

女性における食物繊維摂取量と動脈硬化リスクの関係  
Dietary fiber and the risk of atherosclerosis  
in a general female population.

申請者 弘前大学大学院医学研究科  
総合医療・健康科学領域  
社会医療総合医学教育研究分野

氏名 小野 真実

指導教授 中路 重之

## 【緒言】

世界における主要な死亡原因は、虚血性心疾患とこれに次ぐ脳血管疾患<sup>1)</sup>であり、これらはいわゆる動脈硬化性疾患である。一方、我が国の女性においても、これら2疾患を合わせると、死因の第一位である悪性新生物を上回り<sup>2)</sup>、女性の生涯の健康管理において動脈硬化の進展をいかに予防するかは、重要な課題といえる。

女性における虚血性心疾患の発症率は、男性と比較すると、特に閉経前の生殖年齢において非常に少ないが、閉経後には脂質異常症などのリスク因子が急増し、75歳以上では男性に近い発症率となる<sup>3,4)</sup>。さらに、両側卵巣摘出など早期の人工的な閉経状態が心疾患リスクを高めるなど<sup>5,6)</sup>、動脈硬化進展抑制における女性ホルモンの影響は古くから認識されるとともに、その影響は大きい。

動脈硬化は食生活や運動などの生活習慣、高血圧や糖・脂質代謝異常などの生活習慣病に加えて、加齢によって進行する。このため、その予防は早期から開始することが望ましく、良い生活習慣に加えて生活習慣病の管理が必要とされる。すなわち、女性において閉経後のみならず閉経前から良い生活習慣を送ることは、高血圧や脂質異常症、糖尿病などの生活習慣病、ひいては将来の動脈硬化性疾患発症の予防において重要と考えられる。しかし、これまでの研究は閉経後の女性を対象にして生活習慣と動脈硬化性疾患の関係を評価した調査が多く<sup>7,8,9,10,11)</sup>、閉経前の女性において各生活習慣病の罹病前の段階で生活習慣と動脈硬化リスクの関係を調査した研究は少ない。

一方、動脈硬化の進展には食生活が深く関わることが知られている。すなわち、動脈硬化のリスクである肥満は、食事によるエネルギー摂取量がエネルギー消費量より上回ることによって生じる。また、先ごろ米国保健福祉省と米国農務省は、心疾患などの予防のために「米国人のための食事ガイドライン 2015-2020 第8版<sup>12,13)</sup>」を発表し、その中でナトリウム摂取量について成人1日2300mg（食塩相当量約5.8g）未満を示している。我が国でも「高血圧治療ガイドライン 2014」、「動脈硬化性疾患予防ガイドライン 2012年版」において、ともに減塩目標値を1日6g未満としている<sup>14,15)</sup>。

一方、かつて非栄養素といわれた食物繊維の摂取が、動脈硬化性疾患の予防に効果的に働く可能性が注目されている。食物繊維は食物に含まれる消化酵素で消化することのできない物質であり、近年の研究により冠動脈疾患や脳卒中のリスクを下げる可能性が報告されている。日本人を対象としたコホート研究（平均14.3年間追跡）により、食物繊維の摂取量は、冠動脈疾患死亡リスクとの有意な負の関連を示していたと報告されている<sup>16)</sup>。スウェーデンにおける10.3年のコホート研究では、食物繊維とりわけ野菜や果物由来の食物繊維の高摂取が脳卒中のリスクと負の相関を示すことを指摘している<sup>17)</sup>。さらに、系統的レビューおよびメタ分析においても同様の結果が報告されている<sup>18)</sup>。心筋梗塞発症後の患者においても、食物繊維摂取量の増加は心血管死亡のリスクを下げる可能性があるとして前向きコホート研究により示されている<sup>19)</sup>。

これらの機序として、食物繊維は消化管における栄養素の吸収を遅らせ肥満を抑制する<sup>20)</sup>、また腸内細菌叢による発酵にも役立ち、これにより産生された短鎖脂肪酸がコレステロール合成抑制に作用する<sup>21,22)</sup>、さらに胆汁酸の再吸収を低下させるととも

に排泄を増加させ、血中コレステロール低下にも貢献すると考えられている<sup>23,24)</sup>。また、食物繊維を多く含む野菜、果物等の植物性食品にはカリウムも多く含まれ、これらの摂取によって腎臓におけるナトリウムの排出が促進され、血圧を低下させる可能性が考えられている<sup>25,26,27)</sup>。すなわち、食物繊維を食事で十分に摂取することは血圧の上昇を抑え、各種代謝を改善することにより動脈硬化性疾患の予防に効果的である可能性が考えられる。したがって、食事に関する正しい知識を持ち、自身の食生活を適切に把握し、それらの改善行動を習慣として身につけることは健康の維持増進において重要と考えられる。

しかし、閉経前の女性において各生活習慣病の発症前の段階で食事と動脈硬化リスクの関係を調査した研究は少なく、若年女性における動脈硬化の予防方法は確立していない。また、肥満は動脈硬化の主要なリスクであるが、糖尿病や脂質異常症など他のリスク因子にも影響を与えることが知られている<sup>28,29)</sup>。したがって、非肥満者と肥満者に分けて食事と動脈硬化リスクの関係を調査することが動脈硬化予防において必要と考えられる。

そこで本研究では、地域の一般女性を対象に食事と動脈硬化リスクの関係を疫学的に調査し、閉経前後および肥満の有無別に評価・検討した。

## 【対象と方法】

### 1. 対象者

本研究は、2014年度岩木健康増進プロジェクト・プロジェクト健診受診者の女性で、70歳未満の者588名を対象とした。岩木健康増進プロジェクトとは、青森県弘前市岩木地区の一般成人を対象とし、生活習慣病予防と健康の維持・増進、寿命の延伸を目的として企画されたものである。

