

《原著》

10 代前半における腹囲が動脈硬化度および糖・脂質代謝に及ぼす影響

鷹野都¹²、高橋一平¹、沢田かほり¹、
倉内静香³、澄川幸志³、古川照美⁴、
鈴木伸章¹、清水宏保¹、石橋剛士⁵、
中路重之¹

1 弘前大学大学院医学研究科社会医学講座
2 武庫川女子大学
3 弘前大学大学院保健学研究科
4 青森県立保健大学
5 熊本学園大学

キーワード

1. 腹囲
2. 動脈硬化
3. 糖代謝
4. 脂質代謝
5. 10代前半

【対象および方法】対象は 2013 年度および 2014 年度の岩木健康増進プロジェクト中学校健康調査を受けた中学生男女 315 名（男子 168 名、女子 147 名）である。測定項目は、生活習慣（睡眠時間、運動時間、テレビ時間、ゲーム時間）、上腕足首脈波伝播速度（baPWV : brachial-ankle pulse wave velocity）に加えて、MetS 関連項目である腹囲、収縮期血圧、拡張期血圧、総コレステロール、HDL コレステロール、中性脂肪、HbA1c、空腹時血糖であった。

【結果】男子において、1 年生では、腹囲と収縮期血圧、HDL コレステロール、TG、HbA1c に有意な相関関係がみられた。3 年生では、腹囲と baPWV、収縮期血圧、拡張期血圧、総コレステロール、HDL コレステロール、TG、HbA1c、血糖で相関関係または相関傾向がみられた。一方、女子において、1 年生では有意な関係はみられなかったが、3 年生では、腹囲と収縮期血圧、HbA1c、血糖に有意な相関関係がみられた。腹囲区分別に各検査値を比較したところ、そのカットオフ値は、1 年生男子において、baPWV、収縮期血圧、TG、HbA1c で 80cm であった。1 年生女子においては総コレステロールで 80cm であった。3 年生男子においては、収縮期血圧で 70cm、拡張期血圧、総コレステロール、TG は 80cm であった。3 年生女子においては収縮期血圧、TG が 80cm であった。

【結論】現状の厚生労働省によるメタボリックシンドロームの第一基準である腹囲 80cm はほぼ妥当であろうと考えられたが、予防という観点からみた場合、特に男子においては収縮期血圧値が有意に高くなった腹囲 70cm あるいはそれ以下が適当と考えられた。

体力・栄養・免疫学雑誌 第 25 巻 第 3 号 230-238 頁 2015 年

緒言

小児においても内臓脂肪増加による代謝異常が多く存在することから、小児期メタボリックシンドローム (MetS) の診断基準の策定が望まれ、厚生労働省により、2007 年に診断基準が提示された。これにより、中学生では腹囲 80cm 以上または腹囲/身長 0.5 以上であり、さらに中性脂肪 120mg/dL 以上かつ/または HDL コレステロール 40mg/dL 未満、収縮期血圧 125mmHg 以上かつ/または拡張期血圧 70mmHg 以上、空腹時血糖 100mg/dL 以上のうち 2 項目を有する場合に MetS と診断されることになった。

この基準策定の根拠としては、我が国の小児において腹囲 82cm を超えると代謝異常（脂質異常、血圧上昇、耐糖能障害）が増加すること、さらに小児では身長と体重のパーセンタイル成長曲線から肥満の評価を

行うが、中学生男子では 80cm、女子では 79cm が 90% タイルに相当するため、80cm をその基準にしている。しかし、学校保健の健診項目には血圧測定や血液検査は含まれていないため、腹囲を含めて脂質異常、血圧上昇、空腹時高血糖などを肥満外来または肥満検診の受診者データをもとに検討しており¹⁾、この基準の有効性を明らかにするために、地域の一般小児を対象とした疫学的研究が必要と考えられる。

一方、文部科学省の調査により、ここ 30 年の間で日本の肥満傾向の小児は 2-3 倍に増えており、9-17 歳の男子の 10 人に 1 人は肥満である²⁾。とくに、男子では 15 歳で、女子では 12 歳でもっとも高い肥満出現率が示されている。また、2001 年生まれの小児の健康状態などを継続的に把握する厚生労働省の「21 世紀出生児縦断調査」で、2012 年に 11 歳（小学 5 年生）になっ

