

原 著

男性勤労者の内臓脂肪面積に関連する要因の検討

—内臓脂肪測定装置 DUALSCAN での検討—

井元 淳, 豊永 敏宏, 出口 純子, 福田 里香

九州労災病院勤労者予防医療センター

(平成 25 年 11 月 6 日受付)

要旨: 我々のセンターでは勤労者医療の観点から非侵襲的健康度測定を行っており, 近年, 重要性が増している内臓脂肪量測定を追加導入した. 本研究では, DUALSCAN での内臓脂肪面積 (VFA: Visceral Fat Area) 測定を含む健康度測定を実施した企業社員において, VFA に影響を与える要因と VFA 測定の有用性の検討を目的とした. 4 企業の男性社員 124 名, 平均年齢 49.7 ± 8.9 歳を対象とした. 方法として, 問診表や体成分分析測定, VFA 測定など健康度測定で得られた項目から独立変数を決定し, VFA を従属変数としたステップワイズ法による重回帰分析を行った. また, 対象のうち $VFA \geq 100\text{cm}^2$ のものを VFA リスク有, $VFA < 100\text{cm}^2$ のものを VFA リスク無の 2 群に分け, 重回帰分析で選択された変数について, VFA リスクの有無を状態変数とした ROC (receiver-operating characteristics) 曲線での分析で感度, 特異度, カットオフ値および AUC (Area Under the Curve) を算出した. 重回帰分析の結果, 腹囲 (AC), HR, 体脂肪率, 体幹筋肉率と VFA との間で有意な回帰式を構成した. 先行研究同様, VFA に最も関連する要因として AC が抽出され, DUALSCAN での VFA 測定の有用性が示されたが, その測定値はやや過小評価される可能性が示唆された. また VFA の減少には栄養指導や有酸素運動の指導を行うとともに体幹筋肉率向上を目的とした筋力増強運動の運動指導を併用する必要性が示された. さらに VFA 高値者は HR も高値であることが示されたため, 運動処方時には HR に注意する必要性が示唆された.

(日職災医誌, 62: 197—201, 2014)

—キーワード—

内臓脂肪面積, 勤労者, 個別指導

はじめに

メタボリックシンドローム (MetS) は内臓脂肪症候群とも呼ばれ, 内臓脂肪の蓄積を基盤に危険因子の集積する病態であり, 高血圧や糖尿病などをはじめとして動脈硬化性疾患である心血管性疾患など生活習慣病の発症に大きく関係している^{1)~3)}. そのため我が国では, MetS の早期発見と早期介入を目的とした特定健康診査・特定保健指導が 2008 年より開始され, 内臓脂肪減少に向けて生活習慣の是正を図る指導が求められている.

我々は勤労者の生活習慣病を予防し職業生活を守るという勤労者医療の観点から, 企業社員を対象とした非侵襲的健康度測定を実施している. この健康度測定では上腕-足首脈波伝播速度 (baPWV: brachial-ankle Pulse Wave Velocity) 測定を用いた動脈硬化度測定や体成分分析測定を用いた筋肉量・脂肪量測定などを行ってきた

が, 内臓脂肪量が MetS 診断の基準の 1 つになっている⁴⁾ など内臓脂肪量測定の重要性が増していることから, 2013 年度より DUAL インピーダンス法による内臓脂肪測定を追加導入した. これは除脂肪面積と皮下脂肪面積を測定することで内臓脂肪面積 (VFA: Visceral Fat Area) を算出するもので, X 線 CT による VFA と非常に有意な相関を示す測定装置である⁵⁾. 我々はこの内臓脂肪測定を含めた健康度測定の結果に基づいて生活指導, 栄養指導, 運動指導などの個別指導を開始したが, 勤労者の生活環境や職場環境, 筋肉量・脂肪量などの体組成と VFA との関連についての報告は現在乏しい⁶⁾⁷⁾. そこで本研究では, VFA に関連する要因の検討と VFA 測定の有用性の検討を目的とした.

