、N-ニトロソジメチルアミンなどのN-ニトロソ化合物とアクリルアミドが評価された。ちなみに、同段階の評価には、ドライクリーニングの溶剤や精密機械の洗浄剤として用いられるトリクロロエチレンやテトラクロロエチレンなどの低沸点有機塩素化合物も該当した。「ヒトに対して発ガン性があるかもしれない」と評価されるグループ2Bには、Trp-p-1、Trp-p-2、Glu-p-1、Glu-p-2やPhIPなどのヘテロサイクリックアミンが分類され、アセトアルデヒド、酸化防止剤のブチルヒドロキシアニソールやアクリル繊維、ABS樹脂のような合成樹脂原料のアクリロニトリルなども同じ段階評価に分類されている。また、メチルグリオキサールはグループ3 (「ヒトに対して発ガン性があるとは分類できない」) の発ガンリスクが最も低い評価段階に分類され、同段階の評価に、小麦粉処理剤として用いられる過酸化ベンゾイルなどが含まれることがわかった。

表2 国際がん研究機関の発がん分類

IARC (国際がん研究機関) の発がん分類	
グループ1 (ヒトに対して発がん性がある)	
	ベンゾピレン (Benzo [a] pyrene) 2006 年より ベンズアントラセン (Benz [a] anthracene) 2006 年より
グループ2A (ヒトに対しておそらく発がん性がある)	
	N-ニトロソジメチルアミン (N-Nitrosodimethylamine) アクリルアミド (Acrylamide)
グループ2B (ヒトに対して発がん性があるかもしれない)	
	Trp-P-1 (3-Amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido [4,3-b] indole) Trp-P-2, Glu-P-1, Glu-P-2 PhIP (2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4,5-b] pyridine)
グループ3 (ヒトに対して発がん性があるとは分類できない)	
	メチルグリオキサール (Methylglyoxal)
グループ4 (ヒトに対しておそらく発がん性はない)	

3. 食肉と大腸ガンおよびその予防に関する調査研究

日本人のガン患者数は年々増加し、死亡例は、男性では肺ガン、胃ガンに次いで3番目に多いのは大腸ガン、一方、女性の1位は大腸ガン、次いで肺ガン、胃ガンの順である（人口動態統計2012）。

近年、最も顕著な増加を示すのは大腸ガンであるといわれる。これは、日本人の生活習慣が欧米型に著しく変化したことが大きな要因の一つであるといわれる。そこで、日本人の食生活と（大腸）ガンに関する報告例を以下に示し、加えて加熱調理食品中の有害物質との関連性を考えてみることにする。

1) 10年に及ぶ国立がんセンターの追跡調査(2011.11.8)は、肉、特に赤身の肉を多く食べる日本人は大腸ガンになるリスクが高いことを明らかにした。牛や豚などの赤肉を多く食べるとガンリスクが上がることは、2007年に世界がん研究基金(WCRF)と米国がん研究協会(AICR)、またDr. Armstrong & Dr. Dollによって既に報告(図4)されていたが、今回の大規模調査により日本でも裏づけられた。岩手、茨城、沖縄など9県に在住の45～74歳の男女約8万人を対象に、1995～2006年まで追跡調査した結果、1148人が大腸ガン(788人が結腸癌、357人が直腸がん)になり、結腸

ガンにおいて肉類の摂取量との関連性が認められた。

男性では、肉類全体の摂取量が最も多いグループ(約100グラム以上/1日)が最も少ないグループ(約35グラム未満/1日)の1.44倍、女性では、牛および豚の赤身肉の摂取量が最も多いグループ(同 約85グラム以上)が最も少ないグループ(同 約25グラム未満)の1.48倍に上ったことが報告された。

赤身肉の消費と大腸ガン増加との因果関係については、生の赤身肉自体に発がん物質が含まれるとは考え難いことから、食肉、特に赤身肉の加熱調理によって生成する多環芳香族炭化水素やヘテロサイクリックアミンなどの発ガン物質が微量ながらとはいえ、関連が深いのではないかと考え、こげ部分を極力摂取しないように注意を促すことはむしろ自然な対応だろうと考える。

