

J. Nutr. First published March 24, 2010; doi:10.3945/jn.109.118737
Journal of Nutrition, doi:10.3945/jn.109.118737, Vol. 140, No. 5, 954-961, May 2010

© 2010 American Society for Nutrition

Nutrition and Disease

O local da medida da circunferência da cintura afeta sua precisão como um índice de gordura abdominal visceral e subcutânea em uma população branca (caucasiana).

Anja Bosy-Westphal³, Christiane-Alena Boone³, Thordis Blöcker³, Elke Kossel⁴, Kristin Goele³, Wiebke Later³, Britta Hitze³, Martin Heller⁵, Claus-Christian Glüer⁴ and Manfred J. Müller^{3,*}

³ *Institute of Human Nutrition and Food Science, Christian-Albrechts University, Kiel, Germany;* ⁴ *Division of Medical Physics, Clinic for Diagnostic Radiology, University Medical Center Schleswig-Holstein, Kiel, Germany;* ⁵ *Clinic for Diagnostic Radiology, University Medical Center Schleswig-Holstein, Kiel, Germany*

To whom correspondence should be addressed.

E-mail: mmueller@nutrfoodsc.uni-kiel.de .

De acordo com consenso de especialistas, a circunferência da cintura (WC) é o melhor índice antropométrico de obesidade. No entanto diferentes locais anatômicos são utilizados, e atualmente não existe um protocolo universalmente aceito para a medição de WC. Neste estudo, comparamos as associações entre a CC medida em locais diferentes com o volume total de tecido adiposo visceral (VAT), e risco cardiometabólico. Dados transversais foram obtidos de 294 adultos e 234 crianças e adolescentes. Além disso, dados longitudinais foram obtidos em 75 adultos com sobrepeso antes e após a perda de peso induzida pela dieta. CC foi medida abaixo da costela (WC_{rib}), acima da crista ilíaca (crista $WC_{cristaCiliac}$) e, no ponto médio entre os dois locais (WC_{middle}). Volumes de VAT e de tecido adiposo subcutâneo abdominal (SAT) foram obtidos por meio de ressonância magnética. Risco cardiometabólico incluiu avaliação da pressão arterial, lipídios, glicose plasmática, e modelo de homeostase (HOMA). WC diferiu conforme o local de medição, $WC_{rib} < WC_{middle} < WC_{cristaCiliac}$ ($P < 0,001$) em crianças e mulheres, e $WC_{rib} < WC_{middle}, WC_{cristaCiliac}$ ($P < 0,001$) em homens. Medidas elevadas de WC diferiram em 10-20% nas mulheres e 60-10% no sexo masculino, dependendo do local de medição. Em homens e crianças, todas as medidas de WC tiveram correlações semelhantes com IVA, SAT, e fatores de risco cardiometabólico. Nas mulheres, WC_{rib} correlacionou-se com a perda de peso induzida por diminuição do IVA ($r = 0,35$, $P < 0,05$). Em contrapartida, a medida $WC_{cristaCiliac}$ teve as menores associações com VAT e fatores de risco cardiometabólico em mulheres. Cada local de medida de CC teve uma mais forte correlação com a SAT do que com a VAT, sugerindo que a WC é predominantemente um indicador de gordura abdominal subcutânea. Há necessidade de um protocolo unificado de medição.

Introdução

A medição da circunferência da cintura (WC)⁶ tem sido recomendada em diretrizes clínicas⁽¹⁻³⁾ por autoridades de saúde e as sociedades para avaliar a obesidade associada ao risco cardiometabólico tanto na prática clínica⁽⁴⁾, bem como em estudos epidemiológicos^(5,6). No entanto, não há consenso sobre o protocolo de medição a ser utilizado, o que é ocasionado por falta de dados que forneçam uma fundamentação científica. Em uma recente revisão sistemática de 120 estudos, um painel de peritos identificaram oito diferentes protocolos para medição WC⁽⁷⁾. Como um esforço pioneiro para desenvolver um padrão aceito internacionalmente para a medição de WC, esses especialistas enfatizaram a necessidade de uso de marcas ósseas [locais anatômicos fixos] para guiar a medição e para a facilidade de medição. Três protocolos cumprem estes requisitos: 1) a borda superior da crista ilíaca como recomendado pelas diretrizes do NIH⁽⁸⁾ e aplicada em NHANES III, 2) logo abaixo da costela e 3) e no ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca como descrito na OMS e International Diabetes Federation orientações^(1,3,10). Estudos comparando diferentes protocolos têm mostrado uma profunda influência do local de medição nos valores absolutos da WC⁽¹¹⁻²⁰⁾. Estas discrepâncias são grandes e especialmente importantes para a aplicação de pontos de cortes para tomada

de decisões clínicas. Por conseguinte, é questionável se os protocolos existentes podem ser usados alternadamente para a identificação de riscos à saúde associados à obesidade.

Analisando dados disponíveis, Ross et al. ⁽⁷⁾ não encontraram uma influência significativa nos protocolos de medição da WC sobre a relação entre WC e morbidade ou mortalidade. No entanto, uma meta-análise quantitativa não pôde ser realizada devido à heterogeneidade entre os estudos e tamanhos de amostra também pequeno para alguns resultados. Supõe-se geralmente que a WC é uma medida indireta de massa de gordura visceral (que é dessa forma associado a um risco cardiometabólico). Assim, comparações das medidas de WC em diferentes locais devem basear-se em sua associação com a massa de gordura visceral. Ao melhor de nosso conhecimento, nenhum estudo abordou as associações entre os vários locais da medida da WC, a massa de gordura visceral e do risco cardiometabólico. O presente estudo tem por objectivo fornecer uma justificativa biológica de um protocolo ideal à medida da WC. A WC foi medida acima da crista ilíaca ($WC_{\text{crista iliac}}$), abaixo da última costela (WC_{rib}) e, no ponto médio entre os dois locais (WC_{middle}) em uma amostra de 540 participantes com idade entre 6 e 78 anos. Entre os grupos etários e sexo, nós investigamos que WC é mais estreitamente associada com o volume de tecido adiposo visceral total (VAT) e fatores de risco cardiometabólico. Em um subgrupo de 75 adultos com sobrepeso e obesos, analisamos que WC melhor identifica a perda de peso induzida pela perda de VAT.

Amostra e metodologia

Seleção da amostra. O grupo de estudo foi recrutado em 2007-2009 pela publicidade local e constou de 528 indivíduos brancos, saudáveis e de peso estável (não grávidas ou em lactação) com idades entre 6-78 anos, com uma faixa de IMC entre 12,3-25,7 kg / m² em crianças pré-púberes, 13,8-38,6 kg/m² em púberes e adolescentes, e 16,8-40,2 kg / m² em adultos. Os critérios de exclusão foram tabagismo, uso de alguma medicação que influenciasse a composição corporal e o uso de hipolipemiantes, hipoglicemiantes, anti-hipertensivos. Auto-avaliação do estágio puberal de Tanner ⁽²¹⁾ foi utilizado em crianças e adolescentes com mais de 10 anos.