上記受診者のうち、調査項目に欠損値がある者、食事調査における測定誤差とされる過小申告・過大申告<sup>30)</sup>の可能性のある、簡易型自記式食事歴法質問票（BDHQ）利用上の除外基準<sup>31)</sup>（エネルギー摂取量が600kcal/day未満、または4000kcal/day以上）に該当する者は除外した。さらに、悪性腫瘍・虚血性心疾患・脳卒中・慢性肝疾患の既往のある者、脂質異常症・糖尿病と診断された者、ステロイド剤・ホルモン剤の服用者、ペースメーカーの使用者を除いた455名を解析対象とした。このうち、57名（11.9%）は高血圧治療薬の服用者であった。

### 2. 調査項目と測定方法

#### 1) アンケート調査

対象者には「健康調査票」として事前に自記式質問用紙を配布し、受診当日に持参してもらい、調査員が個人面接にて回答内容を確認後、回収した。質問項目は、性別、年齢、学歴、現病歴および既往歴、服薬状況、閉経の有無、生活習慣（運動習慣、喫煙習慣、飲酒習慣）であった。

## 2)身体状況調査

### ①体格

体格の指標として、身長、体重を測定し、body mass index (BMI) を算出した。

### ②血圧

収縮期・拡張期血圧の測定は、椅坐位にて卓上水銀血圧計を用いて(コロトコフ法)実施した。

### ③上腕-足首脈波伝播速度 (brachial-ankle pulse wave velocity : baPWV)

baPWV の測定にはボリューム・プレチスモグラフィ装置を使用した (Form, OMRON COLIN Co Ltd, Tokyo, Japan)。測定原理については、すでに山科<sup>32)</sup>や Lehmann<sup>33)</sup>らによって報告・検証されている。測定時は、対象者の心理的影響を配慮した仕切り空間内のベッド上で安静仰臥位にし、両上腕と両脛骨遠位部に血圧測定用カフを、両手首に心電図クリップを装着し、心電図信号の安定を確認した。上腕動脈および脛骨動脈の脈圧波形と容量脈拍の形態と血圧は、プレチスモグラフィセンサーおよびオシロメトリックセンサーにより、十分な脈波を計測するために10秒間測定される。波形は、位相速度法によって自動的に測定される。5Hz以上の波形要素はパスフィルターにより計測され、波面が決定される。上腕波形の波面と足関節波形の波面の時間差を $\Delta T_{ba}$ と定義した。胸骨頸切痕から上腕までの距離は $\langle L_b = 0.2195 \times \text{身長(cm)} - 2.0734 \rangle$ にて、胸骨頸切痕から足関節までの距離は $\langle L_a = 0.8129 \times \text{身長(cm)} + 12.328 \rangle$ にて、対象者の身長から自動的に算出された。baPWVは安静時の $\langle \text{baPWV} = (L_a - L_b) / \Delta T_{ba} \rangle$ により算出した。本研究では、導出された左右baPWVの平均値を用いた。

### ④血液生化学検査

採血は早朝空腹時に、仰臥位にて肘正中皮静脈より実施した。検査項目としては、空腹時血糖、HbA1c (国際標準値 : NGSP 値)、インスリン、総コレステロール (以下、Total-Cho)、HDL-コレステロール (以下、HDL-Cho)、LDL-コレステロール (以下、LDL-Cho) を測定した。

## 3)食事調査 (栄養素等摂取状況)

食事調査には簡易型自記式食事歴法質問票 (brief-type self-administered diet history questionnaire : BDHQ) を用い、先の「健康調査票」とともに対象者に事前配布し、個人面接後に回収した。BDHQは、過去1か月間の食習慣 (栄養素・食品摂取量) を定量的に調べるために、食事歴法 (食物摂取頻度法質問票を中心に食行動に関する質問も含む) の質問票として開発された DHQ (self-administered diet history questionnaire) の簡易版 (A4版4枚、約80項目の質問) である。大規模な栄養疫学研究に用いることを目的に開発され、栄養素および食品摂取量算出値の妥当性が確認されている<sup>30,31)</sup>。

本研究における1日当りの栄養素摂取量は、身体や身体活動量の大小による総エネルギー摂取量の影響を考慮し、相対的評価となる栄養密度法<sup>34,35,36)</sup>を用いた。即ち、エネルギー産生栄養素 (たんぱく質、脂質、炭水化物) は総エネルギー摂取量に占めるエネルギー比率 (%E) を、それ以外の栄養素は1000kcal当たりの摂取量 (g/1000kcal、

または mg/1000kcal) を算出した。

本研究では、総食物繊維、水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、ナトリウム、カリウムの各摂取量、栄養補助食品摂取の有無を評価項目とした。

### 3. 統計解析

解析対象者を閉経前後に層別し、さらに BMI により非肥満 (BMI<25) と肥満 (25≤BMI) に区分した。

解析対象者特性として、調査項目について非肥満群と肥満群の群間比較を行った。年齢、BMI、動脈硬化関連指標 (baPWV、収縮期・拡張期血圧、空腹時血糖、HbA1c、インスリン、Total-Cho、HDL-Cho、LDL-Cho)、1日当りエネルギー・栄養素摂取量 (総エネルギー、たんぱく質・脂肪・炭水化物エネルギー比率、総食物繊維、水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、ナトリウム、カリウム) については、対応のない t 検定を用いた。学歴、生活習慣 (運動習慣・喫煙習慣・飲酒習慣の有無)、栄養補助食品摂取の有無、高血圧治療薬服用の有無については、 $\chi^2$  検定を用いた。