表 1 対象者の特徴

男子	1 年生(n=72)	3 年生(n=96)	
身長 (cm)	158.6 ± 8.5	167.7 ± 6.6	**
体重 (kg)	50.6 ± 11.6	57.4 ± 12.0	**
腹囲 (cm)	69.9 ± 10.7	71.4 ± 9.5	*
baPWV (cm/s)	884.0 ± 97.7	974.0 ± 128.8	**
収縮期血圧 (mmHg)	111.5 ± 8.7	116.4 ± 11.4	**
拡張期血圧 (mmHg)	57.1 ± 6.1	59.4 ± 7.5	*
総コレステロール (mg/dL)	173.3 ± 28.8	168.3 ± 25.5	
HDL コレステロール (mg/dL)	66.8 ± 16.8	58.4 ± 11.2	**
TG (mg/dL)	77.3 ± 52.5	99.4 ± 56.4	**
HbA1c (%)	5.5 ± 0.2	5.4 ± 0.6	**
血糖 (mg/dL)	85.9 ± 6.6	87.8 ± 30.4	
女子	1 年生(n=64)	3 年生(n=83)	
身長 (cm)	154.7 ± 4.4	158.3 ± 5.9	**
体重 (kg)	47.8 ± 6.5	53.4 ± 9.3	**
腹囲 (cm)	66.5 ± 6.3	72.8 ± 8.7	**
baPWV (cm/s)	890.2 ± 117.5	941.3 ± 88.9	**
収縮期血圧 (mmHg)	107.2 ± 7.8	110.5 ± 8.2	**
拡張期血圧 (mmHg)	57.3 ± 6.6	60.0 ± 5.7	**
総コレステロール (mg/dL)	178.2 ± 33.8	180.8 ± 32.9	
HDL コレステロール (mg/dL)	64.6 ± 10.7	62.4 ± 12.2	
TG (mg/dL)	82.4 ± 39.9	91.2 ± 37.7	
HbA1c (%)	5.4 ± 0.3	5.4 ± 0.3	
血糖 (mg/dL)	82.2 ± 6.9	81.4 ± 7.8	

表記数字は平均値±標準偏差である。

1 年生と 3 年生の比較には Mann-Whitney 検定を用いた。

baPWV=brachial-ankle pulse wave velocity

*P<0.05 **P<0.01, vs 1 年生

た小児のうち、男子で 25.0%、女子で 14.0%に肥満傾向がみられている³⁾。小児肥満の小児は、その約 70%が成人肥満に移行し、高血圧・糖尿病・脂質異常症などの生活習慣病を合併する可能性が高くなるため、小児の頃からの肥満予防が重要とされる⁴⁾。また、7-13 歳の肥満と将来の冠動脈疾患発症は相関し、年齢が高いほど、また女子より男子でこの関係が強いことが報告されている⁵⁾。これらは、小児の肥満と動脈硬化の関連を示唆しており、小児期 MetS の概念の普及・啓発の重要性を示している。

本調査では、日本の小児期 MetS の診断基準を検証する目的で、地域の中学生男女を対象に、男女別に腹囲と動脈の硬化度および MetS 関連血液項目の関係を調査・検討した。腹囲と腹囲身長比は、CT 評価による内臓脂肪量や脂質異常、高血糖、高インスリン血症などの心血管疾患リスクを反映するため、小児 MetS の肥満基準として用いられている。しかし、腹囲身長比は年齢による変動、計測による差や性差が大きいことから、いまだ中心性肥満の評価指標として腹囲を上回ると評価されておらず、本研究では腹囲をその代表値として用いた^{6,8)}。さらに小児期の中でも特に 10 代前半の肥満が最も成人期の動脈硬化性疾患の死亡率に

影響を与え^{5,9,10)}、さらにこの時期は身体発育によって体組成や脂肪分布に男女差が生じる時期であるため、対象を中学生として男女別の解析をおこなった^{11,12)}。

方法

1. 対象

対象者は 2013 年度および 2014 年度の岩木健康増進プロジェクト中学校健康調査を受けた中学生男女 361 名である。そのうち、心疾患や糖尿病、脂質異常症、高血圧などの病歴のある者、女性ホルモンの影響を考慮して月経の無い者、欠損値のある者を除いた 315 名（男子 168 名、女子 147 名）を解析対象とした。対象者の内訳は、中学 1 年生 136 名（男子 72 名、女子 64 名）と中学 3 年生 179 名（男子 96 名、女子 83 名）である。

