投稿

男性勤労者の皮膚カロテノイド値とメタボリックシンドロームとの関連性

高田　康光（タカタ　ヤスミツ）＊1　森本　瑞穂（モリモト　ミズホ）＊2　北村　香織（キタムラ　カオリ）＊2
北村　梨沙（キタムラ　リサ）＊3　中山　久美（ナカヤマ　クミ）＊3

目的　男性勤労者で野菜摂取量が推定できる皮膚カロテノイドの値を測定し，その値が個人の肥満，メタボリックシンドロームの有病率と生活習慣に関連しているかを検討する。

方法　男性勤労者1,527名で皮膚カロテノイド値を定期健康診断受診時に測定した。その測定値とBMI，腹囲の値，メタボリックシンドロームの判定結果と問診票で申告された５つの生活習慣との関連性を調べた。

結果　対象群の平均年齢は48.3歳で，皮膚カロテノイドの最低値は2.8．最高値は12.0を示し，6.0以上を示した割合は11.6％だった。皮膚カロテノイド値6.0以上（N＝177）を野菜摂取高値群（高値群）に，6.0未満（N＝1,350）を野菜摂取低値群（低値群）と分類して年齢層別に肥満度と生活習慣を比較した。40～59歳では低値群は高値群に比べBMIと腹囲の平均値が有意に高かった。50～59歳では，さらにメタボリックシンドロームの有病率が，それぞれ，23.6％と8.5％と低値群が高値群より有意に高い値を示した。問診票で申告された５つの適正習慣，「朝食習慣あり」「歩行習慣あり」「喫煙習慣なし」「適正飲酒習慣あり」「睡眠休養習慣あり」の保持数の平均値は59歳以下で高値群が低値群に比べて有意に高い値を示した。60歳以上での両群の比較ではBMIと腹囲の平均値とメタボリックシンドロームの有病率に有意な差を認めなかった。

結論　男性勤労者の皮膚カロテノイドの高値が，59歳以下で適正な生活習慣の保持，40～59歳ではBMIと腹囲の値，そしてメタボリックシンドロームの有病率に関連していた。この指標を用いる職場の保健指導が減量と生活習慣改善に有効である可能性を示した。

キーワード　皮膚カロテノイド，野菜摂取量，メタボリックシンドローム，生活習慣，勤労者

Ⅰ　緒　　言

本邦では国民健康づくり対策として21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）が展開されており，2008年から特定健康診査・特定保健指導制度もそれに追加され，内臓脂肪型肥満から発症するメタボリックシンドロームへの対策として継続されている[1)]。2023年には健康日本21（第三次）の方針とともに標準的な健診・保健指導プログラムの最新版も発信されている。しかしながら，特定保健指導の2015年中間評価と2018年最終評価ではメタボリックシンドロームの該当者と予備群の数は減少せず，むしろ増加していると報告されている[2)3)]。これまでの健康日本21の対策が個人の生活習慣を標的にしていた方針を変更し，社会環境の変化を促すことを基盤とした活動とする計画となっている。メタボリックシンドロームを含む肥満症

＊1 ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社総務・安全衛生課健康管理室室長
＊2 同産業保健師　＊3 同産業看護師

対策でも，特に高度肥満症者への個人の生活習慣に介入する減量指導には有効な方法が見当たらない。その結果，肥満診療では内科だけでなく肥満外科での対応も始まり，積極的な外科的治療も推進されつつある[4]。著者らは職域の肥満症対策として，生活習慣病を発症した対象者に体重，血圧，血糖の自己測定と歩数計，活動計による運動量の測定を組み合わせて実施し，社員食堂でのヘルシーメニューと減塩メニュー提供による健康的な昼食摂取を促す形の保健指導の成果をこれまでに報告してきた[5][6]。単年度の減量成果は認めるものの，減量の維持，継続が難しく，厚生労働省の報告と同様にメタボリックシンドロームの発症者数の減少効果は認めていない[7][8]。