つぎに、動脈硬化関連指標 (baPWV、収縮期・拡張期血圧、空腹時血糖、HbA1c、インスリン、Total-Cho、HDL-Cho、LDL-Cho) を目的変数、栄養素摂取量 (総食物繊維、水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、ナトリウム、カリウム) を説明変数として、両者の相関関係について群ごとに重回帰分析を行った。この際、年齢、学歴、BMI、運動習慣・喫煙習慣・飲酒習慣の有無、栄養補助食品摂取の有無、高血圧治療薬服用の有無により調整した。

統計処理にはすべて、IBM SPSS Statistics version 22 を使用した。統計学的有意水準は、 $p<0.05$  をもって有意差ありとした。

### 4. 倫理的配慮

対象者本人に研究の主旨、研究協力の中絶の保証、匿名性の確保およびデータの管理方法について、文書および口頭にて説明した。その上で研究協力の承諾を本人に文書で得た。岩木健康増進プロジェクト・プロジェクト健診は、弘前大学大学院医学研究科倫理委員会の承認を得て実施された。

#### 【結果】

#### 1. 対象者の特性 (表 1-1, 2, 表 2)

対象女性 455 名は、閉経前 231 名 (非肥満群 200 名、肥満群 31 名)、閉経後 224 名 (非肥満群 195 名、肥満群 29 名) に層別された。

閉経前女性の平均年齢は、非肥満群 37.9±8.3 歳、肥満群 40.6±7.5 歳、閉経後が非肥満群 59.6±5.1 歳、肥満群 61.8±4.8 歳であり、閉経後において非肥満群より肥満群の方が有意に高かった ( $p<0.05$ )。学歴については閉経前後ともに非肥満群と肥満群の間に有意な違いはみられなかった。

運動習慣は、閉経前において非肥満群より肥満群の方が有意に習慣を有する者が多

かったが( $p<0.01$ )、閉経後では有意な違いはみられなかった。喫煙習慣及び飲酒習慣については閉経前後ともに非肥満群と肥満群の間に有意な違いはみられなかった。

栄養補助食品の摂取状況は閉経前後ともに非肥満群と肥満群の間に有意な違いはみられなかった。

高血圧治療薬の服用状況は、閉経前では非肥満群と肥満群の間に有意な違いはみられず、閉経後では非肥満群より肥満群の方が有意に服用する者が多かった( $p<0.01$ )。

1 日当りエネルギー・栄養素摂取量については、閉経後において脂肪エネルギー比率は非肥満群より肥満群の方が有意に高く( $p<0.05$ )、炭水化物エネルギー比率は非肥満群より肥満群の方が有意に低かった( $p<0.05$ )。その他の項目については閉経前後とも、非肥満群と肥満群の間に有意な差はみられなかった。

動脈硬化関連指標と肥満の関係については、閉経前後ともに BMI、収縮期・拡張期血圧、HbA1c、インスリンについて、非肥満群より肥満群の方が有意に高く（閉経前後の HbA1c および閉経後の収縮期血圧は  $p<0.05$ 、他は  $p<0.01$ ）、HDL-Cho は有意に低かった( $p<0.01$ )。また、閉経前での LDL-Cho、閉経後での空腹時血糖について、非肥満群より肥満群の方が有意に高かった（各々  $p<0.01$ ,  $p<0.05$ ）。baPWV、Total-Cho については、閉経前後ともに非肥満群と肥満群の間に有意な差はみられなかった。

## 2. 栄養素摂取状況と動脈硬化関連指標との関連

### 1)閉経前女性における上記の関連（表 3 -1）

非肥満群において、総食物繊維、水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、カリウムと収縮期血圧の間に有意な負の相関がみられた(各々  $p=0.017$ ,  $p=0.007$ ,  $p=0.035$ ,  $p=0.006$ )。また、水溶性食物繊維、カリウムと baPWV の間に有意な負の相関(各々  $p=0.037$ ,  $p=0.002$ )がみられた。

一方、肥満群において、総食物繊維、水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、カリウムと HDL-Cho の間に正の相関(各々  $p=0.031$ ,  $p=0.028$ ,  $p=0.035$ ,  $p=0.029$ )がみられた。

### 2)閉経後女性における上記の関連（表 3 -2）

非肥満群において、総食物繊維、水溶性食物繊維と baPWV の間に有意な負の相関が(各々  $p=0.048$ ,  $p=0.040$ )、総食物繊維、不溶性食物繊維と Total-Cho の間に有意な負の相関がみられた(各々  $p=0.043$ ,  $p=0.022$ )。また、不溶性食物繊維と LDL-Cho の間に負の相関がみられた( $p=0.031$ )。

一方、肥満群において、カリウムと Total-Cho、LDL-Cho の間に有意な正の相関(各々  $p=0.007$ ,  $p=0.025$ )がみられた。

閉経前後ともに、ナトリウム摂取と動脈硬化関連指標の間に、有意な相関はみられなかった。

## 【考察】

本研究では、女性における食物繊維摂取量と動脈硬化リスク指標との関連を閉経前後さらに肥満の有無により区分して調査した。肥満で区分した理由は、肥満自体が明らかな動脈硬化のリスク因子であるからである。本調査でも、閉経前後ともに、肥満によって動脈硬化関連指標（BMI、PWV、血清脂質など）の値が悪化する傾向にあった（表2）。また、閉経前後で区分した理由も、加齢および女性ホルモンの影響から閉経後明らかに動脈関連指標が悪化するためであった。