2. 測定項目と測定方法

(1) アンケート調査

対象者には、事前に自己記入式の質問用紙を配布し、測定日当日に問診により確認後回収した。調査項目は年齢、性別、既往歴、月経の有無であった。生活習慣

表2 腹囲が baPWV、血圧、コレステロール、血糖に及ぼす影響

1 年生 (n=136)	男子 (n=72)			女子 (n=64)		
	β	P	R ²	β	P	R ²
baPWV (cm/s)	0.186	0.134	0.037	0.007	0.958	0.034
収縮期血圧 (mmHg)	0.376	0.001	0.246	0.157	0.230	0.001
拡張期血圧 (mmHg)	0.145	0.225	0.101	0.115	0.366	0.041
総コレステロール (mg/dL)	0.011	0.932	-0.037	0.055	0.668	0.039
HDL コレステロール (mg/dL)	-0.319	0.007	0.166	-0.109	0.409	-0.037
TG (mg/dL)	0.435	0.000	0.210	-0.156	0.210	0.086
HbA1c (%)	0.414	0.001	0.106	-0.083	0.527	-0.029
血糖 (mg/dL)	-0.103	0.395	0.076	-0.097	0.465	-0.044
3 年生 (n=179)	男子 (n=96)			女子 (n=83)		
	β	P	R ²	β	P	R ²
baPWV (cm/s)	0.261	0.017	0.058	-0.137	0.252	-0.015
収縮期血圧 (mmHg)	0.665	0.000	0.369	0.324	0.005	0.079
拡張期血圧 (mmHg)	0.323	0.002	0.128	0.005	0.965	-0.022
総コレステロール (mg/dL)	0.256	0.020	0.046	-0.108	0.324	0.157
HDL コレステロール (mg/dL)	-0.190	0.089	0.008	-0.164	0.162	0.036
TG (mg/dL)	0.529	0.000	0.234	0.158	0.186	-0.001
HbA1c (%)	0.201	0.062	0.077	0.240	0.038	0.072
血糖 (mg/dL)	0.259	0.015	0.108	0.396	0.000	0.187

表記数値は重回帰分析で得られた標準回帰係数 (β) と多重決定係数 (R^2) である。

調整項目は睡眠時間、運動時間、テレビ時間、ゲーム時間とした。

は睡眠時間、運動時間、テレビ時間、ゲーム時間について、それぞれ1日当たりの時間を調査した。

(2) 体格・身体組成計測

身体組成値としては、身長、体重、腹囲を測定した。得られた体重と身長から体格指数 (BMI : body mass index) を算出した。

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

baPWV はボリューム・プレチスモグラフィ装置によって測定した (Form PWV/ABI, OMRON COLIN Co Ltd, Tokyo, Japan)。対象者を仰向けにして心電図を取り付け、カフを両上腕と両足首に巻き付けた。上腕動脈および脛骨動脈の脈波波形と容量脈拍の形態と血圧を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測定した。十分な脈波を計測するために、測定は10秒間行われた。波形は、位相速度法によって自動的に測定された。5Hz以上の波形要素はパスフィルターにより計測され、波面が決定された。上腕波形の波面と足関節波形の波面の時間差を ΔT_{ba} と定義した。胸骨頸切痕から上腕および足関節までの距離は、対象者の身長から自動的に算出した。胸骨頸切痕から上腕までの距離は「 $L_b = 0.2195 \times \text{身長 (cm)} - 2.0734$ 」、胸骨頸切痕から足関節までの距離は「 $L_a = 0.8129 \times \text{身長 (cm)} + 12.328$ 」として算出した。baPWV は安静時の「 $baPWV = (L_a - L_b) / \Delta T_{ba}$ 」により算出した。

測定は、カーテンで仕切られたスペースで実施され、被験者の心理的影響については十分に配慮された。本研究では、左右の baPWV の平均値を評価値とした。

(4) 腹囲・血圧及び血液生化学的検査

Mets 関連項目である腹囲、収縮期血圧、拡張期血圧、総コレステロール、HDL コレステロール、中性脂肪 (TG)、HbA1c、血糖を測定した。腹囲は、日本肥満学会の定めた基準に従い、立位・呼吸時に臍周囲径を測定した。臍が下にある場合などは肋骨下縁と前上腸骨棘の midpoint の高さで測定した。血圧は baPWV 測定で得られた上腕血圧の左右平均値を用いた。総コレステロール、HDL コレステロール、TG、HbA1c、血糖の測定は、早朝空腹時に血液を採取し、株式会社 LSI メディエンスへ外部委託し、酵素法により測定した。

3. 統計・解析

baPWV、収縮期血圧、拡張期血圧、総コレステロール、HDL コレステロール、TG、HbA1c、血糖の8項目について、男女別に学年比較を行った。各学年の値は平均値 \pm 標準偏差で示した。群間の差の検定は、Mann-Whitney 検定を行った。

また、上記の8項目に対して、腹囲との関連を重回帰分析により検討した。さらに、腹囲を65cm未満、65cm以上70cm未満、70cm以上75cm未満、75cm以上80cm未満、80cm以上の5群に分けて、上記の8項目との関連を共分散分析により比較した。睡眠時間、

表 3-1 腹囲区分別の baPWV、血圧、コレステロール、血糖に及ぼす影響—中学 1 年生 (n=136)