肥満症対策の食事習慣への介入成果は数値化できるものが求められている。減量指導には野菜摂取量を増やすことも推奨され，その摂取量が少ないと，体重とメタボリックシンドロームの発症が増加している[9]-[11]。人が生合成できない体内のカロテノイドの測定は，由来する野菜や果実摂取量を推定する方法として知られており，最近になり非侵襲的な皮膚カロテノイドの測定方法が開発され利用できるようになっている[12]。測定した皮膚カロテノイド値とメタボリックシンドローム有病率に関連があることが国内の調査で報告されている[13][14]。今回，この方法を利用して勤労者の皮膚カロテノイドを測定し，その値と肥満，メタボリックシンドロームの有病率，そして個人の生活習慣に関連があるかを検討した。

Ⅱ　対象と方法

京都府下に事業所がある半導体設計・製造事業の勤労者で，2023年の８月第３週から９月第３週にかけて事業所内で実施した定期健康診断を受診した男性1,529名，女性156名を対象とした。定期健康診断は近畿健康管理センター（滋賀県栗東市）に依頼して行った。前日午後９時以降は原則，絶飲絶食状態で体重測定と採血検査を行った。この健康診断受診時に皮膚カロテノイド値をベジチェック®（カゴメ株式会社）にて個別に測定した[15]。このベジチェック®はセンサーに内蔵されたLED光源から440～490nmの波長に限定した光を被験者手掌に入射させ，その反射光を458～472nmにて検出し，独自のアルゴリズムで皮膚カロテノイド値を算出する装置である。約30秒間，センサーに右手掌を押し付けておくことで測定値が機器に接続された液晶端末に表示される仕様である。この機器での測定皮膚カロテノイド値は，６種のカロテノイド（ルテイン，ゼアキサンチン，β－クリプトキサンチン，α－カロテン，β－カロテン，リコピン）およびその合算である総カロテノイドの血清濃度と有意な相関を示すとされる[13][15]。この機器では皮膚カロテノイド値が1.0から12.0までの小数点一桁の数値で，１日当たりの推定野菜摂取量がグラム単位で，それぞれ表示される。皮膚カロテノイド値で7.0以上が350ｇ以上，5.0未満では150ｇ未満，5.0～7.0では250～300ｇの野菜摂取量にほぼ該当すると説明されている。また，野菜飲料の介入試験の結果では，介入後，２週間後に皮膚カロテノイド値の上昇を認めたと報告されている[15]。その測定誤差は±0.5程度あるとされ，今回は初回測定で4.0未満，あるいはエラーとなった場合にのみ再測定を行い，原則１回測定の結果を記録し，集計した。測定を希望されなかった男性勤労者は２名存在した。

実際に液晶端末に表示される推定野菜量350ｇ以上は皮膚カロテノイド値6.0以上から出現し，7.0以上では全例350ｇ以上と表示された。推定野菜摂取量350ｇ以上の表示が出現しだす皮膚カロテノイド値6.0以上を皮膚カロテノイド高値群（高値群，推定野菜摂取量350ｇ以上），6.0未満を皮膚カロテノイド低値群（低値群，推定野菜摂取量350g未満）の２群に分類して以下の比較検討を行った。

健康診断結果から得られたBody Mass Index（BMI）と腹囲の値を集計し，そのなかでメタボリックシンドロームと判定された該当者を選定した[1][16]。健康診断時に提出された問診票結果から，生活習慣の５項目を抽出して集計した。

その項目は①朝食を抜くことが週に３日以上ある，②日常的に歩行または同等の身体活動を１日１時間以上実施している，③現在習慣的に喫煙している，④飲酒をしない，あるいは，時々飲むか毎日飲酒するが日本酒換算で１～２合未満である，⑤現在の睡眠で休養は十分である，の５つとした。問診項目の①③は「いいえ」，②④⑤は「はい」の回答者を適正習慣ありとして，①朝食習慣あり，②歩行習慣あり，③喫煙習慣なし，④適正飲酒習慣あり，⑤睡眠休養習慣あり，とした。今回の測定には女性勤労者も参加していたが，総数が200名未満で，メタボリックシンドローム有病者も４名と少数だったので，以後の検討は男性勤労者のみで行った。