対 象

対象は 2013 年 4 月~10 月までに内臓脂肪測定を含め

表1 対象者の身体特性と生活習慣, 職場環境

	平均値・度数
年齢 (歳)	49.7 ± 8.9
身長 (cm)	171.4 ± 6.0
体重 (kg)	71.7 ± 10.1
BMI (kg/cm ²)	24.4 ± 3.0
骨格筋率 (%)	43.1 ± 3.0
体脂肪率 (%)	22.7 ± 5.3
WHR	0.90 ± 0.03
AC (cm)	86.2 ± 7.0
体幹筋肉率 (%)	33.8 ± 2.3
体幹脂肪率 (%)	11.3 ± 3.0
下肢筋肉率 (%)	25.3 ± 2.1
RbSBP (mmHg)	131.8 ± 16.8
RbDBP (mmHg)	81.6 ± 12.1
HR (beat/min)	68.8 ± 11.5
VFA (cm ²)	83.4 ± 30.2
SFA (cm ²)	175.1 ± 52.9
業務形態 (立ち仕事中心/座り仕事中心)	7/117
業務時間 (日勤/日勤以外)	124/0
休日 (週2回/それ以外)	120/4
世帯構成 (単身/それ以外)	29/95
健康管理の意識 (意識している/していない)	83/41
喫煙習慣 (喫煙していない/喫煙している)	94/30

た健康度測定を実施し, 書面による承諾を得た4企業の男性従業員164名のうち, 問診表に欠損があるものと高血圧症, 脂質異常症, 糖尿病, 肥満症で投薬治療を受けているものを除外した124名とした. 平均年齢は49.7 ± 8.9 (mean ± SD) 歳であった.

方 法

測定項目として(体成分分析装置であるInBody 720, Biospace社製)を用い, 体重, 体格指数(BMI), 骨格筋量, 体脂肪率, ウエストヒップ比(WHR), 腹囲(AC), 体幹筋肉量, 体幹脂肪量, 下肢筋肉量を測定した. このうち骨格筋量と体幹筋肉量, また体幹脂肪量と下肢筋肉量はそれぞれ体重で除し, 100で乗したものを骨格筋率, 体幹筋肉率, 体幹脂肪率, 下肢筋肉率として算出した. また右上腕収縮期血圧(RbSBP), 右上腕拡張期血圧(RbDBP), 心拍数(HR)をform BP-203RPEII(オムロンコーリン社製)もしくはエレマーノ血圧計(テルモ社製)を用いて測定した. さらにHDS-2000 DUALSCAN(オムロンヘルスケア社製)を用い, 内臓脂肪面積(VFA), 皮下脂肪面積(SFA)を測定した.

調査項目として年齢, 身長, 業務形態(立ち仕事中心/座り仕事中心), 業務時間(日勤/日勤以外), 休日(週休2日/それ以外), 世帯構成(単身/それ以外), 健康管理の意識(意識している/していない), 喫煙習慣(喫煙していない/喫煙している)について問診表で確認した.

統計処理はVFAと年齢, 身長, 体重, BMI, 骨格筋率, 体脂肪率, WHR, AC, 体幹筋肉率, 体幹脂肪率, 下肢筋肉率, RbSBP, RbDBP, HR, 業務形態, 業務時間, 休日,

表2 VFAとその他の身体特性との相関関係

	相関係数
年齢	-0.101
身長	-0.135
体重	0.600**
BMI	0.630**
骨格筋率	-0.552**
体脂肪率	0.630**
WHR	0.533**
AC	0.723**
体幹筋肉率	-0.508**
体幹脂肪率	0.689**
下肢筋肉率	-0.583**
RbSBP	0.266**
RbDBP	0.272**
HR	0.352**
SFA	0.767**

**p<0.01

世帯構成, 健康管理の意識, 喫煙習慣の20項目との関係についてspearman順位相関係数, Mann-WhitneyのU検定を用いて比較検討した. この結果から独立変数を決定し, VFAを従属変数とした独立変数との関係をステップワイズ法による重回帰分析により検討した. なお独立変数の選択において, 独立変数間の相関関係について検討し, 多重共線性についても考慮した. さらに内臓脂肪蓄積のカットオフ値である100cm²を基準⁸⁾として, VFA ≥ 100cm²のものをVFAリスク有, VFA < 100cm²のものをVFAリスク無とし, 重回帰分析で選択された変数について, VFAリスクの有無を状態変数としたROC(receiver-operating characteristics)曲線での分析を行い, 感度, 特異度, カットオフ値およびROC曲線下面積(AUC: Area Under the Curve)を算出した. カットオフ値の算出にはYouden indexを用いた. 統計処理にはいずれもSPSS19.0 for Windowsを用い, 有意水準は5%未満とした.