だからといって、肉類を生に近い状態で食べるのが安全だと考えることは、昨今のO-157やキャンピロバクターなどによる食中毒予防の観点から、しっかり加熱調理して食べるように推奨・指導されることに逆行することになって大きな矛盾を抱えるが、リスク・ベネフィットの思想で考えれば、後者を優先すべきであろう。同時に、赤身(牛、豚、羊など)を時には鶏や魚に替えて食べる工夫も必要になるであろう。

2) 大腸ガン予防に関連して、「野菜や果物を沢山摂取しても大腸ガンの予防につながらない」という常識が覆る内容が厚生労働省研究班(担当研究者：坪野吉孝 東大教授、専門：疫学)による追跡調査(2005.5.10)で明らかにされた(英国のがん専門誌に掲載)。

日本では近年急増する大腸ガン予防に、野菜、特に繊維質の摂取が不可欠だと長年いわれてきたにも関わらず。研究班の調査は1990年以来、全国の40～69歳の男女約9万人を対象に、食事や喫煙などの生活習慣に関するアンケートを実施した上で、野菜や果物の摂取量別にそれぞれ4グループに分け、約10年間追跡した。この間に705人が大腸ガンになり、その発生率と比較した。その結果、野菜でも果物でも、最もよく食べるグループと最も少ないグループとの間で、大腸ガンの発生に差はなかった。また、大腸ガンを結腸ガンと直腸ガンに分けても差はない結果であった。しかしながら、同研究班いわく、これまでは野菜・果物の予防効果は胃ガンでは確認しているので、「野菜や果物の摂

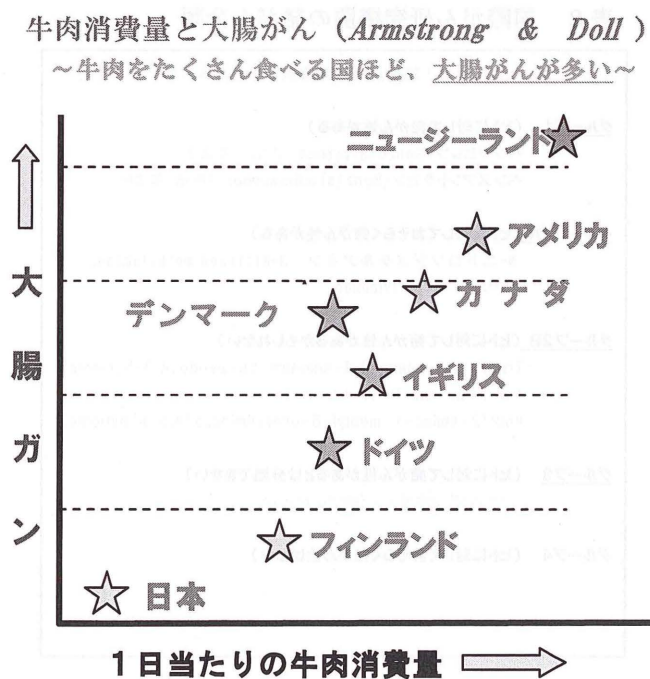


図4 牛肉消費量と大腸がんとの関係

取はこれまで通り、奨励すべき生活習慣であることに変わりがない」事実であると語っている。

3) 一方では、大腸ガンの予防に「葉酸」が効果的であることを愛知県がんセンター(2011.9.29)が発表した。愛知県がんセンター研究所の研究チームががんセンターを受診した4974人に、書き込み式で質問して分析した結果、ホウレンソウ、春菊、小松菜、ブロッコリーなどの緑黄色野菜やレバーに含まれる「葉酸」を多く摂り、飲酒しない人ほど大腸がんになりやすいと。

葉酸は、緑色野菜やレバーなどに含まれるビタミンBの一種で、欧米人対象の研究では大腸ガン予防効果が知られていた。同研究所の疫学・予防部は、日本人にも同じ効果があることを検証したと報告された。

この3)の内容は、前述2)の厚生労働省研究班(担当研究者:坪野吉孝 東大教授、専門:疫学)による追跡調査結果と矛盾するようにもとれるが、聞き取り項目など調査条件のさらなる詳細な設定次第では、結果に有意な差が生じることも考えられ、野菜・果物の種類や質を考慮して摂取を心掛けるならば、依然として野菜・果物は、大腸ガン予防にも十分つながる可能性はあり得ると考えるべきだろう。