皮膚カロテノイド値の測定意義とその測定方法の簡便性の周知を図る目的で，定期健康診断実施約１カ月前の昼食時間帯に，社員食堂前で測定会を実施した。昼食時間帯の約90分に４日間実施し，のべ595名の男女勤労者が無記名の測定に参加した。この測定会開催前１カ月間と実施後１カ月間の食堂横売店における週当たりの野菜ジュース販売数を集計した。さらに，定期健康診断実施以降も３カ月間，ベジチェック®を事業所内に常設し，１カ月程度の間隔で野菜摂取量を増やす行動変容とその結果を確認することを，職場の安全衛生委員会，事業所内のホームページと掲示板を利用して宣伝，推奨した。

今回の皮膚カロテノイド測定は事業所の従業員のヘルスリテラシーを高める健康づくり活動の一環として導入し，測定は非侵襲性検査であったので倫理的配慮は必要なしと判断した。ただし，事業年度初めに事業所の事業者代表，労働者代表から構成される安全衛生委員会に測定実施の目的と計画企画案を提示し，事前承認を得た。事業者，健康保険組合への個人測定記録の提供等の目的外利用もしなかった。また，事前に食堂前イベントを開催し，測定方法とその意味についての広報を行うことで，皮膚カロテノイド測定への不安感の減少に努めた。また，定期健康診断時の測定はプライバシーにも配慮するため健康診断会場とは別室で行い，任意参加とした。

統計学的検討では２群の平均値の差の検定は，Ｆ検定で等分散の検定後，等分散であればスチューデントのｔ検定，等分散でなければウェルチのｔ検定を表計算ソフトのマイクロソフトエクセル（バージョン2401）を用いて行った。２群の比率の差は，js-STAR XR統計ソフトを用い，フィッシャーの正確検定を行った。いずれの場合も$p<0.05$を有意と判定した。

表１　皮膚カロテノイド値の分布と年齢

皮膚カロテノイド値	4.0未満	4.0～4.9	5.0～5.9	6.0～6.9	7.0以上
人数（名）	342	655	353	113	64
平均年齢（歳）	41	47	50	51	53
割合（%）	22.4	42.9	23.1	7.4	4.2

Ⅲ　結　　果

健康診断受診者の男性勤労者1,527名，平均年齢48.3歳の集団での皮膚カロテノイドの最低値は2.8．最高値は12.0で，全体の平均値は4.7±1.1だった。その値が6.0以上を示した割合は11.6%だった（**表１**）。皮膚カロテノイド高値群は177名（11.6%），低値群は1,350名（88.4%）だった。皮膚カロテノイド高値群の平均年齢は低値群のそれよりも高く，それぞれ，51.7±9.7歳と47.8±10.2歳と有意な差を認めた。

対象の男性勤労者をその年齢で39歳以下，40～49歳，50～59歳，60歳以上の４群に分け，皮膚カロテノイド6.0以上の高値群と6.0未満の低値群で，メタボリックシンドロームの有病率，BMIと腹囲の平均値，５つの適正習慣のそれぞれの保持割合，そしてその平均保有数を算出し，比較検討した（**表２**）。適正習慣保有数の平均値は60歳以上を除く３つの年齢層群で高値群が低値群に比し有意に多かった。それに加えて個々の生活習慣保有率では，50～59歳で，朝食習慣あり，喫煙習慣なし，適正飲酒習慣ありで高値群が低値群に比し有意に高い値を示した。BMIと腹囲の平均値は40～49歳から低値群が高値群より有意に高く，50～59歳ではメタボリッ