男子 (n=72)	<65cm (n=26)	65cm ≤ - <70cm (n=21)	70cm ≤ - <75cm (n=9)	75cm ≤ - <80cm (n=7)	80cm ≤ (n=9)
baPWV (cm/s)	906.3 ± 18.1	829.4 ± 19.8	882.3 ± 31.1	883.4 ± 35.0	949.4 ± 33.3 †
収縮期血圧 (mmHg)	108.4 ± 1.5	109.7 ± 1.6	116.1 ± 2.6	113.8 ± 2.9	118.0 ± 2.8 *
拡張期血圧 (mmHg)	57.2 ± 1.2	56.0 ± 1.3	57.0 ± 2.0	57.4 ± 2.3	59.3 ± 2.2
総コレステロール (mg/dL)	175.8 ± 5.8	175.7 ± 6.4	156.5 ± 10.0	168.1 ± 11.3	180.8 ± 10.7
HDL コレステロール (mg/dL)	69.4 ± 3.1	70.4 ± 3.4	63.5 ± 5.4	68.1 ± 6.1	53.5 ± 5.8
TG (mg/dL)	69.9 ± 9.5	71.0 ± 10.5	60.4 ± 16.4	65.8 ± 18.5	139.1 ± 17.6 * † ‡
HbA1c (%)	5.4 ± 0.0	5.5 ± 0.0	5.5 ± 0.1	5.5 ± 0.1	5.7 ± 0.1 ** †
血糖 (mg/dL)	85.8 ± 1.3	86.0 ± 1.4	87.5 ± 2.2	84.9 ± 2.5	85.2 ± 2.4
女子 (n=64)	<65cm (n=26)	65cm ≤ - <70cm (n=23)	70cm ≤ - <75cm (n=9)	75cm ≤ - <80cm (n=4)	80cm ≤ (n=2)
baPWV (cm/s)	907.1 ± 23.3	855.6 ± 24.8	923.5 ± 39.8	909.6 ± 59.3	878.4 ± 84.0
収縮期血圧 (mmHg)	107.7 ± 1.6	105.9 ± 1.7	106.1 ± 2.7	107.9 ± 4.0	120.2 ± 5.6
拡張期血圧 (mmHg)	57.6 ± 1.3	57.2 ± 1.4	54.1 ± 2.2	59.4 ± 3.3	64.5 ± 4.7
総コレステロール (mg/dL)	184.7 ± 6.2	171.8 ± 6.6	156.9 ± 10.6	189.3 ± 15.7	239.3 ± 22.3 †
HDL コレステロール (mg/dL)	66.8 ± 2.2	64.3 ± 2.3	57.9 ± 3.7	62.1 ± 5.5	76.0 ± 7.8
TG (mg/dL)	93.1 ± 7.8	78.7 ± 8.3	68.4 ± 13.3	71.2 ± 19.8	72.7 ± 28.0
HbA1c (%)	5.4 ± 0.1	5.4 ± 0.1	5.5 ± 0.1	5.2 ± 0.1	5.6 ± 0.2
血糖 (mg/dL)	82.5 ± 1.5	82.4 ± 1.6	81.9 ± 2.5	78.1 ± 3.7	84.6 ± 5.3

表記数値は共分散分析で得られた平均値±標準誤差である。

調整項目は睡眠時間、運動時間、テレビ時間、ゲーム時間とした。

P 値は共分散分析の Bonferroni を用いて決定された。

*P<0.05 **P<0.01, vs-<65cm

†P<0.05, vs65cm ≤ -<70cm

‡P<0.05, vs70cm ≤ -<75cm

表 3-2 腹囲区分別の baPWV、血圧、コレステロール、血糖に及ぼす影響—中学 3 年生 (n=179)