結 果

対象者の身体特性と生活環境, 職場環境について表1に示す.

表2はVFAとその他の身体特性との相関分析の結果である. 体重(p<0.001), BMI(p<0.001), 体脂肪率(p<0.001), WHR(p<0.001), AC(p<0.001), 体幹脂肪率(p<0.001), RbSBP(p<0.01), RbDBP(p<0.01), HR(p<0.001), SFA(p<0.001)において有意な正の相関を示した. また骨格筋率(p<0.001), 体幹筋肉率(p<0.001), 下肢筋肉率(p<0.001)では有意な負の相関を示した.

表3はVFAと生活環境, 職場環境との関連を示す. すべての項目において有意な差は認めなかった.

上述した単変量解析の結果より独立変数を決定し,

VFA を従属変数としたステップワイズ法による重回帰分析を行った。なお多重共線性の確認として spearman の相関係数を用いて独立変数間の相関関係を検討した結果、体重と AC 間で $r=0.902$ ($p<0.001$)、骨格筋率と体脂肪率間で $r=-0.981$ ($p<0.001$)、体幹脂肪率と骨格筋率、体脂肪率間でそれぞれ $r=-0.946$ ($p<0.001$)、 $r=0.984$ ($p<0.001$) と有意な正もしくは負の相関が見られた。そのため、有意な相関関係にあった項目のうちいず

れかを削除したステップワイズ法による重回帰分析を行い、調整済み R^2 が高い項目を採用した。その結果、体重、骨格筋率、体幹脂肪率を除く 9 項目を独立変数として投入したステップワイズ法による重回帰分析により、VFA に影響を与える因子として AC、HR、体脂肪率、体幹筋肉率が抽出された (表 4)。

重回帰分析から抽出された独立変数について VFA リスクの有無を状態変数とした ROC 曲線を図 1 に示す。ROC 曲線から算出した AUC は AC で 0.880 (95% 信頼区間：0.813~0.946)、体脂肪率で 0.797 (95% 信頼区間：0.708~0.887)、体幹筋肉率で 0.752 (95% 信頼区間：0.641~0.862)、HR で 0.680 (95% 信頼区間：0.560~0.799) であった (表 5)。

表 3 VFA と生活習慣、職場環境との関連

		VFA	p 値
業務形態	立ち仕事中心	80.2±28.6	0.841
	座り仕事中心	83.6±30.4	
業務時間	日勤	83.4±30.2	—
	日勤以外	—	
休日	週 2 回	81.8±26.7	0.123
	それ以外	133.5±75.4	
世帯構成	単身	76.9±30.4	0.171
	それ以外	85.5±30.0	
健康管理の意識	意識している	83.3±28.8	0.884
	していない	83.7±33.1	
喫煙習慣	喫煙していない	81.0±26.7	0.302
	している	91.2±38.6	

表 4 VFA を従属変数とした重回帰分析

	偏回帰係数	標準偏回帰係数	有意確率 (p)	95% 信頼区間		多重共線性 (VIF)
				下限	上限	
(定数)	-343.597		0.000	-485.503	-201.691	
AC	2.719	0.629	0.000	2.037	3.400	2.357
HR	0.404	0.154	0.005	0.123	0.686	1.092
体脂肪率	2.308	0.407	0.002	0.891	3.724	5.922
体幹筋肉率	3.330	0.255	0.034	0.260	6.399	5.260

