

## デュアルインピーダンス法による内臓脂肪測定の有用性の検討

研究分担者 津下 一代 あいち健康の森健康科学総合センターセンター長  
研究協力者 村本あき子 あいち健康の森健康科学総合センター部長  
加藤 綾子 あいち健康の森健康科学総合センター

### 研究要旨

特定健診はメタボリックシンドローム(MetS)概念に基づき BMI、腹囲、血液検査等を実施しているが、BMI や腹囲異常がなくとも生活習慣病リスクを持つ対象者も少なくない。そこで本研究では BMI、腹囲と内臓脂肪面積(VFA)を分析し、BMI や腹囲のみで検出できない、いわゆる「かくれ肥満者」について VFA による検出が有用であるか、また MetS リスク検出に有用であるかを検討した。

対象は 55 歳から 64 歳女性 200 名および企業 38 歳健診受診者男性 131 名とし、特定健診項目および VFA について分析した。女性は BMI $22.5 \pm 3.2\text{kg/m}^2$ 、腹囲  $82.8 \pm 9.3\text{cm}$ 、VFA $58.1 \pm 27.2\text{cm}^2$ 、男性は BMI $22.5 \pm 2.9\text{kg/m}^2$ 、VFA $61.9 \pm 28.4\text{cm}^2$ であった。男女ともに、肥満検出における VFA 特異度は高く、また男女ともに、BMI、腹囲(女性のみ)、VFA 単独測定よりも、各検査の組み合わせ測定での肥満検出、MetS リスク検出が高かった。ただし、MetS リスク検出する VFA は男女ともに  $100\text{cm}^2$ よりも低値であり、カットオフ値については検討が必要である。

### A. 研究目的

特定健診ではメタボリックシンドローム (MetS)概念に基づき、BMI、腹囲、血液検査異常などにより対象者を階層化し、生活習慣改善支援を実施している。しかしながら、非肥満でも生活習慣病リスクを持つものが少なくなく、「かくれ肥満者」の存在も指摘されている。

本研究では、特定健診項目と同時にインピーダンス法による内臓脂肪面積をあわせて分析し、肥満者・非肥満者の判定および、MetS リスク検出に VFA が有用であるかを検討することを目的とした。なお、38 歳男性集団については特定健診対象者でないことから腹囲を測定しておらず、BMI と VFA の組み合わせによる検討とした。

### B. 研究方法

#### 1. 対象

- 1) 中年女性集団：当センターにて一般公募した 55 歳から 64 歳の女性 200 名。
- 2) 壮年男性集団：デンソー健康保険組合において 2012 年に 38 歳時健診を受診した男性 131 名。

#### 2. 方法

- 1) 中年女性集団：2012 年度特定健診結果を持参してもらい、インピーダンス法による内臓脂肪測定検査を実施、両者の関係を調べた。既報より体重の 3-4%の増減から血液検査が有意に変化することから、特定健診受診時より体重が  $\pm 3\%$ の変化がある対象者は、内臓脂肪測定検査実施時に特定健診の血液検査等を実施した。

2) 壮年期男性集団：2012 年健診時の健診結果と同時に内臓脂肪測定検査を実施した。なお 38 歳時健診のため腹囲、HbA1c は測定していない。

内臓脂肪測定は、( ) )ともにオムロンの DUALSCANHDS-2000 を使用した。

### 3 . 分析方法

以下について検査結果を分析した。

#### (1) 対象者特性

#### (2) VFA 値の分布

1) BMI 25 kg/m<sup>2</sup> 未満と以上の 2 群における VFA 分布

2) 腹囲 90cm 未満と以上の 2 群における VFA 分布 (女性集団のみ)