男子 (n=96)	<65cm (n=16)		65cm ≤ - <70cm (n=37)		70cm ≤ - <75cm (n=24)		75cm ≤ - <80cm (n=8)		80cm ≤ (n=11)	
	baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)	
収縮期血圧 (mmHg)	912.4 ± 32.7		964.4 ± 20.9		970.5 ± 26.1		1047.7 ± 44.1		1050.3 ± 39.6	
拡張期血圧 (mmHg)	106.7 ± 2.5		114.1 ± 1.6		117.7 ± 2.0	*	121.8 ± 3.4	**	131.3 ± 3.1	** †† ††
総コレステロール (mg/dL)	54.6 ± 1.8		59.2 ± 1.2		60.0 ± 1.5		61.8 ± 2.5		64.0 ± 2.2	*
HDL コレステロール (mg/dL)	168.6 ± 6.4		158.6 ± 4.1		171.5 ± 5.1		178.6 ± 8.7		185.8 ± 7.8	†
TG (mg/dL)	63.1 ± 2.9		56.9 ± 1.9		59.7 ± 2.3		60.4 ± 3.9		52.5 ± 3.5	
HbA1c (%)	78.1 ± 13.4		94.9 ± 8.6		88.7 ± 10.7		90.3 ± 18.0		176.0 ± 16.2	** †† †† ##
血糖 (mg/dL)	5.3 ± 0.2		5.4 ± 0.1		5.4 ± 0.1		5.3 ± 0.2		5.7 ± 0.2	
	81.9 ± 7.7		86.1 ± 5.0		86.1 ± 6.2		86.5 ± 10.4		106.8 ± 9.4	
女子 (n=83)	<65cm (n=10)		65cm ≤ - <70cm (n=22)		70cm ≤ - <75cm (n=23)		75cm ≤ - <80cm (n=13)		80cm ≤ (n=15)	
	baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)		baPWV (cm/s)	
収縮期血圧 (mmHg)	925.1 ± 29.5		985.9 ± 19.0		927.1 ± 19.2		925.1 ± 24.9		922.5 ± 23.2	
拡張期血圧 (mmHg)	103.1 ± 2.6		109.9 ± 1.7		111.3 ± 1.7		111.4 ± 2.2		114.4 ± 2.1	**
総コレステロール (mg/dL)	59.7 ± 2.0		60.1 ± 1.3		60.5 ± 1.3		58.7 ± 1.7		60.5 ± 1.6	
HDL コレステロール (mg/dL)	185.7 ± 10.4		182.3 ± 6.7		182.3 ± 6.8		177.3 ± 8.7		175.9 ± 8.1	
TG (mg/dL)	60.1 ± 4.0		64.7 ± 2.6		65.2 ± 2.6		61.5 ± 3.4		57.3 ± 3.2	
HbA1c (%)	98.6 ± 12.1		92.5 ± 7.8		84.7 ± 7.9		67.2 ± 10.2		114.91 ± 9.494	#
血糖 (mg/dL)	5.3 ± 0.1		5.4 ± 0.1		5.4 ± 0.1		5.5 ± 0.1		5.5 ± 0.1	
	80.8 ± 2.6		82.2 ± 1.7		81.1 ± 1.7		79.6 ± 2.2		82.5 ± 2.1	

表記数値は共分散分析で得られた平均値±標準誤差である。

調整項目は睡眠時間、運動時間、テレビ時間、ゲーム時間とした。

P 値は共分散分析の Bonferroni を用いて決定された。

*P<0.05 **P<0.01, vs-<65cm

†P<0.05 ††P<0.01, vs65cm ≤ - <70cm

‡‡P<0.01, vs70cm ≤ - <75cm

#P<0.05 ##P<0.01, vs75cm ≤ - <80cm

運動時間、テレビ時間、ゲーム時間で補正し、男女学年別に検討した。統計学的解析は、SPSS12.0J を用い、有意水準は、 $p < 0.05$ で有意差ありとした。

4. 倫理的配慮

対象者には、研究の趣旨、研究協力の中断の保証、匿名性の確保およびデータの管理方法について文書にて本人および保護者に説明した。その上で、本人と保護者に研究協力の承諾を文書で得た。岩木健康増進プロジェクト中学生健康調査は、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. 対象者の特徴 (表 1)

男子において、1 年生より 3 年生の方が、身長、体重、腹囲、baPWV、収縮期血圧、拡張期血圧、TG で有意に高値を示していた (順に $p < 0.01$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$)。また、HDL コレステロールと HbA1c は 3 年生の方が 1 年生より有意に低値であった (ともに $p < 0.01$)。一方、女子においては、1 年生より 3 年生の方が、身長、体重、腹囲、baPWV、収縮期血圧、拡張期血圧で有意に高い値を示していた (すべて $p < 0.01$)。

2. 腹囲が baPWV、血圧、コレステロール、血糖に及ぼす影響 (表 2)

男子において、1 年生では、腹囲と収縮期血圧、TG、HbA1c に正の相関関係がみられ (いずれも $p < 0.01$)、HDL コレステロールには負の相関関係がみられた ($p < 0.01$)。また、3 年生では、腹囲と baPWV、収縮期血圧、拡張期血圧、総コレステロール、TG、HbA1c、血糖で正の相関関係または相関傾向がみられ (すべて $p < 0.1$)、HDL コレステロールは負の相関傾向を示した ($p < 0.1$)。一方、女子において、1 年生では有意な関係はみられなかったが、3 年生では、腹囲と収縮期血圧、HbA1c、血糖に有意な相関関係がみられた (順に $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$)。