表２　皮膚カロテノイド高値群と低値群の適正生活習慣，メタボリックシンドローム有病率の比較

	39歳以下		40～49歳		50～59歳		60歳以上	
皮膚カロテノイド分類	低値群	高値群	低値群	高値群	低値群	高値群	低値群	高値群
人数(名)	244	20	472	37	474	82	160	38
メタボリックシンドローム(名)	8	－	53	1	112**	7	38	10
BMI(kg/㎡)	22.4± 4.0	21.7± 3.8	23.6±3.8*	22.1±2.9	24.2±3.6**	23.0±3.0	23.4±3.0	22.8±2.6
腹囲(cm)	80.4±10.6	78.1±10.1	84.3±9.5**	79.7±7.7	86.0±9.5***	81.9±8.8	84.8±8.2	83.0±8.0
朝食習慣あり(%)	59.8	70.0	73.9	86.5	80.6**	91.5	88.1	89.5
歩行習慣あり(%)	45.1	48.9	38.3	51.4	39.0	30.5	55.0***	31.6
喫煙習慣なし(%)	88.9	100.0	83.9	89.2	76.4***	96.3	65.6	81.6
適正飲酒習慣あり(%)	85.7	85.0	86.2	94.6	85.2*	93.9	83.1**	97.4
睡眠休養習慣あり(%)	43.4	55.0	55.9	67.6	55.3	45.1	69.9	68.4
適正習慣保持数	3.2±1.0*	3.8±1.1	3.4±1.0**	3.9±1.0	3.4±1.1*	3.6±0.8	2.8±1.7	2.8±1.4

注　BMI，腹囲は平均±標準偏差で示す。*ｐ＜0.05，**ｐ＜0.01，***ｐ＜0.001，皮膚カロテノイド分類高値群を対照とした。

クシンドロームの有病者数（有病率）が低値群では112名（23.6%）と高値群の７名（8.5%）に比べ多く，有意に高い比率だった。60歳以上では，他の年齢層と異なり，BMIと腹囲の平均値とメタボリックシンドロームの有病率には差は認めなかった。また，高値群が低値群に比し，適正飲酒習慣ありが有意に高かったが，歩行習慣ありの割合が有意に低下していた。有意差は認めなかったが，低値群の喫煙習慣なしが65.6%と他のどの群よりも低い傾向を示していた。

この男性勤労者集団全体を５つの適正習慣の有無で分類し，その皮膚カロテノイド平均値を比較すると，朝食習慣あり，喫煙習慣なし，適正飲酒習慣ありの習慣を保有している群は，保有していない群に比べて有意に高い値を示した。一方，歩行習慣あり，睡眠休養習慣ありの保有の有無の比較では皮膚カロテノイド平均値に有意な差を認めなかった（**表３**）。

社員食堂前で昼食時の皮膚カロテノイド測定会の開催による個人の野菜摂取行動の変化を，食堂前売店の野菜ジュース販売数で検討した。４日間の測定会には，食堂利用者2,722名のうち595名が参加した。この測定会開催前後の４週間での週当たり平均販売数は，イベント前の117±８本に比べ，イベント後では156±６本（ｐ＝0.009）と有意に増加していた。

Ⅳ 考　　察

野菜摂取行動を変化させることを目的とした

表３　適正習慣の有無と皮膚カロテノイド値の関係

		人数（名）	皮膚カロテノイド値（平均±標準偏差）
朝食習慣	あり	1 173	4.8±1.1*
	なし	354	4.5±0.9
喫煙習慣	なし	1 264	4.8±1.1*
	あり	263	4.4±0.9
適正飲酒習慣	あり	1 316	4.8±1.1*
	なし	211	4.4±0.8
歩行習慣	あり	615	4.7±1.0
	なし	912	4.8±1.2
睡眠休養習慣	あり	824	4.7±1.1
	なし	703	4.7±1.1