Grupo de Intervenção. O sub-estudo foi desenhado para investigar mudanças longitudinais na distribuição da gordura corporal e a sensibilidade à insulina antes e depois da dieta de perda de peso. Um total de 8 mulheres com sobrepeso e 53 mulheres obesas (IMC 28,2-46,8 kg/m²) com idades entre 19-46 anos e 1 homens com sobrepeso e 13 obesos (IMC 29,4-41,8 kg/m²) com idades entre 27-47 anos foram selecionados para a participação. Todos os participantes tinham um exame físico e ECG normal, sem história de doença

cardiovascular ou metabólica, e uma função normal da tireóide. Ambos os protocolos de estudo (transversal e intervenção) foram aprovados pelo comitê de ética médica do Kiel Christian-Albrecht-Universitário. Todos os participantes assinaram o consentimento livre e esclarecido antes de participação. Além disso, os pais consentiram para menores de idade.

Medida da WC. Os pontos de referência ósseos da última costela e da crista ilíaca foram localizados e palpados pelo examinador ao nível da linha axilar média. A fita métrica foi colocada em um plano horizontal em torno do abdômen ao nível pouco acima da borda lateral superior da crista ilíaca (borda superior da crista ilíaca, $WC_{cristailiac}$), logo abaixo da costela (extremidade distal ou seja, da última costela, WC_{rib}), no ponto médio entre os dois locais (medida de distância, WC_{middle}). Foi dada especial atenção para garantir que a fita estava paralela ao chão. A medição foi feita no final da expiração normal com a fita inelástica adjacente, sem comprimir a pele e com os participantes na posição de pé bem ereta. Para cada ponto antropométrico considerado, uma medida foi realizada. Todas as medições foram realizadas por quatro nutricionistas, bem treinados que regularmente compararam seus resultados na formação para minimizar a variação intra e inter-observador. Para um subgrupo de 16 participantes magros e obesos, os coeficiente intra e inter-observador CV para 3 medidas não consecutivas e 4 observadores foram: WC_{rib} , 0,59 e 1,29%; WC_{iliac} crista, 1,43 e 2,64%, e WC_{middle} , 1,19 e 2,52%. O erro técnico de medição, que é a raiz quadrada da variância dos erros de medição ⁽²²⁾, também foi utilizado para o cálculo da variação de avaliador inter-e intra: WC_{rib} , 1,2 e 2,4 cm; WC_{iliac} crista, 2,2 e 5,5 cm; e WC_{middle} , 2,0 e 5,1 cm.

Pontos de corte para a definição de obesidade abdominal foram $CC > 88$ cm nas mulheres e > 102 cm nos homens de acordo com o National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III e da OMS ^(2,3) e > 80 cm nas mulheres e > 94 cm em homens de acordo com a International Diabetes Federation ⁽¹⁾.

Quantificação do tecido adiposo visceral e abdominal subcutânea por MRI. Medidas de volume total tecido adiposo visceral (VAT) e tecido adiposo subcutâneo abdominal (SAT) foram realizadas em decúbito dorsal, com os braços estendidos acima da cabeça usando um scanner Magnetom Avanto 1,5 T (Siemens Medical Systems). Todo o abdômen do diafragma (parte superior do fígado ou da base dos pulmões, T10) até a cabeça do fêmur foi digitalizado utilizando imagens axiais contínuas, com uma espessura de corte de 8 mm e 2 mm de lacunas interslice. As imagens foram obtidas utilizando um gradiente-eco

ponderadas em seqüência T1 (TR 157 ms, TE 4 ms, flip ângulo de 70 °, tamanho do voxel 3,9 x 2 x 8 mm³), durante o qual os participantes eram obrigados a segurar a respiração. Todas as imagens foram segmentadas manualmente usando Slice-O-Matic, Tomovision 4,3 Software. O software utilizado processamento de imagem baseada no conhecimento para rotular pixels como componente gordo e magro com um limiar de tecido adiposo na base dos histogramas das imagens em nível cinza. Cada fatia foi revisada manualmente e voxels decorrentes do conteúdo gorduroso do intestino foram excluídos. Total do VAT e SAT abdominal foram determinados a partir da soma de todas as áreas de tecido adiposo (em cm²), multiplicado pela espessura da fatia. CV para medidas repetidas do IVA e SAT foram de 1,5 e 0,9%, respectivamente.

Medidas de fatores de risco. O peso corporal foi medido com aproximação a 0,1 kg em uma escala Tanita electronica. A altura foi medida em um estadiômetro (Seca, Vogel & Halke) com a aproximação de 0,5 cm. Medidas de pressão arterial foram obtidas quando o participante estava em uma posição sentada, utilizando um esfigmomanômetro padrão. Amostras de sangue foram coletadas após jejum de 8 horas durante a noite e analisados seguindo procedimentos padrão. Resumidamente, glicose plasmática foi determinada utilizando um método enzimático da hexoquinase (Konelab kit, Thermo Clinical Labsystems). Insulina plasmática foi avaliada por RIA não apresentando reatividade cruzada com peptídeo-C e apenas 14% com proinsulina (REF 10624, Adaltis SpA). O modelo de avaliação de homeostase (HOMA) foi utilizado para calcular a resistência à insulina (RI) como $HOMA-IR = \text{insulina de jejum (mU / mL)} \times \text{glicose em jejum (mmol / L)} / 22,5$ (23). PCR foi medido turbidimetricamente usando um teste de aglutinação em látex (CRP-Dynamik /-Hit917, BIOMED Labordiagnostik). Colesterol e triacilgliceróis plasmáticos foram medidos enzimaticamente (VITROS 5,1 FS, Ortho-Clinical Diagnostics).

Intervenção de perda de peso. Durante $12,7 \pm 2,3$ semanas para uma intervenção para perda de peso, os participantes receberam uma dieta hipocalórica, nutricionalmente equilibrada (BCM-DIAT, PreCon) 3350-4200 contendo kJ / d, conforme já descrito (^{24,25}). Todos os participantes obtiveram aconselhamento individual semanal nos princípios da dieta hipocalórica por um nutricionista. Registros alimentares de três dias foram obtidos, se necessário, para aconselhamento dietético (ou seja, perda de peso lenta ou sem êxito) e o cumprimento também foi monitorado através da medição semanal de perda de peso e massa gorda pela Air-Displacement Pletismografia (BOD-POD, Life Measurement).