#### (3) BMI、腹囲、VFA 値による該当人数分布

BMI、腹囲、VFA 値により下記の 1 から 8 群にわけ、各群の該当人数を算出した。

1 群: BMI、腹囲、VFA すべて基準値以上

2 群: BMI、腹囲基準値以上かつ VFA 基準値未満

3 群: BMI、VFA 基準値以上かつ腹囲基準値未満

4 群: 腹囲、VFA 基準値以上かつ BMI 基準値未満

5 群: BMI 基準値以上かつ腹囲、VFA 基準値未満

6 群: 腹囲基準値以上かつ BMI、VFA 基準値未満

7 群: VFA 基準値以上かつ BMI、腹囲基準値未満

8 群: BMI、腹囲、VFA いずれも基準未満

女性は 1 群から 8 群の 8 つに、男性は腹囲測定を実施していないため、3、5、7、8 群の 4 つに分類した。基準値は BMI 25kg/m<sup>2</sup>、腹囲 90cm、VFA 100 cm<sup>2</sup> とした。

#### (4) BMI、腹囲、VFA 値分類による MetS リスク 該当率

上記 8 群における MetS リスク 2 つ以上該当者人数/各群総人数 × 100 を該当率 (%) とし算出した。なお MetS リスクについては、血圧は SBP 130mmHg 以上または DBP 85mmHg 以上または服薬治療中を、脂質は TG 150mg/dl 以上または HDL-C 40mg/dl 未満または服薬治療中を、血糖は FPG 110mg/dl 以上または随時血糖 140mg/dl 以上

または服薬治療中とした。

#### (5) BMI と内臓脂肪量の組み合わせによる各検査比較

上記 8 群を BMI、腹囲、VFA の組み合わせにより下記の A から D 群に分類し各検査比較をした。

A 群: BMI 基準値以上かつ腹囲または VFA 基準値以上 (上記 1.2.3 群)

B 群: BMI 基準値以上かつ腹囲、VFA 基準値未満 (上記 5 群)

C 群: 腹囲または VFA 基準値以上かつ BMI 基準値未満 (上記 4.6.7 群)

D 群: BMI、腹囲、VFA いずれも基準未満 (上記 8 群)

#### (6) BMI、腹囲、VFA と各検査項目相関

1) BMI、腹囲、VFA と各検査項目単相関

2) BMI 制御による腹囲、VFA と各検査の相関

#### (7) MetS リスク検出 (BMI、腹囲、VFA)

MetS リスク 2 つ以上を判定する BMI、腹囲、VFA 値についてそれぞれ ROC 曲線を作成し曲線下面積 (ROC) を算出した。

解析には SPSS18 を用い、有意水準は 5% に設定した。

### 4 . 倫理面の配慮

本研究参加時に各個人に研究の説明を医師または保健師から実施し研究参加、検査結果提供に同意を得た対象者について、個人が特定できないよう匿名化したデータセットを使用して分析した。本研究はあいち健康づくり振興事業団倫理審査委員会より承認を得ている。

なお、38 歳男性については健康保険組合による健診データ分析の保険者業務として実施しており、保険組合加入者には了解を得て連結不可能匿名化データの提供を受けている。

### C . 研究結果

#### (1) 対象者特性 (図表 1)

中年女性平均は BMI 22.5kg/m<sup>2</sup>、腹囲 82.8cm、VFA 58.1 cm<sup>2</sup> であった。壮年男性の BMI 平均は 22.5

kg/m<sup>2</sup>、VFA66.1 cm<sup>3</sup>であった。

## (2) VFA 値の分布

1) BMI 25 kg/m<sup>2</sup>未満と以上の 2 群における VFA 分布(図表 2)

女性の BMI 基準未満の VFA 平均は 50.8 cm<sup>3</sup>、基準以上では VFA 平均は 89.3 cm<sup>3</sup>であった。男性では BMI 基準未満の VFA 平均は 57.3 cm<sup>3</sup>、基準以上の VFA 平均は 98.7 cm<sup>3</sup>であった。

いずれも BMI 基準値以上群が有意に高かった。

2) 腹囲 90cm 未満と以上の 2 群における VFA 分布(図表 3)

女性の腹囲基準未満の VFA 平均は 50.1 cm<sup>3</sup>、腹囲基準以上の VFA 平均は 87.3 cm<sup>3</sup>で、腹囲基準以上の群で有意に高かった。

## (3) BMI、腹囲、VFA 値による該当人数分布

(図表 4)