$R^2=0.67$

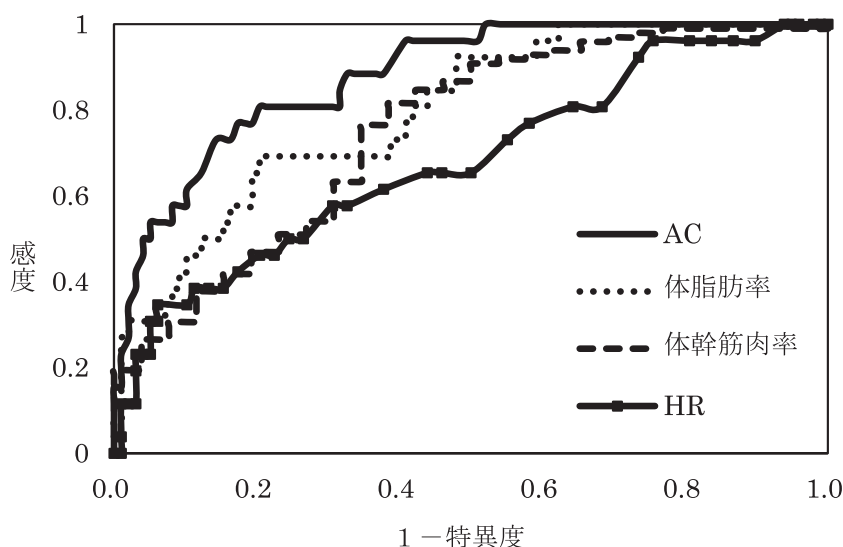


図 1 男性群の ROC 曲線

表 5 各項目のカットオフ値、感度、特異度、AUC

	cut-off 値	感度 (%)	特異度 (%)	AUC (95% 信頼区間)
AC	87.9	80.8	79.6	0.880 (0.813-0.946)
体脂肪率	24.4	69.2	79.6	0.797 (0.708-0.887)
体幹筋肉率	32.6	81.6	61.5	0.752 (0.641-0.862)
HR	81.5	34.6	93.9	0.680 (0.560-0.799)

考 察

肥満とは脂肪組織が過剰に蓄積した状態と定義され、高血圧や脂質代謝異常、糖尿病などの慢性疾患を合併しやすく^{9)~11)}、さらに心血管病の罹患や死亡リスク¹²⁾¹³⁾が有意に高まる。そして近年では、体脂肪の量のみでなくその蓄積部位に関心が向けられている。特に腹腔内の腸間膜や大網に蓄積した内臓脂肪による生理活性物質やホルモンなどの分泌異常がインスリン抵抗性を高め、耐糖能異常や血圧上昇、脂質代謝異常を引き起こす一因とされる¹⁴⁾。よって、内臓脂肪量測定の意義は大きいと考えられ、我々の勤労者に対する非侵襲的健康度測定においても、平成 25 年度から個別指導に活かせるよう内臓脂肪測定の装置を追加導入した。DUALSCAN の測定結果では、VFA は数値として表わされ、また内臓脂肪レベルや皮下脂肪レベルを 16 段階で表出することで被検者にとっては理解しやすいという利点があると考えられる。しかしながら、勤労者の生活環境や職場環境、筋肉量・脂肪量などの体組成と VFA との関連について、現在、十分な知見を得られていないため検討を行った。

本研究の結果から、VFA と関連する因子として AC、体脂肪率、体幹筋肉率、HR が挙げられた。MetS の診断基準⁴⁾の中で、X 線 CT での VFA の 100cm²に相当する指標として AC は以前から採用されており、最近の研究においても VFA の 100cm²に相当する AC は男性において約 85cm であることが改めて証明されている¹⁵⁾。今回の研究から、VFA に最も関連する要因として AC が抽出され、VFA の測定は内臓増脂肪測定¹⁾の指標として有効であると考えられる。しかしながら、本研究における ROC 曲線での分析によって算出された VFA の 100cm²に相当する AC は 87.9cm と MetS の診断基準よりやや高い値を示した。福井ら⁵⁾は DUALSCAN の測定値の方が X 線 CT より低い値となると報告しており、DUALSCAN による測定ではやや過小評価となる可能性がある。よって生活習慣病予防を目的として被検者にフィードバックする際は、このような点を念頭に置いて指導を行う必要があると考えられる。