Análise estatística. Os dados do grupo são apresentados como média $\pm$ DP ou mediana e intervalo interquartil no caso da distribuição não-normais. Para a análise categorial, agrupamos IMC da seguinte forma: 18,5 a <25 (peso normal), de 25 a <30 (sobrepeso) e ≥ 30 (obesidade) kg/m². Em crianças e adolescentes,

sobrepeso e obesidade foram determinados através de correspondentes dos percentis do atual IMC alemão (97> 90 e> percentil, respectivamente) ⁽²⁶⁾. Devido às diferenças de sexo significativas da visceral e SAT, dados da WC para homens e mulheres foram analisados separadamente. Testes t de Student não pareado foram utilizados para investigar diferenças entre os sexos nas variáveis de distribuição normal e o teste de Mann-Whitney nas variáveis de distribuição não normal. As comparações entre as três WC foram realizadas por medidas repetidas ANOVA utilizando um teste de Tukey-Kramer de comparação múltipla post hoc (cálculo com NCSS, 2007). Diferenças entre as medidas de perda pré e postweight de variáveis foram determinadas usando um teste emparelhado de t de Student. Os triglicérides (TG) e HOMA-IR, os volumes do IVA e SAT, foram normalizados pela transformação logarítmica. Como as relações entre a cintura e o risco cardiometabólico ou WC e VAT são influenciados pela idade ⁽²⁷⁾, a correlação parcial ajustada para a idade foram utilizados para quantificar a associação entre WC e fatores de risco cardiometabólico, VAT, ou SAT. A força dos coeficientes de correlação $r(x_1, y)$ e $r(x_2, y)$ foi comparado com o método de Meng et al. ⁽²⁸⁾, que considera a intercorrelação ($r(x_1, x_2)$) entre ambas as correlações testadas. As análises foram conduzidas utilizando software estatístico SPSS (SPSS 13.0). Níveis de significância foi fixado em $P < 0,05$.

As características dos participantes estão apresentadas na Tabela 1. Em crianças pré-púberes, não houve diferenças entre os sexos em idade, IMC, WC, VAT, SAT e risco cardiometabólico, exceto para a pressão arterial diastólica ligeiramente mais baixa nas meninas ($P < 0,05$). Meninas púberes tiveram menor altura, peso e pressão arterial sistólica e maior concentração de HDL colesterol (HDL-C) do que os meninos púberes, mas o IMC e o volume de tecido adiposo abdominal, não diferiram entre os sexos. Comparado com os adultos, as crianças e adolescentes tiveram baixa VAT em relação a SAT. As mulheres eram jovens e tinham maior SAT, menor VAT, e menores fatores de risco cardiometabólico em comparação com os homens. WC_{rib} foi menor nas meninas púberes e em mulheres ($P < 0,001$), mas não houve diferenças de sexo para os outros WC.

Tabela 1 Antropometria e exames bioquímicos dos participantes e prevalência de sobrepeso e obesidade.

	Prepubertal children Pubertal children				Adults	
	Female, n = 35	Male, n = 39	Female, n = 86	Male, n = 74	Female, n = 117	Male, n = 117
Age, y	8.8 ± 1.5	9.3 ± 1.6	14.8 ± 2.1	15.0 ± 1.9	37.9 ± 13.3	44.7 ± 14.5***
Height, m	1.34 ± 0.09	1.39 ± 0.12	1.64 ± 0.09	1.71 ± 0.11***	1.68 ± 0.07	1.79 ± 0.06***
Weight, kg	30.3 ± 7.0	33.3 ± 10.0	63.1 ± 18.7	69.8 ± 24.0*	82.4 ± 20.9	87.8 ± 16.0*
BMI, kg/m ²	16.7 ± 2.4	16.7 ± 3.0	23.3 ± 5.7	23.3 ± 5.9	29.0 ± 6.7	27.5 ± 4.6*
Overweight, %	8.6	2.6	7.6	3.8	22.0	41.9

Obese, %	0.0	7.7	26.1	26.3	42.4	25.6
SBP, ² mm Hg	113 ± 13	115 ± 10	119 ± 9	124 ± 12**	122 ± 13	127 ± 13***
DBP, ² mm Hg	72 ± 9	68 ± 8*	74 ± 9	74 ± 10	79 ± 9	83 ± 9***
FPG, ² mmol/L	4.82	±4.90	±5.17 ± 1.29	5.13 ± 0.50	5.17 ± 0.59	5.63 ± 0.59***
	0.30	0.44				
HOMA-IR	1.69	1.63	2.65 (1.98–2.76	(2.14–2.77	(1.93–2.16	(1.62–
	(1.32–	(1.17–	3.43)	3.84)	4.66)	3.48)***
	2.51)	2.23)				
TG, mmol/L	59.0	62.0	88.5 (64.5–81.2	(63.0–97.5	(77.0–114.0	(87.8–
	(39.5–	(48.0–	128.5)	103.0)	133.3)	159.5)*
	75.0)	83.3)				
TC, ² mmol/L	159.6	±159.3	±164.3	±159.7	±190.8 ± 38.2	203.1 ± 47.3*
	31.6	24.1	34.2	39.0		
HDL-C, ² mmol/L	62.0	±63.8	±57.6 ± 12.9	54.3	±63.2 ± 18.0	51.0 ± 17.2***
	14.2	11.6		15.9*		
LDL-C, ² mmol/L	84.9	±81.6	±86.8 ± 29.0	85.7 ± 35.6	104.7 ± 34.9	121.8 ±
	24.3	24.7				38.4***
WC _{rib} , cm	57.0 ± 6.3	59.7 ± 7.5	73.8 ± 12.0	77.9	±87.8 ± 13.8	94.6 ± 12.7***
				13.4*		
WC _{middle} , cm	58.0 ± 7.5	60.4 ± 7.9	78.5 ± 14.8	80.1 ± 15.6	94.6 ± 16.5	97.1 ± 13.4
WC _{iliac crest} , cm	60.8 ± 8.3	63.2	±84.5 ± 16.2	83.2 ± 16.4	100.0 ± 17.0	97.2 ± 12.4
		10.6				
VAT, cm ³	24 (21–38)	27 (18–67	(42–58	(38–1,934	4,421 (2,409–	
		40)	757)	682)	(1,253–	6,229)***
				3,035)		
SAT, cm ³	231 (172–200		590 (361–345	(284–10,106	5,998 (4,179–	
	314)	(137–	7,547)	5,715)	(6,658–	8,122)***
		282)			13,957)	

Comparação dos valores médios de WC em 3 locais mostraram que nos homens, WC_{rib} foi menor do que os outros dois sites (-2,5 ± 2,8 cm para WC_{middle} e -2,6 ± 3,8 cm para a WC_{cristailiac}, (P <0,001). Nas mulheres e nos meninos pré-púberes e púberes e meninas, cada local para WC diferiu dos outros, com WC_{rib} < WC_{middle} < WC_{cristailiac} (P <0,001). As maiores diferenças foram observadas em mulheres, com -6,9 ± 5,5 cm para WC_{rib} - WC_{middle}, -12,2 ± 7,5 cm para WC_{rib} - WC_{cristailiac} e 5,3 ± 6,8 cm para WC_{cristailiac} - WC_{middle}.

Figura 1A ilustra as diferenças na WC medida em diferentes locais nos grupos de peso normal, sobrepeso e obesas. Com o aumento do IMC, a forma do tronco permaneceu constante em mulheres, com o menor WC logo abaixo da costela e os mais altos WC logo acima da crista ilíaca. Nos homens, a forma do tronco é depende do IMC (Figura 1B), com a maior WC ponto médio entre última costela e a crista ilíaca em homens obesos.