女性では、BMI 基準以上に該当しないが VFA 基準以上に該当する 4、7 群は 1 名(0.5% 2/192)、腹囲基準以上に該当しないが VFA 基準以上に該当する 3、7 群が 2 名(1.1% 2/186)であった。

男性では BMI 基準以上に該当しないが VFA 基準以上に該当する 7 群は 2 名(1.8% 2/111)であった。

女性では BMI または腹囲基準未満であり、VFA が基準以上の該当者は、BMI は 1 名、腹囲は 2 名であり、肥満検出における VFA 特異度は BMI :99.4% (161/162 × 100)、腹囲 :98.7% (155/157 × 100)であった。

男性では BMI 基準未満であり、VFA が基準以上の該当者は 2 名で、肥満検出における VFA 特異度は 98.1% (101/103 × 100)であった。

## (4) BMI、腹囲、VFA 値分類による MetS リスク該当率(図表 5)

女性の MetS リスク該当率は、1 群 80.0%、2 群 63.2%、3 群 100.0%、5 群 37.5%、6 群 35.7%、

7 群 0.0%、8 群 29.3%であった。

男性の MetS リスク該当率は 3 群 37.5%、5 群 10.0%、7 群 0.0%、8 群 4.0%であった。

## (5) BMI と内臓脂肪量の組み合わせによる各検査比較(図表 6)

A 群と D 群で男女ともに有意差を示した項目が最も多かった。女性では SBP、TG、HbA1c が A 群で有意に高く、HDL-C が A 群で有意に低かった。また男性では A 群において SBP、LDL-C、ALT が有意に高く、HDL-C が有意に低かった。

## (6) BMI、腹囲、VFA と各検査項目相関

1) BMI、腹囲、VFA と各検査項目単相関(図表 7)

女性では BMI、腹囲より VFA において有意項目数が多く、SBP、DBP、TG、HDL-C、FPG、HbA1c、ALT で有意な関連を示した。

男性では VFA では SBP、DBP、TG、HDL-C、LDL-C、ALT、 $\gamma$ -GTP、UA 有意な関連を示した。BMI ではそれらの項目に加え AST(r=0.188)でも有意な関連を示した。

2) BMI 制御による BMI、腹囲と各検査の相関(図表 8)

女性では、HbA1c、ALT、腹囲で、男性では  $\gamma$ -GTP で有意な関連を示した。

## (7) MetS リスク検出(BMI、腹囲、VFA)(図表 9)

女性の MetS リスク 2 つ以上を判定する BMI、腹囲、VFA 値はそれぞれ 22.9 kg/cm<sup>2</sup>、81.7cm、62.4 cm<sup>3</sup>であった。また ROC 曲線下面積(AUC)はそれぞれ 0.686、0.683、0.684 であった。

男性の MetS リスク 2 つ以上を判定する BMI、VFA 値はそれぞれ 26.0 kg/cm<sup>2</sup>、87.2 cm<sup>3</sup>で、AUC はそれぞれ 0.671、0.666 であった。

## D. 考察

本研究では特定健診項目、血液検査と内臓脂肪面積を分析し、肥満者・非肥満者の判定および、MetS リスク検出に VFA が有用であるかを検

討した。

対象者としては、男性は企業健保にて健診時にデュアルスキャンを実施している集団のデータ提供を受けた。男性においては40歳未満の肥満が問題になっており、内臓脂肪蓄積と生活習慣病の関連を見るうえで適切な対象と考えられる。ただ、本対象では腹囲の測定がされていないことから、腹囲とVFAの比較ができなかったことが残念である。

女性については脂肪蓄積が始まる中年女性を対象とした。NDBのBMI、腹囲平均値と比較すると平均的な集団であり、わが国における中年期女性について集中的にVFAを計測したデータとしては貴重であると考えられる。

壮年男性BMIは22.5 kg/m<sup>2</sup>であり、平成24国民健康・栄養調査結果概要の23.8 kg/m<sup>2</sup>と比較するとやや低めの集団であった。