3. 腹囲区分別の baPWV、血圧、コレステロール、血糖の比較 (表 3-1、表 3-2)

1 年生男子において、baPWV は 65cm 以上 70cm 未満群と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.05$)。また、収縮期血圧は 65cm 未満群と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.05$)。TG は 65cm 未満群、65cm 以上 70cm 未満群、70cm 以上 75cm 未満群と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.05$)。HbA1c は 65cm 未満群、65cm 以上 70cm 未満群

と比べて 80cm 以上群で有意な差がみられた (順に $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$)。

1 年生女子において、総コレステロールは 70cm 以上 75cm 未満群と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.05$)。

3 年生男子において、収縮期血圧は 65cm 未満群と比べて 70cm 以上 75cm 未満、75cm 以上 80cm 未満、80cm 以上群で有意に高値であった (順に $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.01$)。また、収縮期血圧は 65cm 以上 70cm 未満、70cm 以上 75cm 未満と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった (いずれも $p < 0.01$)。拡張期血圧において、65cm 未満群と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.05$)。総コレステロールは 65cm 以上 70cm 未満群に対して 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.05$)。TG においては、65cm 未満群、65cm 以上 70cm 未満群、70cm 以上 75cm 未満群、75cm 以上 80cm 未満群に対して 80cm 以上群で有意に高値であった (すべて $p < 0.01$)。

3 年生女子については、収縮期血圧において、65cm 未満群と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.01$)。また、TG において 75cm 以上 80cm 未満群と比べて 80cm 以上群で有意に高値であった ($p < 0.05$)。

考察

我々は中学生を対象に、腹囲と動脈の硬化度および MetS 関連血液項目の関係を男女別に調査・検討した。近年の米国の研究¹³⁾では小児における高血圧の主な原因は肥満であり、腹囲の年齢グループの上位 25% にいた小児は、下位 25% の小児に比べ、約 2 倍の割合で血圧が高く、男子でその傾向が顕著であると報告している。高血圧は脳卒中や心臓病などの動脈硬化関連疾患の危険因子であり、小児の時に高血圧であった場合には将来高血圧になる確率が高いことが知られている¹⁴⁾。本結果では、1 年生、3 年生男子及び 3 年生女子において腹囲は収縮期血圧と正の相関関係を示した。この際問題となるのは血圧高値に対する腹囲のカットオフ値であるが、アジアにおける調査では、小学生において身長や BMI に関わらず腹囲が大きい者は血圧も高く、男子で腹囲 59cm、女子で 57cm が血圧高値のカットオフ値であること¹⁵⁾、14 歳から 25 歳の学生の調査では、高血圧、脂質異常症、高血糖といった心血管疾患リスク要因に対する腹囲のカットオフ値として男子 70cm を提示している¹⁶⁾。一方、本結果では、3 年生男子においては日本の小児 MetS 基準より小さい 70cm から有意に血圧が高くなる傾向がみられた。小児 MetS 基準の策定では、肥満検診や肥満外来の受診者データを主に使っているため、そのデータは地域の小児

の現状を把握していない可能性があると考えられる。本結果より、3 年生男子において腹囲が 70cm を超えることは血圧の上昇を引き起こし、将来の動脈硬化性疾患のリスクを上げる可能性が考えられた。

Bogalusa 研究において、10-14 歳における腹囲は、身長や体重に関わらず、LDL コレステロール、HDL コレステロール、TG およびインスリン値と関連を示すことを報告している¹⁷⁾。また、小児の中心性肥満が血中脂質プロファイルが悪化させ^{18,19)}、インスリン抵抗性を引き起こすことが報告されている^{20,21)}。本調査においても、男子において腹囲と HDL コレステロール、TG、総コレステロールが、女子において腹囲と総コレステロールと TG が関連を示し、腹囲径が 80cm を超えると有意に総コレステロールや TG が増加することが示された。糖代謝においても、1 年生男子および 3 年生男女において腹囲と HbA1c は正の相関傾向を示し、1 年生男子では腹囲 80cm を超えると有意に高くなる傾向がみられた。本邦の小児 MetS 基準策定においても、腹囲 82cm を超えると代謝異常（脂質異常、血圧上昇、耐糖能障害）が増加することから腹囲 80cm を基準として定めており¹⁾、本研究もほぼ同様の結果であった。

一方、本結果で、3 年生男子だけであったが、腹囲と動脈の硬さ (PWV) の間に有意な正の相関が認められた。MetS の考え方として、肥満（とくに腹部肥満）は高血圧、脂質異常症、高血糖を介して^{22,23)} 血管内皮障害や血管の伸展性の低下を引き起こし^{24,25)}、動脈硬化のリスクになるという一定の時間的間隔が存在する²⁶⁾。今回の結果では、小児期においてすでに、この時間的“潜伏期間”を超えて、腹囲と動脈の硬さ (PWV) の有意な関係が認められた。このことは、より早期（低年齢）かつより厳しい MetS 基準の設定が必要であることを強く示すものであった。