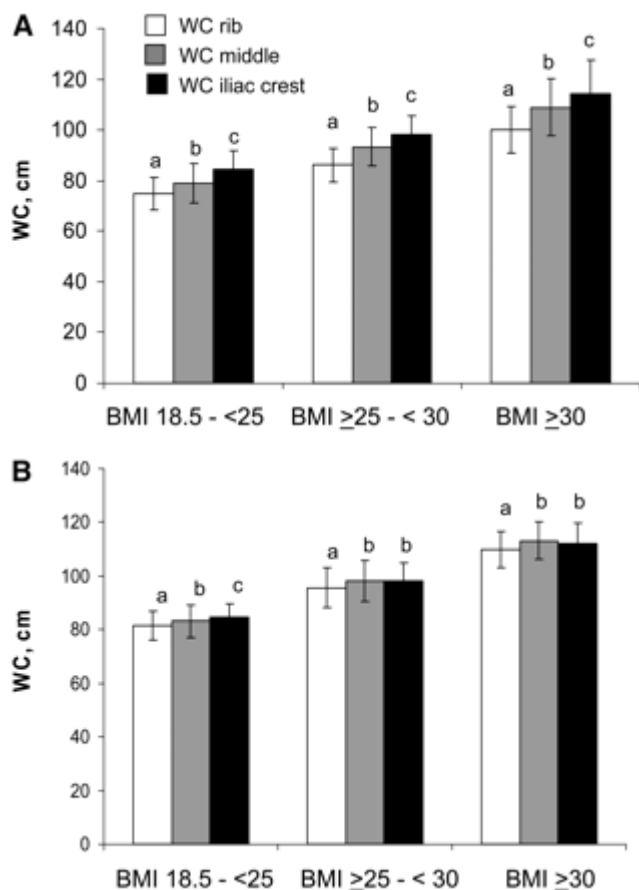


FIGURA 1 WC medidos em locais diferentes nas mulheres (A) e homens (B) agrupados por IMC. Os valores são médias $\pm$ DP, n = 59 women/35 homens (peso normal), n = 37 women/47 homens (sobrepeso) e n = 78 women/33 homens (obesos). Dentro de uma categoria de IMC, medias sem uma carta comum diferem, $P < 0,05$.

Influência do local de medição para WC em sua correlação com o risco de VAT e de risco cardiometabólico. Todas as relações entre a WC medida em diferentes locais e VAT em adultos foram não-lineares e as inclinações foram maiores nos homens quando comparados com as mulheres (Fig. 2). A menor diferença de sexo entre as inclinações foi observado para WC_{rib} e o maior para $cWC_{cris tailiac}$. Em crianças pré-púberes e púberes e homens, todos os 3 WC tiveram uma correlação semelhante com VAT (Tabela 2), e fatores de risco cardiometabólico (dados não mostrados). Não houve diferenças nos valores de r, exceto para os meninos prepúberes, onde as relações entre $WC_{cris tailiac}$ e VAT ($r = 0,65$) ou $WC_{cris tailiac}$ e do índice HOMA ($r = 0,13$) foi menor ($P < 0,05$) em comparação com valores de r das outras WC (WC_{middle} vs VAT, $r = 0,74$ e WC_{middle} vs índice HOMA, $r = 0,35$; WC_{rib} vs VAT, $r = 0,76$ e WC_{rib} vs HOMA, $r = 0,33$). Pelo contrário, nas mulheres, o WC_{rib} teve o maior valor de r com o VAT em comparação com valores de r- WC_{middle} ($P < 0,05$) e $WC_{cris tailiac}$ ($P < 0,001$). Neste grupo, WC_{rib} e WC_{middle} tiveram associações semelhantes com risco cardiometabólico, mas a magnitude das correlações entre $WC_{cris tailiac}$ e pressão arterial diastólica, índice HOMA, TG plasmáticos, e HDL-C foi menor (todos $P < 0,05$).

FIGURA 2 Relações entre o VAT e WC medida em WC_{rib} (A), WC_{middle} (B), e WC_{cristailiac} (C) em homens e mulheres.

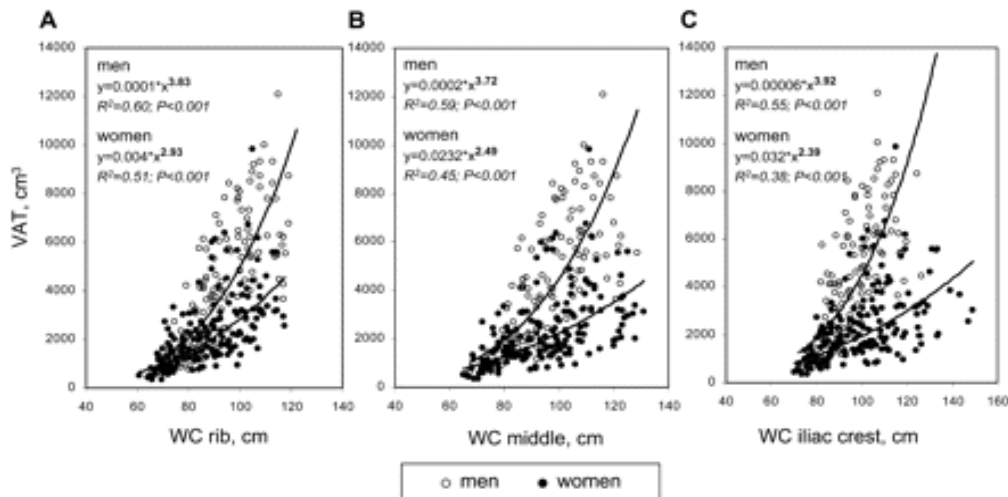


TABELA 2 Correlações parciais ajustados para idade entre WC medidos em diferentes locais, VAT e risco cardiometabólico por sexo

	Female					Male				
	lnVAT	WC _{rib}	WC _{middle}	WC _{icrest}	n	lnVAT	WC _{rib}	WC _{middle}	WC _{icrest}	n
Prepubertal children										
ln VAT	—	0.73***	0.70***	0.70***	35	—	0.76***	0.74***	0.65***	39
ln SAT	0.80***	0.89***	0.86***	0.87***	35	0.85***	0.85***	0.86***	0.75***	39
Pubertal children										
ln VAT	—	0.83***	0.82***	0.83***	86	—	0.87***	0.86***	0.86***	74
ln SAT	0.98***	0.87***	0.86***	0.88***	86	0.94***	0.93***	0.91***	0.92***	74
Adults										
ln VAT	—	0.70***	0.66***	0.62***	177	—	0.74***	0.74***	0.71***	117
ln SAT	0.75***	0.87***	0.88***	0.87***	177	0.76***	0.83***	0.87***	0.87***	117
SBP ¹	0.39***	0.40***	0.41***	0.37***	177	0.43***	0.51***	0.51***	0.51***	117
DBP ¹	0.39***	0.39***	0.38***	0.31***	177	0.37***	0.50***	0.51***	0.48***	117
FPG ¹	0.13	0.10	0.05	0.06	168	0.30***	0.34***	0.36***	0.34***	116
ln HOMA-IR	0.37***	0.45***	0.42***	0.39***	163	0.41***	0.47***	0.50***	0.49***	98
ln TG	0.36***	0.35***	0.35***	0.29***	169	0.46***	0.41***	0.39***	0.42***	112
Cholesterol	0.08	-0.02	-0.00	-0.02	169	0.34**	0.27**	0.25**	0.25**	116
HDL-C	—	—	—	—	169	-0.38*	—	—	—	116
	0.40***	0.40***	0.36***	0.34***		0.37***	0.36***	0.32***		
LDL-C ¹	0.24**	0.13	0.12	0.13	168	0.32**	0.24**	0.22*	0.21*	116