まず、閉経前後で非肥満・肥満群の栄養素等摂取状況を比較すると（表1-2）、閉経後の肥満群で脂肪エネルギー比率は高く、炭水化物エネルギー比率は低かったが、閉経前では両者の摂取状況に差はみられなかった。これは、今回総エネルギー摂取量の影響を考慮した栄養密度法<sup>36)</sup>の値を用いたことも影響したと考えられる。

次に、明らかなリスク因子である閉経（前後）とBMIによる非肥満・肥満で区分（固定）した上で、食物繊維・各栄養素摂取量と動脈硬化関連指標の相関関係を重回帰分析で検討した。その結果、閉経前の非肥満女性において、食物繊維、特に水溶性食物繊維摂取は（収縮期）血圧との間に負の相関関係がみられた。さらに、水溶性食物繊維およびカリウム摂取量は、動脈硬化度の指標であるbaPWVとの間にも負の相関関係がみられた。食物繊維による血圧降下機序としては、それ自体が低エネルギーであり、さらに咀嚼回数増加に伴う満腹感の増大と食事全体量低下による減量効果や<sup>20,37)</sup>、糖・脂質代謝の改善<sup>23,38,39)</sup>、水溶性食物繊維による高血圧の原因となるナトリウムの排出作用<sup>40)</sup>などが考えられている。また、食物繊維が多く含まれる野菜、果物の摂取は、カリウムの摂取も多くなることでナトリウムの排出を高めるとされる<sup>27,41,42)</sup>。本調査においてもカリウム摂取量は血圧と負の相関関係がみられたため、閉経前女性における食物繊維摂取量と血圧の負の相関関係は、カリウム摂取量増加による影響が関与していた可能性が示唆された。以上より、閉経前の非肥満女性において、食事における食物繊維摂取は降圧作用を介して動脈硬化予防に有効である可能性が示唆された。

一方、食物繊維摂取が脂質代謝に及ぼす影響は閉経前女性と閉経後女性で異なり、閉経前ではその影響が小さいことが指摘されている<sup>43)</sup>。機序としては、食物繊維がエストロゲンなどの女性ホルモンのレベルを低下させ、食物繊維と女性ホルモンの脂質代謝に対する作用が拮抗するためと考えられている<sup>44,45)</sup>。本調査においても、閉経前女性と異なり、閉経後の非肥満女性において食事における不溶性繊維摂取量はLDL-Choと負の相関関係がみられ、また総食物繊維および水溶性食物繊維摂取量とbaPWVとが負の相関関係を示していた。動脈硬化の最大のリスクは高コレステロール血症であるため、動脈硬化性疾患予防ガイドラインではその管理・対策を重視している<sup>15,46)</sup>。したがって、閉経後の非肥満女性において、食事における食物繊維摂取はコレステロールの体内への吸収を抑制することで血中コレステロールを低下させ<sup>47,48)</sup>、動脈硬化進展を抑制する可能性が示唆された。閉経後に食物繊維摂取量と血圧に関連がみられなかった要因としては、血圧に対する加齢、閉経などの影響が相対的に大きかったためと考えられた<sup>49)</sup>。

本調査において、閉経前後とも肥満者の食事における食物繊維摂取量と baPWV、血圧および LDL-Cho の間に有意な相関関係はみられなかった。これまでの先行研究と同様に、非肥満者と肥満者における動脈硬化関連指標の比較では、閉経前後に関わらず肥満者の血圧や血糖、インスリンは高く、HDL-Cho は低い結果であった。すなわち、肥満の動脈硬化リスク指標に対する影響が大きいと、相対的に肥満者における食物繊維摂取量と動脈硬化のリスク指標の関係が表出されにくかったと考えられた。したがって、食物繊維摂取による動脈硬化予防は肥満になる前に実施することが効果的である可能性が示唆された。

また、食物繊維摂取量と HDL-Cho の関係については、アジアの研究において食物繊維が HDL-Cho を上げる可能性が報告されている。Yanai ら<sup>50,51)</sup>のメタ解析においてもこれを支持する見解が述べられているが、本研究のように肥満と閉経を考慮した研究はみられない。本結果では、閉経前肥満者において食物繊維とカリウムが HDL-Cho と正の相関関係を示していたが、閉経前非肥満者や閉経後においては同様の関連はみられなかった。このことから、食物繊維と HDL-Cho については、より詳細な研究が必要と考えられた。さらに、カリウムについても同様の結果が得られたのは、カリウムが野菜や果物、豆類など、食物繊維も多く含む食品（植物性食品）から多く摂取されるため、重回帰分析の中で相関が散見された可能性が考えられた。

最後に閉経後肥満者において、カリウム摂取量と Total-Cho および LDL-Cho は正の相関関係を示したが、食物繊維摂取量との関係はみられなかった。閉経後肥満者は栄養素等摂取状況の比較において、閉経後非肥満者より高脂肪、低炭水化物のエネルギー比率であり、このような状況が血中 LDL-Cho を高くなりやすく<sup>52)</sup>させた可能性が考えられる。また、閉経後の肥満女性は、動脈硬化リスクにおける肥満の影響が大きいとともに、すでにカリウムが多く含まれる植物性食品を日常的に意識して摂取している可能性があるとも考えられた。