BMI、腹囲、VFAの組み合わせ分類において、内臓脂肪型肥満と考えられる3項目該当群のA群は、非肥満群のD群と比較して各検査項目が有意に悪化しており、VFA増加とともに検査項目が有意に悪化している結果であった。しかし、VFA分布をみるとBMIや腹囲基準値以下でVFAが有意に低いものの、BMIや腹囲基準値以下でもVFAが高値、BMIや腹囲基準以上でもVFAが低値と重なりを表す分布であり、引き続き各検査基準値のカットオフ値を検証する必要があると考えられた。

MetS関連因子に関してはX線CTによる内臓脂肪計測よりもDUALSCANによる内臓脂肪測定において相関が強いとの報告があること、またCTとインピーダンス法によるVFAの相関については0.8~0.9と高いこと、身体に侵襲性がないことから、インピーダンス法での内臓脂肪測定は有用であると考えられた。

なお既報ではVFA基準値は腹囲CTにおいて100 cm<sup>3</sup>以上とされているが、今回の分析では、MetSリスク2つ以上を判定するVFAが女性では

62.4 cm<sup>3</sup>(AUC0.684)、男性ではVFA87.2 cm<sup>3</sup>(0.666)であることから、VFAの基準値について検討が必要と考えられた。

## E. 結論

中年期女性および壮年期男性について、デュアルインピーダンス法による内臓脂肪測定と特定健診項目を検討した。

肥満検出におけるVFAは男女ともに特異度が高いこと、メタボリックシンドロームリスク検出において男女ともにBMI、腹囲、VFA各判定よりも、組み合わせた判定が優れていたことから、VFAの有用性は高いと考えられた。

しかし、本研究ではメタボリックシンドロームリスク検出のVFAカットオフ値は女性で62.4 cm<sup>3</sup>、男性ではVFA87.2 cm<sup>3</sup>であり、既存の基準値100 cm<sup>3</sup>より低値であったため、VFAのカットオフ値を検討する必要があると考えられた。

## 【引用文献】

- 1) A Muramoto, M Matsushita, A Kato, N Yamamoto, G Koike, M Nakamura, T Numata, A Tamakoshi, K Tsushita. Three percent weight reduction is the minimum requirement to improve health hazards in obese and overweight people in Japan. doi.Org/10.1016/j.orcp.2013.10.003
- 2) 津下一代：地方自治体による効果的な健康施策展開のための既存データ(特定健診データ等)活用の手引き：平成24年度厚生労働科学研究「生活習慣病予防活動・疾病管理による健康指標に及ぼす影響と医療費適正化効果に関する研究」
- 3) 厚生労働省：平成24年度国民健康・栄養調査結果概要
- 4) 福井敏樹ら：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 :  
719-728 : 2012

5)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 : 794-809 : 2005

6)松澤佑次ら : 新しい肥満の判定と肥満症の診断基準 : 肥満研 : 6 : 18-28 : 2000

## G. 研究発表

1)村本あき子 : 内臓脂肪面積と他の検査値との関連 ~ 健診受診者を対象とした検討 ~ : デュアルインピーダンス法を用いた内臓脂肪測定法研究会<DUAL-BIA 研究会>

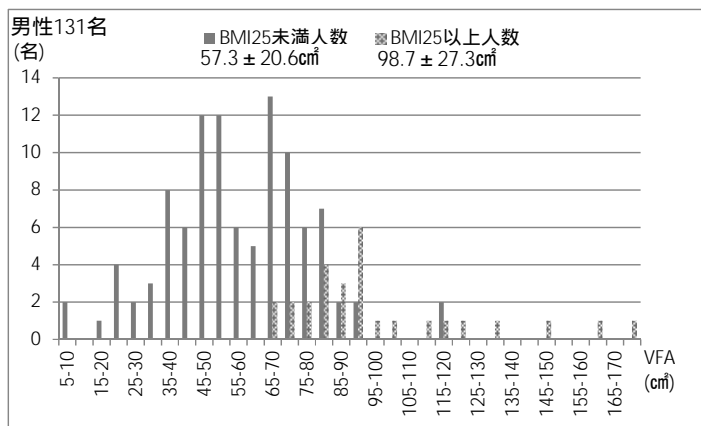
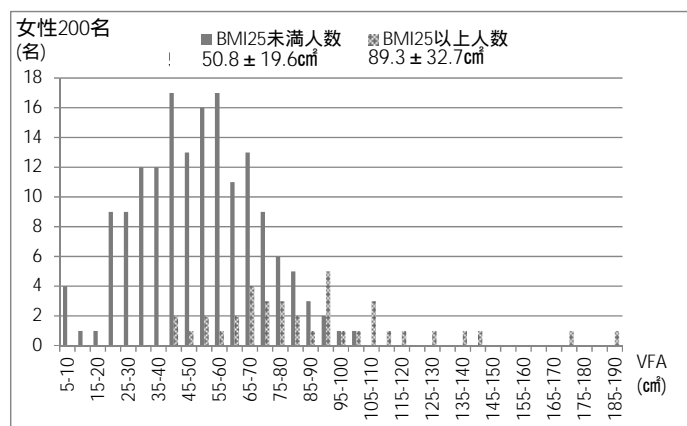
## H. 知的所有権の取得状況