MetS には、その時点の健康状態（病態）としての定義（腹部肥満＋高血圧、脂質異常症、高血糖）にもとづく臨床的な考え方のほかに、肥満（腹部肥満）の先に高血圧、脂質異常症、高血糖があり、その先にそれらの結果としての動脈硬化があるという予防医学的・公衆衛生学的考え方がある。小児期は将来の長いライフスパンを有しており、MetS の考え方をより予防的にシフトする必要がある。そのように考えた場合、本研究から得られた結果から、臨床的な（通常の）MetS の定義は既存の腹囲 80cm で妥当と考えられるが、予防的に考えた場合、特に男子においては収縮期血圧値が有意に高くなった腹囲 70cm あるいはそれ以下が妥当と考えられた。（受稿 2015/10/25 受理 2015/11/17）

【謝辞】

本研究の運営にご支援をいただきました弘前市立津軽中学校の方々、弘前大学大学院医科学研究科社会医学講座のみなさま、そして岩木プロジェクト参加者のみなさまに心より感謝申し上げます。

【文献】

- 1) 大関武彦: 子どもの肥満の現状と保健指導. 公衆衛生 2010;74:474-9.
- 2) 文部科学省 学校保健統計調査 (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001014499&cyclo=0>) 最終アクセス日 2015 年 11 月 17 日 (last access on 17 November 2015)
- 3) 厚生労働省 21 世紀出生児縦断調査 (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/27-9.html>) 最終アクセス日 2015 年 11 月 17 日 (last access on 17 November 2015)
- 4) Singh AS, Mulder C, Twisk JW, Van Mechelen W, Chinapaw MJ: Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obesity reviews* 2008;9:474-88.
- 5) Baker JL, Olsen LW, Sørensen TI: Childhood body-mass index and the risk of coronary heart disease in adulthood. *New England journal of medicine* 2007;357:2329-37.
- 6) Inokuchi M, Matsuo N, Anzo M, Takayama JI, Hasegawa T: Age-dependent percentile for waist circumference for Japanese children based on the 1992-1994 cross-sectional national survey data. *European journal of pediatrics* 2007;166:655-61.
- 7) Sung RY, So HK, Choi KC, Nelson EA, Li AM, Yin JA, Kwok CW, et al: Waist circumference and waist-to-height ratio of Hong Kong Chinese children. *BMC Public Health* 2008;8:324.
- 8) Brannsether B, Roelants M, Bjerknes R, Júlíusson P B: Waist circumference and waist-to-height ratio in Norwegian children 4-18 years of age: Reference values and cut-off levels. *Acta Paediatrica* 2011;100:1576-82.
- 9) Whincup PH, Gilg JA, Donald AE, Katterhorn M, Oliver C, Cook DG, Deanfield JE: Arterial distensibility in adolescents: The influence of adiposity, the metabolic syndrome, and classic risk factors. *Circulation* 2005;112:1789-97.
- 10) Falkner B, Gidding SS, Ramirez-Garnica G, Wiltrout SA, West D, Rappaport EB: The relationship of body mass index and blood pressure in primary care pediatric patients. *J Pediatr*