#### 【まとめ】

地域の一般女性を対象に、閉経前後および肥満の有無別に食事と動脈硬化リスクの関係を評価・検討した結果、非肥満女性において食物繊維摂取は、カリウムなどを介した降圧作用または LDL-Cho の改善効果を介し、動脈硬化予防に有効である可能性と、肥満女性ではこれらの効果が得られにくい可能性が示唆された。

## 【文献】

- 1) World Health Organization. The top 10 causes of death, Fact sheet No. 310. Updated May 2014. (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>) 最終アクセス日 2016 年 12 月 12 日 (last access on 12 December 2016)
- 2) 厚生労働省. 平成 27 年人口動態統計(確定数)の概況. (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei15/index.html>) 最終アクセス日 2016 年 12 月 12 日 (last access on 12 December 2016)
- 3) Kannel WB, Hjortland MC, McNamara PM, Gordon T. Menopause and risk of cardiovascular disease : the Framingham study. *Ann Intern Med* 1976;85:447-52.
- 4) Gordon T, Kannel WB, Hjortland MC, McNamara PM. Menopause and coronary heart disease. The Framingham Study. *Ann Intern Med* 1978;89:157-61.
- 5) Atsma F, Bartelink ML, Grobbee DE, van der Schouw YT. Postmenopausal status and early menopause as independent risk factors for cardiovascular disease: a meta-analysis. *Menopause* 2006;13:265-79.
- 6) Colditz GA, Willett WC, Stampfer MJ, Rosner B, Speizer FE, Hennekens CH. Menopause and the risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 1987;316:1105-10.
- 7) Russo GT, Giandalia A, Romeo EL, Marotta M, Alibrandi A, De Francesco C, Horvath KV, et al. Lipid and non-lipid cardiovascular risk factors in postmenopausal type 2 diabetic women with and without coronary heart disease. *J Endocrinol Invest* 2014;37:261-8.
- 8) Seguin R, Buchner DM, Liu J, Allison M, Manini T, Wang CY, Manson JE, et al. Sedentary behavior and mortality in older women: the Women's Health Initiative. *Am J Prev Med* 2014;46:122-35.
- 9) Chomistek AK, Manson JE, Stefanick ML, Lu B, Sands-Lincoln M, Going SB, Garcia L, et al. Relationship of sedentary behavior and physical activity to incident cardiovascular disease: results from the Women's Health Initiative. *J Am Coll Cardiol* 2013;61:2346-54.
- 10) Nicklas BJ, Dennis KE, Berman DM, Sorokin J, Ryan AS, Goldberg AP. Lifestyle intervention of hypocaloric dieting and walking reduces abdominal obesity and improves coronary heart disease risk factors in obese, postmenopausal, African-American and Caucasian women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58:181-9.
- 11) Schwab ND. Risk of coronary heart disease, dietary fat modification, stages of change, and self-efficacy in surgically and naturally postmenopausal women. *J Womens Health Gend Based Med* 2000;9:1089-99.
- 12) U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of

- Agriculture. 2015-2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th Edition. December 2015.  
([https://health.gov/dietaryguidelines/2015/resources/2015-2020\\_Dietary\\_Guidelines.pdf](https://health.gov/dietaryguidelines/2015/resources/2015-2020_Dietary_Guidelines.pdf)) 最終アクセス日 2016年12月12日 (last access on 12 December 2016)
- 13) DeSalvo KB, Olson R, Casavale KO. Dietary Guidelines for Americans. JAMA 2016;315:457-8.
  - 14) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会. 高血圧治療ガイドライン 2014. 特定非営利活動法人日本高血圧学会. 2014:39-42.
  - 15) 日本動脈硬化学会. 動脈硬化性疾患予防ガイドライン 2012年版. 一般社団法人日本動脈硬化学会. 2012:57-9.
  - 16) Eshak ES, Iso H, Date C, Kikuchi S, Watanabe Y, Wada Y, Wakai K, Tamakoshi A; JACC Study Group. Dietary Fiber Intake Is Associated with Reduced Risk of Mortality from Cardiovascular Disease among Japanese Men and Women. J Nutr 2010;140:1445-53.
  - 17) Larsson SC, Wolk A. Dietary fiber intake is inversely associated with stroke incidence in healthy Swedish adults. J Nutr 2014;144:1952-5
  - 18) Threapleton DE, Greenwood DC, Evans CE, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, Cade JE, et al. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. BMJ 2013;347:f6879.
  - 19) Li S, Flint A, Pai JK, Forman JP, Hu FB, Willett WC, Rexrode KM, et al. Dietary fiber intake and mortality among survivors of myocardial infarction: prospective cohort study. BMJ 2014;348:g2659
  - 20) Papathanasopoulos A, Camilleri M. Dietary fiber supplements: effects in obesity and metabolic syndrome and relationship to gastrointestinal functions. Gastroenterology 2010;138:65-72.
  - 21) Hara H, Haga S, Aoyama Y, Kiriyama S. Short-chain fatty acids suppress cholesterol synthesis in rat liver and intestine. J Nutr 1999;129:942-8.
  - 22) Aleixandre A, Miguel M. Dietary fiber and blood pressure control. Food Funct 2016;7:1864-71.
  - 23) Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. Am J Clin Nutr. 1999;69:30-42.
  - 24) Theuwissen E, Mensink RP. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. Physiol Behav. 2008;94:285-92.
  - 25) Khaw KT, Barrett-Connor E. Dietary potassium and stroke-associated mortality. N Engl J Med 1987;316:235-40.
  - 26) Whelton SP, Hyre AD, Pedersen B, Yi Y, Whelton PK, He J. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled

- clinical trials. *J Hypertens* 2005;23:475-81.
- 27) Penton D, Czogalla J, Loffing J. Dietary potassium and the renal control of salt balance and blood pressure. *Pflugers Arch.* 2015 ;467:513-30.
  - 28) Grundy SM, Brewer HB Jr, Cleeman JI, Smith SC Jr, Lenfant C; American Heart Association; National Heart, Lung, and Blood Institute. Definition of metabolic syndrome: Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition. *Circulation.* 2004;109:433-8.
  - 29) Nguyen NT, Magno CP, Lane KT, Hinojosa MW, Lane JS. Association of hypertension, diabetes, dyslipidemia, and metabolic syndrome with obesity: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2004. *J Am Coll Surg* 2008;207:928-34.
  - 30) 厚生労働省. 日本人の食事摂取基準 2015. 2014 : 25, 61-62
  - 31) 佐々木敏. BDHQ の過小過大申告 : 除外基準 (主に研究者向け). (<http://www.ebnjapan.org/developer/pdf/1005097.pdf>) 最終アクセス日 2016年8月20日 (last access on 20 August 2016).
  - 32) Yamashina A, Tomiyama H, Takeda K, Tsuda H, Arai T, Hirose K, Koji Y, . et al. Validity, reproducibility, and clinical significance of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement. *Hypertens Res* 2002;25:359-64.
  - 33) Lehmann ED, Hopkins KD, Gosling RG. Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement. *Hypertension* 1996;27:1188-91.
  - 34) Kobayashi S, Honda S, Murakami K, et al. Both comprehensive and brief self-administered diet history questionnaires satisfactorily rank nutrient intakes in Japanese adults. *J Epidemiol* 2012;22:151-9.
  - 35) Kobayashi S, Murakami K, Sasaki S, et al. Comparison of relative validity of food group intakes estimated by comprehensive and brief-type self-administered diet history questionnaires against 16 d dietary records in Japanese adults. *Public Health Nutr* 2011;14:1200-11.
  - 36) Willett W, Stampfer MJ. Total energy intake: implications for epidemiologic analyses. *Am J Epidemiol* 1986;124:17-27.
  - 37) Burton-Freeman B. Dietary fiber and energy regulation. *J Nutr* 2000;130:272S-5S.
  - 38) InterAct Consortium. Dietary fibre and incidence of type 2 diabetes in eight European countries: the EPIC-InterAct Study and a meta-analysis of prospective studies. *Diabetologia* 2015;58:1394-408.
  - 39) Arjmandi BH, Craig J. Soluble dietary fiber and cholesterol influence in

- vivo hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis in rats. *J Nutr* 1992;122:1559-65.
- 40) Krotkiewski M, Aurell M, Holm G, Grimby G, Szczepanik J. Effects of a sodium-potassium ion-exchanging seaweed preparation in mild hypertension. *Am J Hypertens.* 1991;4:483-8.
  - 41) Streppel MT, Arends LR, van 't Veer P, Grobbee DE, Geleijnse JM. Dietary fiber and blood pressure: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Arch Intern Med* 2005;165:150-6.
  - 42) Buendia JR, Bradlee ML, Daniels SR, Singer MR, Moore LL. Longitudinal effects of dietary sodium and potassium on blood pressure in adolescent girls. *JAMA Pediatr* 2015;169:560-8.
  - 43) Ganji V, Kuo J. Serum lipid responses to psyllium fiber: differences between pre-and post-menopausal, hypercholesterolemic women. *Nutr J* 2008;7:22.
  - 44) Levitan EB. Invited commentary: dietary fiber, estradiol, and cholesterol. *Am J Epidemiol* 2011;173:157-9.
  - 45) Mumford SL, Schisterman EF, Siega-Riz AM, Gaskins AJ, Wactawski-Wende J, VanderWeele TJ. Effect of dietary fiber intake on lipoprotein cholesterol levels independent of estradiol in healthy premenopausal women. *Am J Epidemiol.* 2011;173:145-56.
  - 46) Okamura T, Tanaka H, Miyamatsu N, Hayakawa T, Kadowaki T, Kita Y, Nakamura Y, et al. ; for the NIPPON DATA80 research group. The relationship between serum total cholesterol and all-cause or cause-specific mortality in a 17.3-year study of a Japanese cohort. *Atherosclerosis*, 2007;190:216-23.
  - 47) Zunft HJ, Lüder W, Harde A, Haber B, Graubaum HJ, Koebnick C, Grünwald J. Carob pulp preparation rich in insoluble fibre lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic patients. *Eur J Nutr.* 2003 ;42:235-42.
  - 48) Ruiz-Roso B, Quintela JC, de la Fuente E, Haya J, Pérez-Olleros L. Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic subjects. *Plant Foods Hum Nutr.* 2010;65:50-6.
  - 49) Maas AH, Franke HR. Women' s health in menopause with a focus on hypertension. *Netherlands Heart Journal* 2009;17:68-72.
  - 50) Zhou Q, Wu J, Tang J, Wang JJ, Lu CH, Wang PX. Beneficial effect of higher dietary fiber intake on plasma HDL-C and TC/HDL-C ratio among Chinese rural-to-urban migrant workers. *Int J Environ Res Public Health* 2015;12:4726-38.
  - 51) Yanai H, Katsuyama H, Hamasaki H, Abe S, Tada N, Sako A. Effects of

- carbohydrate and dietary fiber intake, glycemic index and glycemic load on HDL metabolism in Asian populations. *J Clin Med Res* 2014;6:321-6.
- 52) Hernandez TL, Sutherland JP, Wolfe P, Allian-Sauer M, Capell WH, Talley ND, Wyatt HR, et al. Lack of suppression of circulating free fatty acids and hypercholesterolemia during weight loss on a high-fat, low-carbohydrate diet. *Am J Clin Nutr* 2010;91:578-85.