なし

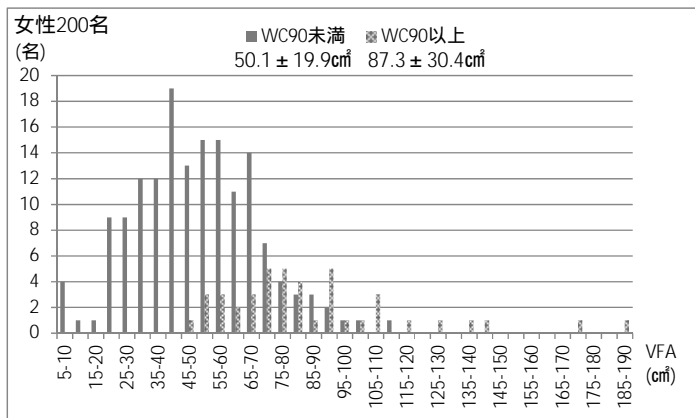
図表 1 . 対象者特性

女性200名					男性131名				
		n	平均	± 標準偏差		n	平均	± 標準偏差	
年齢	(歳)	200	60.6	± 2.9	年齢	(歳)	131	38.0	± 0.0
体重	(kg)	200	53.3	± 8.0	体重	(kg)	131	67.9	± 8.8
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	200	22.5	± 3.2	BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	131	23.0	± 2.8
腹囲	(cm)	200	82.8	± 9.3					
収縮期血圧	(mmHg)	200	128.7	± 16.5	収縮期血圧	(mmHg)	131	118.9	± 11.0
拡張期血圧	(mmHg)	200	77.4	± 10.9	拡張期血圧	(mmHg)	131	74.9	± 8.5
中性脂肪	(mg/dl)	200	110.8	± 54.3	中性脂肪	(mg/dl)	131	98.5	± 58.9
HDL-C	(mg/dl)	198	73.7	± 17.9	HDL-C	(mg/dl)	131	58.1	± 13.9
LDL-C	(mg/dl)	200	135.1	± 32.6	LDL-C	(mg/dl)	131	106.7	± 25.3
空腹時血糖	(mg/dl)	158	94.1	± 11.5	空腹時血糖	(mg/dl)	131	97.9	± 7.5
HbA1c	(%)	190	5.7	± 0.4					
AST	(IU/l)	199	22.1	± 6.4	AST	(IU/l)	131	23.4	± 13.3
ALT	(IU/l)	199	19.4	± 9.3	ALT	(IU/l)	131	26.9	± 23.8
-GTP	(IU/l)	199	24.4	± 16.8	-GTP	(IU/l)	131	30.0	± 21.9
UA	(mg/dl)	169	4.9	± 3.2	UA	(mg/dl)	131	6.0	± 1.0
内臓脂肪面積	(cm <sup>2</sup> )	200	58.1	± 27.2	内臓脂肪面積	(cm <sup>2</sup> )	131	66.1	± 27.9