- 2006;148:195-200.
- 11) Maynard LM, Wisemandle W, Roche AF, Chumlea WC, Guo SS, Siervogel RM: Childhood body composition in relation to body mass index. *Pediatrics* 2001;107:344-50.
- 12) Taylor RW, Grant AM, Williams SM, Goulding A: Sex difference in regional body fat distribution from pre-to post puberty. *Obesity* 2010;18:1410-6.
- 13) Bernard Rosner, Nancy R Cook, Stephen Daniels, Bonita Falkner: Childhood Blood Pressure Trends and Risk Factors for High Blood Pressure: The NHANES experience 1988-2008. *Hypertension* 2013;62:247-54.
- 14) Uchiyama, M: Risk factors for the development of essential hypertension. long-term follow-up study in junior high school students in Niigata, Japan. *Journal of human hypertension* 1994;8:323-5.
- 15) Choy CS, Chan WY, Chen TL, Shih CC, Wu L C, Liao CC: Waist circumference and risk of elevated blood pressure in children: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2011;11: 613.
- 16) Misra A, Madhavan M, Vikram NK, Pandey RM, Dhingra V, Luthra K: Simple anthropometric measures identify fasting hyperinsulinemia and clustering of cardiovascular risk factors in Asian Indian adolescents. *Metabolism* 2006;55:1569-73.
- 17) Freedman DS, Serdula MK, Srinivasan SR, Berenson GS: Relation of circumferences and skinfold thicknesses to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *The American journal of clinical nutrition* 1999;69:308-17.
- 18) Lee S, Bacha F, Arslanian SA: Waist circumference, blood pressure, and lipid components of the metabolic syndrome. *The Journal of pediatrics* 2006;149:809-16.
- 19) Okuma H, Okada T, Abe Y, Saito E, Iwata F, Hara M, Ayusawa M et al: Abdominal adiposity is associated with high-density lipoprotein subclasses in Japanese schoolchildren. *Clinica Chimica Acta* 2013;425:80-4.
- 20) Krekoulia M, Nassis GP, Psarra G, Skenderi K, Chrousos GP, Sidossis LS: Elevated total and central adiposity and low physical activity are associated with insulin resistance in children. *Metabolism* 2007;56:206-13.
- 21) Ryder JR, Vega-López S, Djedjos CS, Shaibi GQ: Abdominal adiposity, insulin resistance, and oxidized low-density lipoproteins in Latino adolescents. *Diabetology Metabolic Syndrome* 2013;5:72.
- 22) Srinivasan SR, Myers L, Berenson GS: Predictability of childhood adiposity and Insulin for developing insulin resistance syndrome (syndrome X) in young adulthood the bogalusa heart study. *Diabetes* 2002;51:204-9.
- 23) Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, Sherwin RS: Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *New England Journal of Medicine* 2004;350: 2362-74.
- 24) Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, Sullivan ID, Lloyd JK, Deanfield JE, Spiegelhalter DJ: Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *The Lancet* 1992;340:1111-5.
- 25) McGill HC, McMahan CA, Zieske AW, Sloop GD, Walcott JV, Troxclair DA, Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth Research Group: Associations of coronary heart disease risk factors with the intermediate lesion of atherosclerosis in youth. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology* 2000;20:1998-2004.
- 26) Leeson CPM, Whincup PH, Cook DG, Mullen MJ, Donald AE, Seymour CA, Deanfield JE: Cholesterol and Arterial Distensibility in the First Decade of Life A Population-Based Study. *Circulation* 2000;101:1533-8.

Influences of Waist Circumference on Arterial Stiffness, Glucose and Lipid Metabolism in the Early Teens

Miyako TAKANO^{1,2}, Ippei TAKAHASHI¹, Kaori SAWADA¹, Sizuka KURAUCHI³, Koshi SUMIGAWA³,
Terumi KOGAWA⁴, Nobuaki SUZUKI¹, Hiroyasu SHIMIZU¹, Goshi ISHIBASHI⁵, Shigeyuki NAKAJI¹

1 Department of Social Medicine, Hirosaki University Graduate School of Medicine

2 Mukogawa Women's University

3 Division of Health Sciences, Department of Health Promotion, Hirosaki University Graduate School of Health Sciences

4 Aomori University

5 Kumamoto Gakuen University

Subject and Methods

The validity of criteria for diagnosing metabolic syndrome was evaluated among junior high school students. Subjects were 315 junior high school students (168 boys and 147 girls) in junior high school who participated in the Iwaki Health Promotion Project of the 2013 and 2014. Data on lifestyle (hours of sleep, hours spent for physical exercise, hours spent for watching TV and hours spent to play videogames.), brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) and items required for assessing metabolic syndrome, which were waist circumference, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, total cholesterol levels, HDL cholesterol, triglyceride (TG), HbA1c, Fasting blood glucose and were collected.

Results

As a result, waist circumference of boys in the 1st grade showed significant correlations with systolic blood pressure, HDL cholesterol, TG and HbA1c. In the 3rd graders, correlative tendency or correlations were observed between waist circumference and baPWV, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, total cholesterol, HDL cholesterol, TG and HbA1c. In girls, no significant relationship was found in the 1st graders, however, waist circumference was significantly correlated with systolic blood pressure, HbA1c and blood glucose in the 3rd graders. The borderlines of waist circumference that elevate baPWV and metabolic syndrome related parameters were seen much around 80cm.

Conclusion

The waist circumference threshold of 80cm set by the Ministry of Health, Labor and Welfare was considered an effective measure to assess metabolic syndrome in early Japanese teens.

Key words: waist circumference, arterial stiffness, glucose metabolism, lipid metabolism, early teens

別冊請求先：高橋一平

〒036-8562 青森県弘前市在府町 5 弘前大学大学院医学研究科社会医学講座

Phone: 0172-39-5041

Fax: 0172-39-5038

E-mail: ippei@hirosaki-u.ac.jp