$P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

¹ DBP, diastolic blood pressure; FPG, fasting plasma glucose; LDL-C, LDL cholesterol; SBP, systolic blood pressure; TC, total cholesterol.

A influência do local de medição de sua associação com o VAT e SAT também foi investigado em subgrupos de peso normal, sobrepeso e adultos obesos (Tabela 3). Geralmente, todos os WC foram próximos ou mais semelhantes relacionados ao SAT do VAT nos grupos de IMC e em ambos os sexos (com exceção dos WC_{rib} em homens com peso normal). Comparado com crista WC_{cristalliac}, WC_{rib} tinha uma tendência a menor correlação com o SAT de peso normal ($P = 0,09$), mulheres acima do peso ($P = 0,10$) e obesidade ($P = 0,07$). Além disso, em mulheres obesas, o WC_{rib} estava mais relacionada com o VAT do que as outras duas WC ($P < 0,05$). Todas as WC foram correlacionadas igualmente com VAT nos outros grupos.

TABELA 3 correlação parcial ajustada para a idade entre WC medidos em diferentes locais e volume de VAT ou SAT estratificada por sexo e grupos de IMC

BMI group	Female				Male			
	WC _{rib}	WC _{middle}	WC _{icrest}	n	WC _{rib}	WC _{middle}	WC _{icrest}	n
18.5 to <25 kg/m ²								
In VAT	0.67***	0.61***	0.66***	59	0.52**	0.61***	0.53**	35
In SAT	0.70***	0.72***	0.77***	59	0.40*	0.66***	0.63***	35
≥25 to <30 kg/m ²								
In VAT	0.32*	0.30	0.15	37	0.58***	0.54***	0.52**	47
In SAT	0.30*	0.38*	0.51**	37	0.67***	0.72***	0.74***	47
≥30 kg/m ²								
In VAT	0.66***	0.51***	0.32***	78	0.16	0.05	0.08	33
In SAT	0.70***	0.73***	0.70***	78	0.54**	0.65***	0.67***	33

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

TABELA 4 Prevalência da elevada WC medidas em diferentes locais anatômicos e pontos de cortes recomendados pela OMS / NCEP ATP III e IDF1

	Women		Men	
	>80 cm	>88 cm	>94 cm	>102 cm
	n (%)			
WC _{rib}	118 (66.7)	87 (49.2)	54 (46.2)	36 (30.8)
WC _{middle}	134 (75.7)	109 (61.6)	62 (53.0)	43 (36.8)
WC _{iliac crest}	153 (86.4)	123 (69.5)	66 (56.4)	42 (35.9)

¹ IDF, International Diabetes Federation; NCEP ATP III, National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III.

Influência do local de medição para WC em sua correlação com a diminuição de VAT e SAT. A Tabela 5 apresenta as características de antes e depois do programa de perda de peso. Em homens e mulheres, a intervenção reduziu ($P < 0,001$) o peso corporal em 12 e 8%, o IMC em 12 e 9%, WC_{rib} em 10 e 6%, WC_{middle} em 12 e 7%, WC_{crest} em 9 e 5%, VAT em 34 e 16%, e SAT em 27 e 19%, respectivamente.

Tabela 5 Característica dos participantes antes (T0) e após a perda de peso (T1) e mudanças nas variáveis antropométricas, VAT e SAT.

	Women, $n = 61$			Men, $n = 14$			
	T0	T1	$\Delta T1-T0$	T0	T1	$\Delta T1-T0$	
Age, y	32.9 $\pm$ 6.8	—	—	38.0 $\pm$ 6.0	—	—	
Weight, kg	100.5 $\pm$ 16.7	92.2 $\pm$ 16.3*	$\pm$ 8.3 $\pm$ 3.8	111.9 $\pm$ 13.1#	98.6 $\pm$ 11.9*	-13.3 $\pm$ 4.2###	$\pm$
BMI, kg/m^2	35.2 $\pm$ 4.4	32.2 $\pm$ 4.3*	$\pm$ 3.0 $\pm$ 1.3	34.6 $\pm$ 3.7	30.5 $\pm$ 3.1*	-4.1 $\pm$ 1.4##	$\pm$
WC_{rib} , cm	99.4 $\pm$ 9.4	93.6 $\pm$ 9.9*	$\pm$ 5.8 $\pm$ 4.8	110.8 $\pm$ 6.0###	100.1 $\pm$ 5.8##*	$\pm$ 10.6 $\pm$ 3.1###	$\pm$
WC_{middle} , cm	109.0 $\pm$ 11.5	101.1 $\pm$ 11.4*	$\pm$ 7.9 $\pm$ 6.9	114.5 $\pm$ 7.4#	101.1 $\pm$ 7.9*	-13.4 $\pm$ 4.4##	$\pm$
WC_{crest} , cm	114.4 $\pm$ 13.0	108.9 $\pm$ 12.0*	$\pm$ 5.5 $\pm$ 8.6	113.9 $\pm$ 8.7	103.9 $\pm$ 8.0*	-10.0 $\pm$ 4.0##	$\pm$
VAT, cm^3	2,391 $\pm$ 1,190	1,986 $\pm$ 1,013*	$\pm$ 363 $\pm$ 550	5,496 $\pm$ 1,174###	3,637 $\pm$ 754###*	$\pm$ 1,770 $\pm$ 1,187##	$\pm$
SAT, cm^3	14,866 $\pm$ 4,286	11,889 $\pm$ 4,269*	$\pm$ 2,737 $\pm$ 1,977	10,184 $\pm$ 3,853#	7,475 $\pm$ 2,813###*	$\pm$ 2,580 $\pm$ 1,533	$\pm$

¹ Values are mean $\pm$ SD. Asterisks indicate different from T0: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. Number symbols indicate different from corresponding female: # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$, ### $P < 0.001$.

² The intervention duration was 12.7 ± 2.3 wk.

Correlações entre a WC medida em diferentes locais e volumes de VAT e SAT apresentaram padrões semelhantes antes e após a intervenção (Tabela 6). Esses dados estão de acordo com nossos resultados transversal (Tabela 2). Devido ao menor tamanho da amostra em homens, algumas correlações não foram de significância.