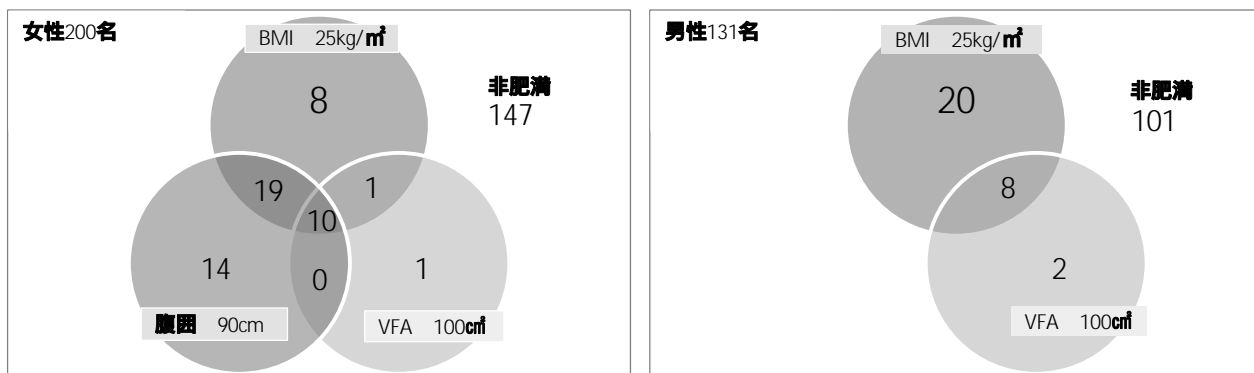
図表 2 . BMI 基準による VFA 分布



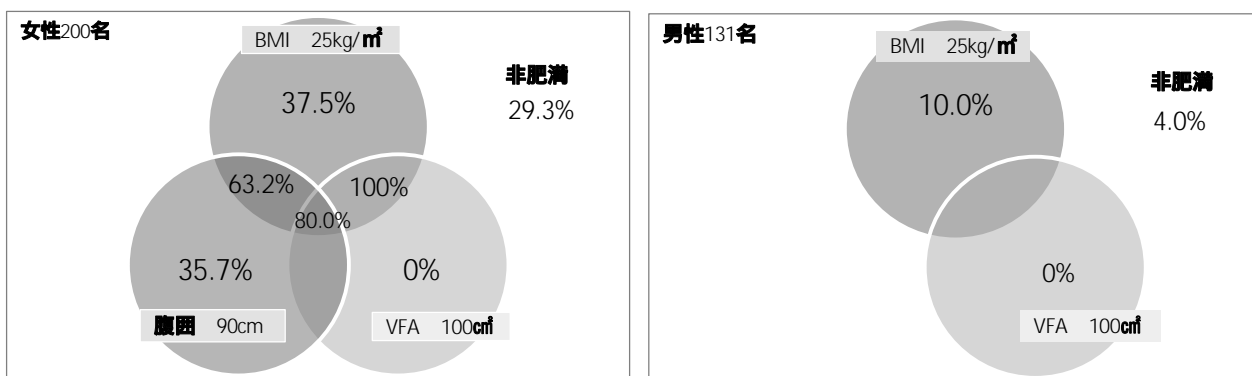
図表3 . 腹囲基準による VFA 分布



図表4 . BMI、腹囲、VFA 基準による分布図



図表5 . BMI、腹囲、VFA 基準値分類による MetS リスク該当率



図表6 . BMI と内臓脂肪面積(腹囲または VFA)の組み合わせによる各検査平均値と群間比較

A 群 : BMI も内臓脂肪量も高い、B 群 : BMI のみ、C 群 : 内臓脂肪量のみ、D 群 : 両者とも基準値内

女性200名	A群	B群	C群	D群	A群と	A群と	A群と	B群と	B群と	C群と
	n=30	n=8	n=15	n=147	B群	C群	D群	C群	D群	D群
年齢 (歳)	61.1	61.4	60.3	60.5						
体重 (kg)	65.4	57.4	58.9	50.1	0.002	0.002	<0.001		0.003	<0.001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.0	25.8	23.6	21.0	0.017	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001
腹囲 (cm)	97.2	85.6	92.0	78.8	<0.001	0.045	<0.001			
SBP (mmHg)	136.2	137.5	126.3	126.9			0.028			
DBP (mmHg)	81.9	81.1	74.9	76.5						
TG (mg/dl)	134.7	155.3	128.1	101.8			0.012		0.032	
HDL-C (mg/dl)	63.0	58.9	67.7	77.3			<0.001		0.019	
LDL-C (mg/dl)	134.5	155.9	137.0	133.9						
FPG (mg/dl)	99.2	91.3	92.9	93.2						
HbA1c (%)	5.9	5.7	5.7	5.6		0.029	<0.001			
AST (IU/l)	20.9	18.6	21.6	22.6						
ALT (IU/l)	21.5	19.3	18.9	19.1						
-GTP (IU/l)	28.7	28.8	30.5	22.7						
UA (mg/dl)	5.0	4.9	4.7	4.9						
VFA (cm <sup>2</sup> )	95.7	65.4	73.3	48.5	0.002	0.006	<0.001			<0.001

Wilcoxon の順位和検定

男性131名	A群	B群	C群	D群	A群と	A群と	A群と	B群と	B群と	C群と
	n=8	n=20	n=2	n=101	B群	C群	D群	C群	D群	D群
体重 (kg)	82.2	77.2	73.3	64.8			<0.001		<0.001	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.0	26.6	23.8	21.8		0.020	<0.001		<0.001	