また AC の他に VFA に関連する因子として、体脂肪率、体幹筋肉率、HR の 3 項目が挙げられた。このうち体脂肪率は肥満度の判定基準の指標として広く知られており¹⁶⁾、また安静時 HR の上昇は肥満の発症を予測するとの報告があり¹⁷⁾、この 2 項目は肥満、脂肪蓄積との関連が強い指標と言える。一方、体幹筋と肥満との関係についての報告は現在なく、体幹筋肉の増加は VFA を減少させる可能性があるという知見を本研究から得ることができた。VFA の改善として、田中ら¹⁸⁾は摂取エネルギーの制限を目的とした食事介入と消費エネルギーの増大を目的とした有酸素運動での介入により VFA は減少すると報告している。よって、内臓脂肪蓄積の改善・予防を目

的とした個別指導では、栄養指導や有酸素運動の指導を行うとともに体幹筋肉率向上を目的とした体幹周囲筋の筋力増強運動の運動指導を併用して行うことで、さらに VFA 減少の効果が高まる可能性がある。ただし、本研究の結果から、強い相関関係ではないものの VFA の高値者は HR も高値であることが示されたため、心循環系に対し健常者にとっては低負荷な運動でも肥満者にとっては高負荷な運動となることも予想され、運動処方時には注意が必要と考えられる。

本研究の制限因子として、問診表での調査で喫煙習慣や飲酒習慣、また運動習慣などの細かい聞き取りが不十分であったことが挙げられる。対象者へ個別指導を行う際に、ある程度の数値目標を伝えることによって目標が明確になるため理解しやすく、指導の受け入れもしやすいと考えられる。今後、喫煙指数や飲酒量、身体活動量などさらに掘り下げて調査し、VFA との関連を深く検討していく必要がある。当センターは健康度測定として企業へ出張しているが、企業からの依頼は着実に増加し、また継続的に健康度測定を受けられる企業もある。今後、個別指導が VFA の変化に与える影響や動脈硬化度の指標である baPWV と VFA との関連について検討を行ってきたい。

文 献

- 1) 厚生省健康科学総合研究事業：糖尿病発症危険群におけるインスリン抵抗性とその生活習慣基盤に関する多施設共同追跡調査—介入対象としての内臓肥満の意義の確立—、厚生省健康科学総合研究事業報告。2001。
- 2) Fujimoto WY, Bergstrom RW, Boyko EJ, et al: Visceral adiposity and incident coronary heart disease in Japanese-American men. The 10-year follow-up results of the Seattle Japanese-American Community Diabetes Study. *Diabetes Care* 22 (11): 1808—1812, 1999.
- 3) Ninomiya T, Kubo M, Doi Y, et al: Impact of metabolic syndrome on the development of cardiovascular disease in a general Japanese population: the Hisayama study. *Stroke* 38 (7): 2063—2069, 2007.
- 4) 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。日内会誌 94：88—203, 2005.
- 5) 福井敏樹, 丸山美江, 山内一裕, 他：DUAL インピーダンス法による内臓脂肪測定の有用性と測定結果解釈の注意点—メタボリックシンドロームと早期動脈硬化診断の観点から—。人間ドック 27 (4)：719—728, 2012.
- 6) Okauchi Y, Kishida K, Funahashi T, et al: Absolute value of bioelectrical impedance analysis-measured visceral fat area with obesity-related cardiovascular risk factors in Japanese workers. *J Atheroscler Thromb* 17 (12): 1237—1245, 2010.
- 7) 竹下登紀子, 白木まさ子：製造業に従事する勤労者におけるメタボリックシンドロームと関連する因子に関する断面的研究。栄養誌 68 (1)：15—24, 2010.
- 8) Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan; Japan Society for the Study of Obesity: New