TABELA 6 Correlação entre a WC medida em 3 locais e volumes de VAT e SAT antes (T0) e após a perda de peso (T1) e entre as mudanças em resposta à perda de peso

	Women (n = 61)			Men (n = 14)		
	WC _{rib}	WC _{middle}	WC _{icrest}	WC _{rib}	WC _{middle}	WC _{icrest}
vs. WC at T0						
In VAT	0.77***	0.64**	0.42**	-0.31	-0.35	-0.32
In SAT	0.72***	0.76***	0.73***	0.78**	0.79**	0.87***
vs. WC at T1						
In VAT	0.75***	0.69***	0.67***	0.40	0.54*	0.32
In SAT	0.74***	0.73***	0.82***	0.83***	0.77**	0.92***
vs. Δ WC T1-T0						
Δ VAT	0.35**	0.04	-0.02	0.52	0.57*	0.48
Δ SAT	0.36**	0.09	0.12	0.49	0.63*	0.61*

¹ Significant at * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

No entanto, as relações entre o decréscimo no CC e diminuição do volume de VAT foram moderadas e significativas apenas para WC_{rib} nas mulheres ($r = 0,35$, $P < 0,05$) e WC_{middle} nos homens ($r = 0,57$, $P < 0,05$). Ambos os WC também tinham uma correlação semelhante com a diminuição do SAT (Tabela 6).

A principal conclusão deste estudo foi que a CC teve uma mais forte correlação com a SAT do que com a VAT. Este fato foi independente do local de medição. Estes dados sugerem que a WC é um melhor índice de gordura abdominal subcutânea em vez de gordura visceral. Pequenas diferenças foram observadas entre os locais de medição WC; WC_{rib} parece ser um melhor índice para o VAT em mulheres com sobrepeso e obesas do que WC_{crustailiac}, enquanto para os homens e os crianças menores, todos os protocolos WC obtiveram resultados semelhantes. Mais importante ainda, os valores absolutos também diferiram entre todos os pontos de medição em todas as faixas etárias e ambos os sexos. Estes dados adicionam à prática clínica (por exemplo, avaliação de risco no contexto da síndrome metabólica). É evidente que há uma necessidade de um protocolo padronizado. Nossos dados também têm um impacto sobre estudos epidemiológicos recentes sobre os riscos relacionados à obesidade. Os dados recentes do estudo longitudinal EPIC mostrou que a WC é um melhor índice de risco de mortalidade do que o IMC (⁵). Neste estudo, a WC foi medida tanto na parte mais estreita circunferência do tronco como no ponto médio entre a

última costela ea crista ilíaca. Além disso, as medidas foram realizadas com a roupa. Os resultados deste estudo podem estar enfraquecidos, pois correlações dos dados de WC obtidos por diferentes protocolos sem correção das diferenças de medidas absolutas provavelmente levará a resultados errados (Tabela 1, Fig. 1). Da mesma forma, o uso de um protocolo não padronizado (WC medida no ponto mais estreito entre o rebordo costal e a crista ilíaca) também podem ter contribuído para o baixo valor de WC no Estudo INTERHEART (²⁹). Esses autores propuseram que a razão cintura / quadril, e não WC, é o melhor marcador de adiposidade para o risco para infarto agudo do miocárdio (⁶).

WC reflete tecido adiposo abdominal e não pode diferenciar entre visceral e subcutânea depósitos de gordura. No entanto, em relação à avaliação de risco, a WC deve ser um índice de obesidade visceral. Esta opinião é corroborada pela constatação de que o VAT, mas não SAT foi um preditor significativo de diabetes em homens e mulheres do Programa de Prevenção da Diabetes (³⁰). Comparando WC diferentes, WC_{rib} foi mais específica para o VAT em mulheres (ou seja WC_{rib} teve a menor relação com a SAT) (Tabelas 2 e 3). Em contraste, a $WC_{cristailiac}$ teve uma menor associação com VAT (Tabela 2, especialmente em mulheres obesas; Tabela 3), mas teve a maior correlação com SAT. Isto é consistente com as associações significativamente menores entre $WC_{cristailiac}$ e fatores de risco cardiometabólico em mulheres (Tabela 2). Isto pode ser explicado pela constatação de que o VAT no abdome superior correlaciona mais estreitamente com volume total de VAT e os fatores de risco para a saúde do que VAT a nível da crista ilíaca (^{31,32}). Assim, WC_{rib} ou WC_{middle} em mulheres parecem estar mais correlacionada com risco cardiometabólico que $WC_{cristailiac}$. Além disso, apenas WC_{rib} previu diminuição de VAT associada à perda de peso nas mulheres (Tabela 6). Nos homens, todas as medidas WC obtiveram resultados semelhantes.

Outra desvantagem da crista $WC_{cristailiac}$ foi a sua menor precisão (ver métodos). Isto foi confirmado por Wang et al. (¹⁵) e foi especialmente verdadeiro no sexo feminino, porque a forma da cintura superior à crista ilíaca diminui mais do que a forma da cintura em outras regiões do tronco, o que torna difícil para estabilizar a fita em uma superfície de pele acentuadamente curva (¹⁵). De acordo com Wang et al. (¹⁵), WC_{rib} teve a maior reprodutibilidade, talvez porque é mais facilmente localizada. WC_{middle} é mais complicado de obter, porque exige a identificação de dois pontos ósseos, uma distância entre os dois, e o cálculo do ponto médio. Porque o erro de medida limita a alteração mínima detectável de um parâmetro, a perda de peso induzida pela melhoria da WC pode ser melhor detectada logo abaixo da costela.

Em crianças pré-púberes e púberes, nenhuma das medidas da WC foi consistentemente melhor que a outra. No entanto, a prevalência de sobrepeso e obesidade foi baixa em ambos os grupos (Tabela 1) e as diferenças significativas nos valores absolutos entre os locais de medida da WC já foram vistos em prepubertal meninos e meninas e a puberdade (ver resultados). Isso levou a uma prevalência discordante na definição de obesidade abdominal, como descrito anteriormente por nosso grupo (¹⁹). Embora não tenhamos

encontrado correlação razoável entre todos os WC e VAT em crianças pré-púberes e púberes, quantidades absolutas de correlação VAT e razão VAT/SAT foi muito baixa (Tabela 1). Isto está de acordo com WC sendo um melhor índice de gordura abdominal subcutânea do que a adiposidade visceral em indivíduos menores de idade (Tabela 2).

Devido à diferença absoluta na medida WC, principalmente em mulheres, o percentual de pacientes acima ou abaixo dos valores limite recomendados varia consideravelmente entre os protocolos de medida da WC e leva a sub-ou superestimação dos riscos de saúde relacionados à obesidade, dependendo do protocolo utilizado para determinar = WC (Tabela 4). Enquanto não existem valores de referência gerados especificamente para o protocolo WC abaixo da costela, este protocolo não pode ser usado para a identificação clínica de risco à saúde em indivíduos obesos. A simples conversão de medidas diferentes, somando ou subtraindo um valor constante seria inadequado, pois a diferença absoluta entre as medidas WC depende do estado de peso (Fig. 1) e provavelmente também da idade (²⁷).