SBP (mmHg)	126.3	125.4	130.5	116.9			0.006			
DBP (mmHg)	79.6	78.7	81.0	73.7						
TG (mg/dl)	127.9	123.1	89.5	91.5						
HDL-C (mg/dl)	43.6	53.2	66.5	60.1			0.006			
LDL-C (mg/dl)	133.6	118.4	89.0	102.6			0.003		0.049	
FPG (mg/dl)	101.5	98.6	103.0	97.4						
AST (IU/l)	28.0	29.9	26.0	21.7						
ALT (IU/l)	46.6	41.0	30.0	22.5			0.025		0.007	
-GTP (IU/l)	56.9	38.6	38.0	26.0						
UA (mg/dl)	6.7	6.3	6.8	5.8						
VFA (cm <sup>2</sup> )	134.0	84.5	113.7	56.2	<0.001		<0.001		<0.001	<0.001

Wilcoxon の順位和検定

図表7 . VFA、BMI、腹囲と各検査項目

女性200名	VFA		BMI		腹囲	
	r	p	r	p	r	p
SBP	0.279	<0.001	0.251	<0.001	0.182	0.010
DBP	0.162	0.022	0.234	0.001	0.190	0.007
TG	0.267	<0.001	0.251	<0.001	0.264	<0.001
HDL-C	-0.396	<0.001	-0.390	<0.001	-0.367	<0.001
LDL-C	0.067	0.343	0.111	0.119	0.131	0.065
FPG	0.263	0.001	0.131	0.101	0.076	0.344
HbA1c	0.380	<0.001	0.319	<0.001	0.258	<0.001
AST	-0.031	0.664	-0.116	0.102	-0.152	0.032
ALT	0.180	0.011	0.115	0.105	0.057	0.428
-GTP	0.104	0.145	0.094	0.185	0.130	0.066
UA	0.079	0.306	0.058	0.453	0.071	0.359
VFA			0.748	<0.001	0.734	<0.001

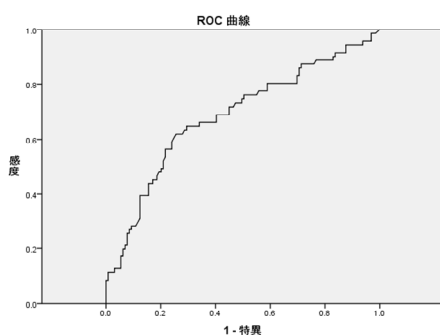
男性131名	VFA		BMI	
	r	p	r	p
SBP	0.357	<0.001	0.408	<0.001
DBP	0.276	0.001	0.310	<0.001
TG	0.331	<0.001	0.303	<0.001
HDL-C	-0.292	0.001	-0.337	<0.001
LDL-C	0.331	<0.001	0.412	<0.001
FPG	0.078	0.379	0.049	0.575
AST	0.162	0.065	0.188	0.032
ALT	0.307	<0.001	0.312	<0.001
-GTP	0.440	<0.001	0.392	<0.001
UA	0.297	0.001	0.286	0.001
VFA			0.732	<0.001