注　*ｐ＜0.001，適正習慣がない下段を対照とした。

ヘルスリテラシーを高める健康づくり活動を職域で実施し，勤労者の皮膚カロテノイドの値が肥満，メタボリックシンドロームと勤労者の生活習慣に関連しているかを検討した。厚生労働省が健康日本21[2)]で推奨する野菜摂取量350ｇをほぼ満たしていた群は全体の11.6%と少なかった。同じベジチェック®を用いた皮膚カロテノイドの測定結果で，疾病管理を受けていない健康な住民調査の結果では，平均年齢48.8歳の男性340名での皮膚カロテノイド値の平均値が4.8，質問票からの野菜摂取量平均値が170gと報告されている[13)]。この数値と今回の平均年齢48.3歳，平均皮膚カロテノイド値4.7はほぼ同様な値を示しており，今回の男性勤労者が特異な集団ではなかったと推定している。

年齢層により異なる特徴を認めたが，40～59歳の男性勤労者では皮膚カロテノイドの低値が肥満とメタボリックシンドロームの有病率と関

連していることを示した。さらに，59歳以下の男性勤労者では，皮膚カロテノイド高値群は低値群に比べ保有する適正生活習慣数の平均値が有意に多かった。この結果は，特定保健指導の対象となる前の40歳未満勤労者への皮膚カロテノイド測定による野菜摂取の推奨実施が，適正な生活習慣への行動変容を促す方法として活用できる可能性を示している[8]。60歳以上の男性勤労者に皮膚カロテノイドの値と腹囲，BMIとメタボリックシンドローム有病率に関連を認めなかった理由は不明だが，この年齢層で多く認めた喫煙習慣が関与している可能性が考えられた。この対象集団全体の分析でも喫煙習慣は皮膚カロテノイドを減少させる因子の１つだったからである。

野菜ジュースの摂取という手ごろな野菜摂取方法があることは，皮膚カロテノイド量を測定した対象者に比較的容易な行動変容を促す助けになる。実際，社員食堂での測定会開催前後で調査すると，食堂横の売店での野菜ジュース販売量が増加していることが観察できた。

今回の検討はあくまで横断調査であるため，皮膚カロテノイド値と肥満，メタボリックシンドロームの発症，そして，生活習慣のかかわりを明確とするには縦断調査，あるいは介入研究による検討が必要である。また，この手法が，これまでの個人への食事指導に用いられている食事履歴の問診票，あるいは食事メニューの画像を栄養士と保健師が確認し食事内容の総カロリー，栄養成分の比率と野菜摂取量を推定する方法の１つとなりえるかは，さらに検討が必要である[5)6)17)]。野菜摂取量を増やすことは肥満の抑制に働くので，この皮膚カロテノイドの値が実際の野菜摂取量をどの程度反映しているかの検証も必要である[18)19)]。皮膚あるいは血中のカロテノイドの測定値はその特徴として抗酸化作用をもち，１）フリーラジカル産生から酸化ストレスを引き起こす喫煙，飲酒過多習慣を持つ対象では低めとなること，２）日光照射により低下し，測定季節により変化があること，３）男女差があることなどが知られており，実際の野菜摂取量を正確には反映していない例が想定されるからである[20)]。このような課題があるものの，地域のスーパーマーケットや薬局等で，個人が皮膚カロテノイド値を測定できる環境整備は，第三次健康日本21の趣旨にも合致し，個人の野菜摂取を増やす行動変動を自発的に誘導し，減量効果も期待できる手法として期待できると考えている。

Ⅴ 結　　語

平均年齢48.3歳の男性勤労者1,527名の皮膚カロテノイド平均値から推定できた平均野菜摂取量で厚生労働省が推奨する１日350ｇを満たしていると推定できた対象は11.6％と少なく，大多数が野菜摂取不足と判定された。この対象での皮膚カロテノイド低値は肥満とメタボリックシンドロームの有病率に関連し，加齢とともに適正な生活習慣の減少から肥満とメタボリックシンドロームの発症へ進捗させる因子として働いている可能性を認めた。従って，若い年齢層への野菜摂取の促進活動が職域でも重要な課題であると考えた。

謝辞

野菜ジュース販売数の集計結果を期間ごとの提供にご協力いただきました社内売店，ショップひまわりの藤友宏代氏に深謝いたします。

文　　献

１）矢島哲也，勝又浜子，山本英紀．第１部概論．門脇孝，他編．メタボリックシンドロームリスク管理のための健診・保健指導ガイドライン．第１版．東京：南山堂，2008；1-26.