Além disso, os pontos de corte para WC atual precisam ser revisto, pois eles são baseados em pontos de corte para o IMC (³³). Pontos de corte futuros para WC devem ser baseados no VAT, uma vez que o IMC é uma medida imprecisa de obesidade central, especialmente na faixa de peso normal e sobrepeso. Isto foi demonstrado anteriormente, em mulheres pós-menopáusicas com um IMC normal (19,5-24,9 kg/m²), 30% já tiveram uma elevada WC > 80 a <88 cm e 10% tinham até um WC > 88 cm (³⁴). Da mesma forma, em mulheres com sobrepeso (25-29,9 kg/m²), 9% tinham um WC normal <80 cm, enquanto que 57% tinham uma WC > 88 cm e apenas 33% foram classificados como tendo um elevado CC > 80 a <88 cm. Notadamente, em ambos os níveis de pontos de corte (80 ou 94 centímetros ou 102 centímetros e 88), os homens tinham 3,8 vezes mais VAT do que as mulheres (Fig. 2). Esta observação pode explicar, em parte, para a maior morbidade e mortalidade associada com o mesmo IMC nos homens que nas mulheres.

O conhecimento sobre a relação entre a cintura e o VAT é uma condição essencial para a compreensão da relação entre WC e morbidade ou mortalidade. Alguns estudos têm mostrado o mesmo valor preditivo de um WC elevada e um IMC alto (35-37). Se o WC é um índice mais preciso para a obesidade visceral do que o IMC, estes resultados estão em desacordo com o nosso entendimento de que as medidas de distribuição de gordura são superiores para prever o risco de morte (³⁸). Entretanto, considerando a alta colinearidade entre os índices de obesidade como IMC e WC, a WC medida no local errado pode ser apenas marginalmente melhor do que o IMC na estimativa da gordura visceral (³⁹). Em linha com esta especulação, a correlação entre o IMC e o VAT foi de $r = 0,62$ em mulheres e $r = 0,64$ em homens ($P < 0,001$) é apenas ligeiramente diferente das associações observadas entre WC_{crustalliac} e VAT ($r = 0,62$ e $0,71$) (Tabela 2). Estudos anteriores também mostraram

correlações semelhantes entre WC e VAT e entre o IMC e o VAT em mulheres (^{40,41}). Além disso, todos os WC (especialmente WC_{middle} ou WC_{cristailiac}) foram mais fortemente correlacionada com o SAT abdominal em comparação com o VAT (Tabela 2 e 3). Daí, concluímos que a WC, independentemente do local de medição é predominantemente um índice de gordura abdominal subcutânea e não gordura visceral.

Em comparação com os caucasianos do mesmo WC ou IMC, americano africanos têm uma menor VAT e os asiáticos têm maior VAT (^{30,42-47}). Como as diferenças étnicas na distribuição de gordura corporal pode, por conseguinte, alterar as associações entre os locais da WC e VAT, os nossos resultados se aplicam apenas caucasianos.

Em conclusão, a WC é predominantemente um índice de SAT abdominal. O local de medição de WC desempenha um papel menor, ao procurar o melhor índice de volume de gordura visceral. No entanto, WC_{rib} parece ser um melhor índice de volume de gordura visceral e risco cardiometabólico que WC_{cristailiac}. Esta medida pode ser aplicada em ambos os sexos. No entanto, pontos de corte específicos para WC_{rib} necessitam ser estabelecidos antes que ele possa ser usado em tomada de decisões clínicas.

AGRADECIMENTOS

A.B.W. and M.J.M. designed research; A.B.W., W.L., B.H., C.A.B., E.K., M.H., C.C.G., and K.G. conducted research; A.B.W. analyzed data; and A.B.W. and M.J.M. wrote the paper and had primary responsibility for final content. All authors read and approved the final manuscript.

FOOTNOTES

¹ Supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (grant no. DFG Mü 714/8-3).

² Author disclosures: A. Bosy-Westphal, C-A. Boone, T. Blöcker, E. Kossel, K. Goele, W. Later, B. Hitze, M. Heller, C-C. Glüer, and M. J. Müller, no conflicts of interest.

⁶ Abbreviations used: HDL-C, HDL cholesterol; HOMA, homeostasis model assessment; SAT, abdominal subcutaneous adipose tissue; TG, triglyceride; WC, waist circumference; WC_{rib}, waist circumference measured below the lowest rib; WC_{iliac crest}, waist circumference measured above the iliac crest; WC_{middle}, waist circumference measured between both sites; VAT, visceral adipose tissue. 

Manuscript received 12 November 2009. Initial review completed 12 December 2009. Revision accepted 21 February 2010.

LITERATURE CITED

1. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. IDF Epidemiology Task Force Consensus Group. The metabolic syndrome-a new worldwide definition. *Lancet*. 2005;366:1059–62.
2. Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA*. 2002;258:2486–97.
3. WHO. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: report of a WHO consultation. Geneva: WHO; 1999.
4. Klein S, Allison DB, Heymsfield SB, Kelley DE, Leibel RL, Nonas C, Kahn R. Waist circumference and cardiometabolic risk: a consensus statement from Shaping America's Health: Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, the Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association. *Am J Clin Nutr*. 2007;85:1197–202.
5. Pischon T, Boeing H, Hoffmann K, Bergmann M, Schulze MB, Overvad K, van der Schouw YT, Spencer E, Moons KG, et al. General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *N Engl J Med*. 2008;359:2105–20.
6. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Bautista L, Franzosi MG, Commerford P, Lang CC, Rumboldt Z, Onen CL, et al. INTERHEART Study Investigators. Obesity and the risk of myocardial infarction in 27,000 participants from 52 countries: a case-control study. *Lancet*. 2005;366:1640–9.
7. Ross R, Berentzen T, Bradshaw AJ, Janssen I, Kahn HS, Katzmarzyk PT, Kuk JL, Seidell JC, Snijder MB, et al. Does the relationship between waist circumference, morbidity and mortality depend on measurement protocol for waist circumference? *Obes Rev*. 2008;9:312–25.
8. National Institute for Health and Clinical Excellence. Obesity guidance on the prevention, identification, assessment and management of overweight and obesity in adults and children [cited 2009 Feb 6]. Available from: <http://www.nice.org.uk/guidance/CG43/?c=91500>.
9. NIH. The practical guide identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. Bethesda (MD): NIH; 2000. (NIH publication no. 00–4084.)
10. Physical status. The use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 1995;854:1–452.
11. Seidell JC, Cigolini M, Charzewska J, Ellsinger BM, Contaldo F. Regional obesity and serum lipids in European women born in 1948. A multicenter study. *Acta Med Scand Suppl*. 1988;723:189–97.