図表 8 . BMI 制御による VFA、腹囲と各検査項目の相関

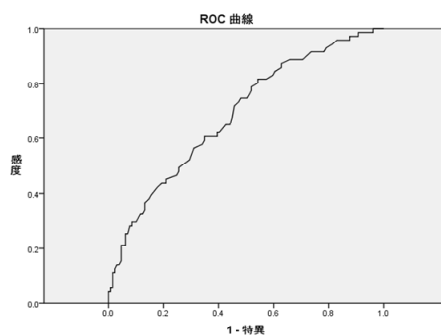
女性200名	VFA		男性131名	VFA	
	r	p		r	p
SBP	0.125	0.123	SBP	0.094	0.286
DBP	-0.032	0.697	DBP	0.076	0.391
TG	0.112	0.167	TG	0.169	0.055
HDL-C	-0.153	0.058	HDL-C	-0.071	0.421
LDL-C	0.033	0.685	LDL-C	0.048	0.589
FPG	0.121	0.134	FPG	0.061	0.492
HbA1c	0.247	0.002	AST	0.036	0.685
AST	0.130	0.109	ALT	0.122	0.168
ALT	0.216	0.007	-GTP	0.244	0.005
-GTP	0.066	0.417	UA	0.134	0.129
UA	0.056	0.493			
腹囲	0.241	0.003			

図表 9 . ROC 曲線 (MetS リスク 2 以上と VFA、BMI、腹囲)

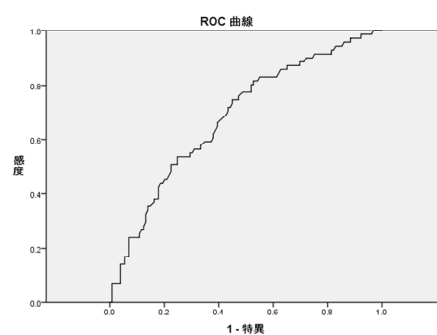
女性 200 名



対角セグメントは同一値により生成されます。  
リスク 2 以上を判定する VFA ; 62.4cm<sup>2</sup>  
AUC;0.84

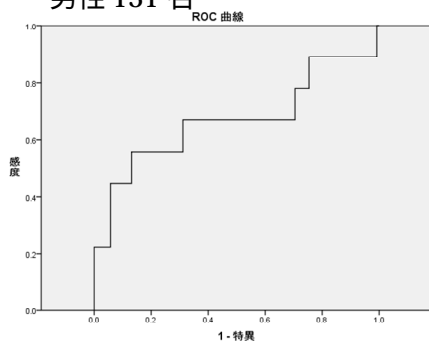


対角セグメントは同一値により生成されます。  
リスク 2 以上を判定する BMI ; 22.9kg/cm<sup>2</sup>  
AUC;0.686

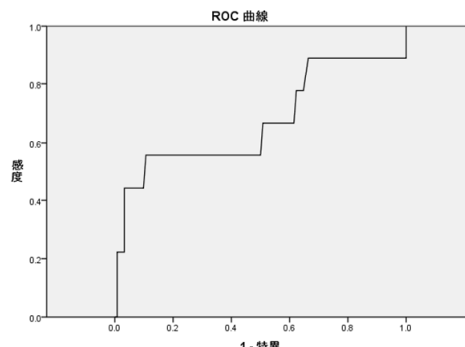


対角セグメントは同一値により生成されます。  
リスク 2 以上を判定する腹囲 ; 81.7 cm  
AUC;0.683

男性 131 名



対角セグメントは同一値により生成されます。  
リスク 2 以上を判定する VFA ; 87.2cm<sup>2</sup>  
AUC;0.666



対角セグメントは同一値により生成されます。  
リスク 2 以上を判定する BMI ; 26.0km/cm<sup>2</sup>  
AUC;0.671