表 1 -1. 対象者の特性

	閉経前		閉経後		
	非肥満 (n=200)	肥満 (n=31)	非肥満 (n=195)	肥満 (n=29)	
年齢(歳)	37.9 ± 8.3	40.6 ± 7.5	59.6 ± 5.1	61.8 ± 4.8	*
学歴 高校卒業未満	3 (1.5)	1 (3.2)	28 (1.4)	7 (24.1)	
高校卒業	102 (51.0)	18 (58.1)	121 (62.1)	15 (51.7)	
専門学校・大学・大学院卒業	95 (47.5)	12 (38.7)	46 (23.6)	7 (24.1)	
運動習慣あり	34 (17.0)	14 (45.2)	** 65 (33.3)	13 (44.8)	
喫煙習慣あり	23 (11.5)	5 (16.1)	17 (8.7)	1 (3.5)	
飲酒習慣あり	69 (34.5)	10 (32.3)	52 (26.7)	7 (24.1)	
栄養補助食品摂取あり	66 (33.0)	12 (38.7)	58 (29.7)	6 (20.7)	
高血圧治療薬服用あり	3 (1.5)	2 (6.5)	38 (19.5)	14 (48.3)	**

非肥満 (BMI<25) と肥満 (BMI≧25) との群間比較 (年齢は対応のない t 検定, それ以外は  $\chi^2$  検定)  
 平均値 ± 標準偏差 または 名 (%), \* p<0.05 \*\* p<0.01

表 1-2. 対象者の 1 日当りエネルギー・栄養素摂取量

	閉経前		閉経後	
	非肥満 (n=200)	肥満 (n=31)	非肥満 (n=195)	肥満 (n=29)
総エネルギー (kcal)	1593.9 ± 420.2	1718.9 ± 495.4	1724.8 ± 476.8	1807.4 ± 554.4
たんぱく質エネルギー比率 (%E)	14.5 ± 2.3	14.8 ± 3.3	15.7 ± 2.7	16.5 ± 2.8
脂肪エネルギー比率 (%E)	27.0 ± 5.4	26.4 ± 4.5	25.7 ± 4.7	27.7 ± 4.1 *
炭水化物 エネルギー比率 (%E)	54.4 ± 8.0	56.4 ± 6.7	55.8 ± 6.8	52.9 ± 6.7 *
総食物繊維 (g/1000kcal)	5.8 ± 1.8	6.0 ± 1.5	7.2 ± 2.0	6.9 ± 1.8
水溶性食物繊維 (g/1000kcal)	1.4 ± 0.5	1.5 ± 0.5	1.8 ± 0.6	1.7 ± 0.5
不溶性食物繊維 (g/1000kcal)	4.1 ± 1.2	4.3 ± 1.0	5.2 ± 1.4	4.9 ± 1.3
ナトリウム (mg/1000kcal)	2243.9 ± 394.2	2129.5 ± 347.6	2451.9 ± 461.1	2481.9 ± 342.0
カリウム (mg/1000kcal)	1231.7 ± 319.0	1190.3 ± 286.5	1414.3 ± 342.7	1449.7 ± 344.5

非肥満 (BMI<25) と肥満 (BMI ≥ 25) との群間比較 (対応のない t 検定)  
 平均値 ± 標準偏差, \* p<0.05

表 2. 動脈硬化関連指標と肥満の関係

	閉経前			閉経後		
	非肥満 (n=200)	肥満 (n=31)		非肥満 (n=195)	肥満 (n=29)	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20.3 ± 2.1	27.9 ± 2.9	**	21.4 ± 2.0	27.2 ± 2.1	**
baPWV (cm/sec)	1127.8 ± 173.2	1191.5 ± 153.7		1498.7 ± 264.5	1507.9 ± 249.9	
収縮期血圧 (mmHg)	115.4 ± 13.5	124.5 ± 15.8	**	130.5 ± 20.6	140.7 ± 18.8	*
拡張期血圧 (mmHg)	72.1 ± 9.6	78.8 ± 10.5	**	78.1 ± 11.0	85.9 ± 10.0	**
空腹時血糖(mg/dL)	73.8 ± 5.9	76.7 ± 8.2		82.0 ± 9.2	86.4 ± 8.6	*
HbA1c (%)	5.5 ± 0.2	5.6 ± 0.2	*	5.7 ± 0.3	5.9 ± 0.4	*
インスリン (μU/mL)	4.1 ± 2.1	6.5 ± 3.2	**	4.0 ± 1.8	6.4 ± 3.1	**
Total-Cho (mg/dL)	187.4 ± 31.2	193.7 ± 33.9		216.7 ± 32.2	217.2 ± 31.2	
HDL-Cho (mg/dL)	72.3 ± 15.8	59.1 ± 13.3	**	71.9 ± 15.9	61.1 ± 14.9	**
LDL-Cho (mg/dL)	102.6 ± 26.6	116.2 ± 26.3	**	129.0 ± 29.1	133.7 ± 30.8	

非肥満 (BMI<25) と肥満 (BMI≥25) との群間比較 (対応のない t 検定)