12. Seidell JC, Cigolini M, Charzewska J, Ellsinger BM, Deslypere JP, Cruz A. Fat distribution in European men: a comparison of anthropometric measurements in relation to cardiovascular risk factors. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1992;16:17–22.
13. Houmard JA, Wheeler WS, McCammon MR, Wells JM, Truitt N, Hamad SF, Holbert D, Israel RG, Barakat HA. An evaluation of waist to hip ratio measurement methods in relation to lipid and carbohydrate metabolism in men. *In J Obes* 1991;15:181–188.
14. Carson CA, Meilahn EN, Caggiula AW. Comparison of waist measurements: a methodologic issue in longitudinal studies. *J Am Diet Assoc*. 1994;94:771–2.
15. Wang J, Thornton JC, Bari S, Williamson B, Gallagher D, Heymsfield SB, Horlick M, Kotler D, Laferrère B, et al. Comparisons of waist circumferences measured at 4 sites. *Am J Clin Nutr*. 2003;77:379–84.
16. Onat A, Avcı GŞ, Barlan MM, Uyarel H, Uzunlar B, Sansoy V. Measures of abdominal obesity assessed for visceral adiposity and relation to coronary risk. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28:1018–25.
17. Rudolf MCJ, Walker J, Cole TJ. What is the best way to measure waist circumference? *Int J Pediatr Obes*. 2007;2:58–61.
18. Willis LH, Slentz CA, Houmard JA, Johnson JL, Duscha BD, Aiken LB, Kraus WE. Minimal vs. umbilical waist circumference measures as indicators of cardiovascular disease risk. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15:753–9.
19. Hitze B, Bosy-Westphal A, Bielfeldt F, Settler U, Mönig H, Müller MJ. Measurement of waist circumference at four different sites in children, adolescents, and young adults: concordance and correlation with nutritional status as well as cardiometabolic risk factors. *Obes Facts*. 2008;1:243–9.
20. Edwards LA, Bugaresti JM, Buchholz AC. Visceral adipose tissue and the ratio of visceral to subcutaneous adipose tissue are greater in adults with than in those without spinal cord injury, despite matching waist circumferences. *Am J Clin Nutr*. 2008;87:600–7.
21. Duke PM, Litt IF, Gross RT. Adolescents' self-assessment of sexual maturation. *Pediatrics*. 1980;66:918–20.
22. Ulijaszek SJ, Kerr DA. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr*. 1999;82:165–77.
23. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28:412–9.
24. Goele K, Bosy-Westphal A, Lagerpusch M, Müller MJ. Influence of changes in body composition and adaptive thermogenesis on the difference between measured and predicted weight loss in obese women. *Obes Facts*. 2009;2:105–9.

25. Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, Heller M, Glüer C-C, Heymsfield SB, et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr.* 2009;90:993–1001.
26. Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, et al. Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschr Kinderheilkd.* 2001;149:807–8118.
27. Kuk JL, Lee SJ, Heymsfield SB, Ross R. Waist circumference and abdominal adipose tissue distribution: influence of age and sex. *Am J Clin Nutr.* 2005;81:1330–4.
28. Meng X-L, Rosenthal R, Rubin DB. Comparing correlated correlation coefficients. *Psychol Bull.* 1992;111:172–5.
29. Han TS, Sattar N, Lean M. Assessment of obesity and its clinical implications. *BMJ.* 2006;333:695–8.
30. Bray GA, Jablonski KA, Fujimoto WY, Barrett-Connor E, Haffner S, Hanson RL, Hill JO, Hubbard V, Kriska A, et al. Diabetes Prevention Program Research Group. Relation of central adiposity and body mass index to the development of diabetes in the Diabetes Prevention Program. *Am J Clin Nutr.* 2008;87:1212–8.
31. Shen W, Punyanitya M, Chen J, Gallagher D, Albu J, Pi-Sunyer X, Lewis CE, Grunfeld C, Heymsfield SB, et al. Visceral adipose tissue: relationships between single slice areas at different locations and obesity-related health risks. *Int J Obes (Lond).* 2007;31:763–9.
32. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge MP, Albu J, Heymsfield SB, Heshka S. Visceral adipose tissue: relations between single-slice areas and total volume. *Am J Clin Nutr.* 2004;80:271–8.
33. Lean MEJ, Han TS, Morrison CE. Waist circumference indicates the need for weight management. *BMJ.* 1995;311:158–61.
34. Kanaya AM, Vittinghoff E, Shlipak MG, Resnick HE, Visser M, Grady D, Barrett-Connor E. Association of total and central obesity with mortality in postmenopausal women with coronary heart disease. *Am J Epidemiol.* 2003;158:1161–70.
35. Flegal KM, Graubard BI. Estimates of excess deaths associated with body mass index and other anthropometric variables. *Am J Clin Nutr.* 2009;89:1213–9.
36. Janssen I, Katzmarzyk PT, Ross R. Body mass index is inversely related to mortality in older people after adjustment for waist circumference. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53:2112–8.
37. Baik I, Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci E, Spiegelman D, Stampfer MJ, Willett WC. Adiposity and mortality in men. *Am J Epidemiol.* 2000;152:264–71.

38. Kuk JL, Katzmarzyk PT, Nichaman MZ, Church TS, Blair SN, Ross R. Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity* (Silver Spring). 2006;14:336–41.
39. Moore SC. Waist versus weight: which matters more for mortality? *Am J Clin Nutr*. 2009;89:1003–4.
40. Heymsfield SB, Martin-Nguyen A, Fong TM, Gallagher D, Pietrobelli A. Body circumferences: clinical implications emerging from a new geometric model. *Nutr Metab (Lond)*. 2008;5:24.
41. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge MP, Albu J, Heymsfield SB. Total body skeletal muscle and adipose tissue volumes: estimation from a single abdominal cross-sectional image. *J Appl Physiol*. 2004;97:2333–8.
42. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet*. 2004;363:157–63.
43. Deurenberg-Yap M, Schmidt G, van Staveren WA, Deurenberg P. The paradox of low body mass index and high body fat percentage among Chinese, Malays and Indians in Singapore. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000;24:1011–7.
44. Razak F, Anand SS, Shannon H, Vuksan V, Davis B, Jacobs R, Teo KK, McQueen M, Yusuf S. Defining obesity cut points in a multiethnic population. *Circulation*. 2007;115:2111–8.
45. Lear SA, Toma M, Birmingham CL, Frohlich JJ. Modification of the relationship between simple anthropometric indices and risk factors by ethnic background. *Metabolism*. 2003;52:1295–301.
46. Carroll JF, Chiapa AL, Rodriquez M, Phelps DR, Cardarelli KM, Vishwanatha JK, Bae S, Cardarelli R. Visceral fat, waist circumference, and BMI: impact of race/ethnicity. *Obesity* (Silver Spring). 2008;16:600–7.
47. Zhu S, Heymsfield SB, Toyoshima H, Wang Z, Pietrobelli A, Heshka S. Race-ethnicity-specific waist circumference cutoffs for identifying cardiovascular disease risk factors. *Am J Clin Nutr*. 2005;81:409–15.