２）厚生労働省．健康日本21（第三次）について～栄養・食生活関連を中心に～．（https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/001122156.pdf）2023.12.28.

３）厚生労働省．標準的な健診・保健指導プログラム（令和６年度版）．（https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-hoken_129197_00001.html）2023.12.28.

４）遠藤裕一，太田正之，猪股雅史．日本における肥満外科手術の現状と展望．医学のあゆみ　2020；274(10)：934-8.

5）Takata Y, Ou O, Nishida H, et al. Impact of self-monitoring of blood glucose on the lifestyles of subjects with fasting hyperglycemia：A randomized control trial. J Occup Health 2002；44：28-33.
6）高田康光，内田智子，祝迫麻衣，他．職場での減塩推進活動の効果．松仁会医学誌　2015；54（１）：17-22.
7）高田康光．特定健康診査と保健指導の疾病休業への影響．松仁会医学誌　2016；55（１）：7-12.
8）高田康光．特定健康診査の40歳の勤労者への影響．松仁会医学誌　2018；57（２）：101-5.
9）Nour M, Lutze SA, Grech A, et al. The relationship between vegetable intake and weight outcomes：A systematic review of cohort studies. Nutrients 2018；10：1626. doi：10.3390/nu10111626.
10）Tian Y, Su L, Wang J, et al. Fruit and vegetable consumption and risk of the metabolic syndrome：a meta-analysis. Public Health Nutr 2018；21（４）：756-65.
11）Zhang Y and Zhang DZ. Associations of vegetable and fruit consumption with metabolic syndrome. A meta-analysis of observational studies. Public Health Nutr 2018；21（９）：1693-703.
12）Radtke MD, Pitts SJ, Jahns L, et al. Criterion-Related Validity of Spectroscopy-Based Skin Carotenoid Measurements as a Proxy for Fruit and Vegetable Intake：A Systematic Review. Adv. Nutr 2020；11：1282-99.
13）Matsumoto M, Suganuma H, Shimizu S, et al. Skin carotenoid level as an alternative marker of serum total carotenoid concentration and vegetable intake correlates with biomarkers of circulatory diseases and metabolic syndrome. Nuturients 2022；12（６）：1825. doi：10.3390/nu12061825.
14）Takayanagi Y, Obana A, Muto S, et al. Relationships between skin carotenoid levels and metabolic syndrome. Antioxidants（Basel）2021；11（１）：14. doi：10.3390/antiox11010014.
15）菅沼大行，林宏紀，松本舞．野菜摂取量を非侵襲で推定する仕組み「ベジチェック®」の開発．日本栄養・食糧学会誌　2022；75（３）：97-102.
16）メタボリックシンドローム診断基準検討委員会．メタボリックシンドロームの定義と診断基準．日本内科学会雑誌　2005；94（４）：749-809.
17）Matsuzaki E, Michie M, Kawabata T. Validity of Nutrient Intakes Derived from an Internet Website Dish-Based Dietary Record for Self-Management of Weight among Japanese Women. Nutrients 2017；9(10)：1058. doi：10.3390/nu9101058.
18）Sawada K, Murayama N, Takemi Y, et al. Cohort study examining the association between vegetable consumption and weight gain in a single year among Japanese employees at a manufacturing company. Asia Pac J Clin Nutr 2015；24（４）：633-8.
19）Wilunda C, Sawada N, Goto A, et al. Associations between changes in fruit and vegetable consumption and weight change in Japanese adults. S.Eur J Nutr 2021；60（１）：217-27.
20）Madore MP, Hwang JE, Park JY, et al. A Narrative Review of Factors Associated with Skin Carotenoid Levels. Nutrients 2023；15（９）：2156. doi：10.3390/nu15092156.