平均値 ± 標準偏差, \* p<0.05 \*\* p<0.01

表3-1. 閉経前における食物繊維およびナトリウム、カリウム摂取量と動脈硬化関連指標との関連

説明変数	非肥満 (n=200)										肥満 (n=31)										
	総食物繊維		水溶性食物繊維		不溶性食物繊維		ナトリウム		カリウム		総食物繊維		水溶性食物繊維		不溶性食物繊維		ナトリウム		カリウム		
	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	
目的変数																					
baPWV	-0.11	0.094	-0.13	0.037	-0.09	0.172	-0.07	0.238	-0.20	0.002	0.02	0.932	-0.11	0.645	0.09	0.714	0.07	0.754	0.01	0.978	
収縮期血圧	-0.17	0.017	-0.19	0.007	-0.15	0.035	-0.02	0.778	-0.19	0.006	-0.20	0.353	-0.21	0.325	-0.19	0.364	-0.05	0.805	-0.21	0.406	
拡張期血圧	-0.08	0.256	-0.10	0.144	-0.06	0.394	0.03	0.636	-0.12	0.070	-0.09	0.628	-0.10	0.611	-0.09	0.632	0.15	0.411	0.04	0.857	
空腹時血糖	-0.12	0.113	-0.10	0.163	-0.11	0.125	0.10	0.144	-0.11	0.136	0.13	0.541	0.15	0.466	0.13	0.540	0.07	0.741	0.00	0.997	
HbA1c	0.01	0.951	-0.02	0.776	0.01	0.902	0.13	0.061	0.01	0.951	-0.24	0.221	-0.26	0.182	-0.25	0.208	-0.11	0.580	-0.15	0.535	
インスリン	-0.09	0.228	-0.10	0.174	-0.09	0.204	0.11	0.097	-0.02	0.817	-0.15	0.278	-0.22	0.096	-0.11	0.420	0.04	0.786	-0.15	0.382	
Total-Cho	-0.05	0.506	-0.01	0.947	-0.06	0.448	-0.06	0.348	0.01	0.920	0.32	0.133	0.26	0.222	0.33	0.126	-0.12	0.565	0.27	0.309	
HDL-Cho	0.04	0.567	0.08	0.277	0.02	0.828	-0.08	0.245	0.14	0.054	0.41	0.031	0.41	0.028	0.40	0.035	-0.04	0.833	0.51	0.029	
LDL-Cho	-0.05	0.461	-0.02	0.771	-0.05	0.493	-0.03	0.686	-0.06	0.409	0.27	0.199	0.25	0.232	0.27	0.200	-0.17	0.425	0.08	0.765	

非肥満：BMI<25, 肥満：BMI $\geq$ 25, 重回帰分析,  $\beta$ : 標準偏回帰係数, p値: 有意確率

調整項目: 年齢, 学歴, BMI, 運動習慣の有無, 喫煙習慣の有無, 飲酒習慣の有無, 栄養補助食品摂取の有無, 高血圧治療薬服用の有無

表3-2. 閉経後における食物繊維およびナトリウム、カリウム摂取量と動脈硬化関連指標との関連

説明変数	非肥満 (n=195)										肥満 (n=29)										
	総食物繊維		水溶性食物繊維		不溶性食物繊維		ナトリウム		カリウム		総食物繊維		水溶性食物繊維		不溶性食物繊維		ナトリウム		カリウム		
	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	$\beta$	p値	
目的変数																					
baPWV	-0.13	0.048	-0.13	0.040	-0.12	0.072	-0.01	0.839	-0.08	0.225	0.23	0.385	0.20	0.432	0.24	0.360	0.02	0.945	0.02	0.950	
収縮期血圧	-0.05	0.529	-0.04	0.535	-0.03	0.655	-0.02	0.774	-0.02	0.778	0.33	0.222	0.21	0.414	0.30	0.251	0.05	0.812	0.49	0.078	
拡張期血圧	-0.06	0.459	-0.06	0.432	-0.04	0.555	0.04	0.630	-0.05	0.516	0.42	0.083	0.28	0.237	0.42	0.073	0.02	0.908	0.49	0.052	
空腹時血糖	0.01	0.939	0.03	0.645	0.01	0.871	-0.04	0.621	0.07	0.379	0.13	0.635	0.20	0.464	0.13	0.640	-0.15	0.497	0.51	0.076	
HbA1c	0.05	0.530	0.08	0.268	0.05	0.538	-0.03	0.655	0.07	0.351	-0.02	0.951	0.09	0.719	-0.05	0.856	-0.30	0.143	0.21	0.447	
インスリン	0.08	0.265	0.08	0.268	0.08	0.251	-0.05	0.490	0.01	0.869	-0.09	0.743	-0.06	0.804	-0.07	0.780	-0.28	0.171	0.10	0.706	
Total-Cho	-0.15	0.043	-0.13	0.075	-0.17	0.022	-0.06	0.414	-0.11	0.162	0.10	0.716	0.07	0.800	0.07	0.797	0.04	0.856	0.72	0.007	
HDL-Cho	-0.07	0.328	-0.05	0.508	-0.07	0.332	-0.09	0.235	-0.05	0.455	0.39	0.123	0.31	0.203	0.35	0.156	0.33	0.102	0.07	0.813	
LDL-Cho	-0.13	0.063	-0.12	0.100	-0.15	0.031	-0.02	0.758	-0.09	0.228	-0.03	0.925	-0.04	0.889	-0.04	0.884	-0.04	0.884	0.66	0.025	

非肥満：BMI<25, 肥満：BMI $\geq$ 25, 重回帰分析,  $\beta$ : 標準偏回帰係数, p値: 有意確率

調整項目: 年齢, 学歴, BMI, 運動習慣の有無, 喫煙習慣の有無, 飲酒習慣の有無, 栄養補助食品摂取の有無, 高血圧治療薬服用の有無