4) 野菜と果物を多く食べる男性は、あまり食べない男性に比べ、食道がんになる危険性がほぼ半減することが、厚生労働省研究班(担当研究者、山地太樹・国立がんセンター予防研究部研究員)の調査(2008.8.14)で分かった。

研究班は95年と98年、8県の45~74歳の男性約3万9000人を対象に、食事に関するアンケートを実施し、野菜と果物の1日あたりの摂取量を推計した。04年までに、116人が、食道がんのうち日本人の大半を占める「扁平(へんぺい)上皮ガン」と診断された。国内の食道がんの患者は、男性が8割以上とされる。分析の結果、野菜と果物の合計摂取量が1日平均544グラムと最も多いグループが食道がんになる危険性は、最も少ない同170グラムのグループの52%にとどまった。また、摂取量が1日100グラム増えると、危険性は約10%減ったという。

さらに野菜の種類別では、キャベツや大根などのアブラナ科野菜の摂取と危険性の低下に関連が認められた。また、喫煙、飲酒習慣がある人でも、野菜と果物

を多く食べると危険性が減った。喫煙習慣があり、日本酒を1日2合以上飲む人では、多く摂取する人の危険性が、少ない人より6割以上も低かったことを報告し、「食道がんの予防には、禁煙、禁酒が第一だが、野菜と果物の摂取にも予防効果が期待でき、特にアブラナ科の野菜は、ガンを抑制するとされる成分含硫成分『イソチオシアネート(シニグリンという配糖体のアグリコン部分)』を多く含むため、効果があるのではないか」と山地研究員は話している。

5) 一方では、喫煙と果物・野菜の摂取に関して、前述とは相反する報告がオランダ国立公衆衛生・環境研究所により行われた(2009.4.15)。喫煙者が果物や野菜を食べることで、大腸ガンにかかるリスクが増加する恐れがあるという意外な研究結果であった。

それによると、果物や野菜をたくさん摂ることは、非喫煙者にとってはがんのリスクを減少させるが、1日に600グラム以上の野菜や果物を食べる人は、220グラム以下の人より20~25%、大腸がんになる率が低いとみられるが、喫煙者の場合には、野菜や果物の摂取は逆に発症率を増加させるという。

今回の研究は、欧州10カ国の約50万人を対象に、その食生活や喫煙癖などを8年半にわたり調査したものであった。著者は、果物や野菜に含まれる成分がタバコの煙の発がん性を増加・促進させる可能性があることを意味する研究結果だと指摘している。また、「だからと言って喫煙者は野菜を食べるべきではないということにはならない。むしろ、タバコを止めるべきというのが結論」だとコメント。

これらの中には、互いに相反するような内容に思われる部分を含む報告もあるが、正確な評価についてはさらなる調査研究結果による判断を待たねばならない。緑黄色野菜には、各種のビタミン類が豊富に含まれ、ペルオキシダーゼなどの酵素類や食物繊維などの多くの成分を含む。また、淡色野菜には、リンパ細胞幼若化能(免疫賦活作用)や抗菌性(アブラナ科のイソチオシアネートやユリ科ネギ属のアリルシステイン・スルホキシドのような含硫化合物)などの機能性を有する物質も豊富に含まれる。

いずれにしても野菜・果物はガン予防において欠かせないものである。従って、総合的に判断すれば、野菜・果物を積極的に摂取することに何の障害もないこ

とは明白である。

自然・天然の食品にも発ガン物質が含まれる一方、発がんリスクを軽減する物質も存在する。体によいと勝手な思い込みだけの、偏った食事のスタイルに一理もないことは明らかである。食事は、いろいろなもの、例えば肉と野菜・果物、野菜においても淡色野菜と緑黄色野菜をバランスよく摂ることがガンリスクの軽減に何よりも大事になってくる。

野菜・果物の積極的な摂取に加えて、昔から推奨される腹八分目で、塩分、脂肪の控え目が健康の維持・増進によさそうである。