- criteria for 'obesity disease' in Japan. *Circ J* 66 (11) : 987—992, 2002.
- 9) Stamler R, Stamler J, Riedlinger WF, et al: Weight and blood pressure. Findings in hypertension screening of 1 million Americans. *JAMA* 240 (15): 1607—1610, 1978.
 - 10) Pouliot MC, Després JP, Nadeau A, et al: Visceral obesity in men. Associations with glucose tolerance, plasma insulin, and lipoprotein levels. *Diabetes* 41 (7): 826—834, 1992.
 - 11) Larsson B, Björntorp P, Tibblin G: The health consequences of moderate obesity. *Int J Obes* 5 (2): 97—116, 1981.
 - 12) Hubert HB, Feinleib M, McNamara PM, Castelli WP: Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study. *Circulation* 67 (5): 968—977, 1983.
 - 13) Cui R, Iso H, Toyoshima H, et al: JACC Study Group: Body mass index and mortality from cardiovascular disease among Japanese men and women: the JACC study. *Stroke* 36 (7): 1377—1382, 2005.
 - 14) Kadowaki T, Yamauchi T, Kubota N, et al: Adiponectin and adiponectin receptors in insulin resistance, diabetes, and the metabolic syndrome. *J Clin Invest* 116 (7): 1784—1792, 2006.
 - 15) Hiuge-Shimizu A, Kishida K, Funahashi T, et al: Absolute value of visceral fat area measured on computed tomography scans and obesity-related cardiovascular risk factors in large-scale Japanese general population (the VACATION-J study). *Ann Med* 44 (1): 82—92, 2012.
 - 16) 大野 誠, 池田義雄: 肥満の判定法と治療指針. *Prog Med* 13 (1) : 7—19, 1993.
 - 17) Shigetoh Y, Adachi H, Yamagishi S, et al: Higher heart rate may predispose to obesity and diabetes mellitus: 20-year prospective study in a general population. *Am J Hypertens* 22 (2): 151—155, 2009.
 - 18) 田中喜代次, 田中英和, 大蔵倫博, 他: 有酸素性運動およびエネルギー摂取制限が腹部脂肪面積に与える影響. *肥満研* 5 (1) : 40—45, 1999.

別刷請求先 〒800-0296 福岡県北九州市小倉南区曾根北町1-1
九州労災病院勤労者予防医療センター
井元 淳

Reprint request:

Atsushi Inomoto
Kyushu Rosai Hospital Center for Preventive Medicine, Japan Labour Health and welfare Organization, 1-1, Soneki-tamachi, Kokura-minamiku, Kitakyushu-city, Fukuoka, 800-0296, Japan

Examination of the Factors to Affect the Visceral Fat Area in Workers —Examination in Visceral Fat Area Measuring Equipment DUALSCAN—

Atsushi Inomoto, Toshihiro Toyonaga, Junko Deguchi and Rika Fukuda
Kyushu Rosai Hospital Center for Preventive Medicine, Japan Labour Health and welfare Organization

We performed a noninvasive health measurement from the viewpoint of worker medical care in our facility and added visceral fat mass measurement that increased more importance in recent years. The purpose of this study was to examine the factors to affect visceral fat area (VFA) and the usefulness of the VFA measurement in company workers who carried out the health measurement which included VFA measurement with DUALSCAN. The study was conducted in 124 male workers, average age of 49.7 ± 8.9 years from 4 companies. The multiple stepwise linear regression analysis was performed with VFA as the dependent variable and the factors which were decided from the health measurement, which included a medical questionnaire, body composition data, VFA measurement as the independent variables. In addition, we decided subjects with $VFA \geq 100 \text{ cm}^2$ as the VFA risk group and subjects with $VFA < 100 \text{ cm}^2$ as the VFA non-risk group. Sensitivity, specificity, cut-off point and AUC (Area Under the Curve) were calculated about variables chosen for the multiple regression analysis using the analysis with the ROC curve, with VFA risk or non-risk as the state variable. As a result of the multiple regression analysis, VFA was significantly correlated with abdominal circumference (AC) HR, body fat percentage, and trunk muscle rate. AC was extracted as the factor most related to VFA as previous research shows, and the effectiveness of VFA measurement in DUALSCAN was also shown. But the measurements may be underestimated a little. The nutrition education, aerobic exercise instruction, and exercise instruction of the muscle strengthening exercise for the improvement of trunk muscle rate together were shown to be necessary for weight loss. It is also necessary to pay close attention to HR at the time of exercise prescription because HR was shown to be high in subjects with high VFA.

(JJOMT, 62: 197—201, 2014)