

[원저]

한국 남성에서 CT로 평가한 복부지방의 측정 위치와 대사증후군과의 관련성

최은영¹, 박석진²단국대학교 의과대학 가정의학과¹, 핵의학과²

- 요약 -

연구배경	한국 남성에서 복부지방의 측정위치가 대사증후군과 복부지방의 관계에 미치는 영향을 파악하기 위해 시행되었다.
방 법	2006년 1월부터 2006년 8월까지 단국대학교병원을 내원하여 종합검진과 PET/CT를 시행한 성인 남성 55명을 대상으로 선정하였다. 요추 4~5번을 중심으로 하방 5cm에서 상방 20cm까지 5cm 간격으로 피하지방과 내장지방의 면적을 측정하였다. 다중회귀분석을 이용하여 연령을 보정한 상태에서 복부내장지방과 복부피하지방 면적이 1 표준편차씩 증가함에 따라 대사증후군이 될 교차비를 계산하였다.
결 과	대사증후군에 대한 내장지방 면적의 교차비는 요추 4~5번 상방 5cm에서 3.33(95% 신뢰구간:1.55-7.19, $P=0.002$)으로 요추 4~5번에서의 교차비 2.25(95% 신뢰구간:1.12-4.56, $P=0.023$)보다 컸다. 요추 4~5번 하방 5cm를 제외한 모든 위치에서 내장지방 면적은 대사증후군과 유의한 관련성을 보였으나($P<0.05$), 측정 위치에 따른 교차비는 2.00 3.33로 그 차이는 크지 않았다. 복부 피하지방의 면적은 측정위치에 관계없이 대사증후군과 통계적으로 유의한 관련성은 없었다($P>0.05$).
결 론	요추 4~5번 하방 5cm를 제외한 모든 위치에서 내장지방은 대사증후군과 유의한 관련성을 보였으며, 복부지방의 측정 위치에 관계없이 복부피하지방은 대사증후군과 관련이 없었다. 복부지방의 측정위치가 대사증후군과 복부지방의 관계에 미치는 영향은 크지 않았다. (대한임상건강증진학회지 2008;8(4):272~280)
중심단어	대사증후군, 내장지방, 복부피하지방, 측정 위치, 전산화단층촬영

서 론

대사증후군이란 중성지방증가, HDL콜레스테롤저하, 고혈압, 당대사이상 및 복부비만과 같은 관상동맥 위험인자가 함께 나타나는 증후군으로, 2형 당뇨병¹⁾과 관상동맥질환²⁾의 위험을 증가시키고, 관상동맥질환으로 인한 사망의 위험 증가시킨다.³⁾ 복부비만은 대사증후군을 구성하는 한 요인이지만, 최근 연구들은 복부 비만의 분포 즉 내장지방의 과잉 축적이 대사증후군의 발병에 중요한 역할을 하는 것으로 보고하고 있다.⁴⁾ 따라서, 비만의 평가와 치료에 있어서 내장지방을 효과적으로 평가하는 것은 매우 중요하다.

영상기술이 발전하기 이전에는 내장지방을 피부주름이나 허리/둔부 둘레비, 허리둘레를 이용하여 간접적으로 측정하였으나, 최근에는 전산화단층촬영이나 자기공명영상을 이용하여 내장지방을 정량화하는 것이 가능해졌다. 복부 지방은 개체 내 혹은 개체 간에서도 차이를 보이기 때문에 단일 단면(single-slice)보다는 다단면(multi-slice)을 촬영해 평가하는 것이 바람직한 것으로 보고 있으나⁵⁻⁷⁾ 비용과 방사선 노출이 상대적으로 크다는 위험 때문에 현재는 요추 4~5번 단일 단면에서만 내장지방을 평가하는 경우가 대부분이다. 요추 4~5번 위치는 배꼽과 일치하는 부위로 위치 파악이 간편하며, 다른 단면보다도 지방분율이 높고 피하지방과 내장지방을 잘 구별할 수 있다고 알려져 내장지방의 측정 위치로 많이 사용되어 왔다.⁸⁾ 그러나, 요추 4~5번에서 측정한 내장지방이 총내장지방량이나 대사증후군을 잘 반영하는지에 대해서는 논란의 여지가 있다. 요추 4~5번 위치보다는 요추 2~3번 위치나⁹⁾ 요추 4~5번에서 5cm 내지 10cm 떨어진 부위⁹⁾가 총내장지방

* 이 연구는 2006학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음

• 교신저자 : 최 은 영 단국대학교 의과대학 가정의학과

• 주 소 : 충남 천안시 안서동 산 16-5번지

• 전 화 : 041-550-6385

• E-mail : choiey@dku.edu

• 접수 일 : 2008년 5월 19일 • 채 택 일 : 2008년 9월 20일

량을 더 잘 반영한다는 보고가 있으며, 요추 2~3번 위치나¹⁰⁾ 요추 4~5번 상방 10cm 혹은 15cm 위치가¹¹⁾ 요추 4~5번보다 대사위험요인과 더 관련성이 높다고 보고도 있다. 이러한 연구들은 모두 서양인을 대상으로 한 연구로 같은 체중의 서양인보다 내장지방이 더 많이 축적되어 비만의 정도가 심하지 않더라도 그와 관련된 심혈관 질환이나 대사증후군의 유병률이 높은 편인 동양인에서^{12,13)} 대사증후군을 가장 잘 반영하는 복부지방의 측정 위치는 알려져 있지 않다.

따라서, 본 연구는 55명의 한국인 남성을 대상으로 요추 4~5번을 중심으로 하방 5cm, 상방 20cm까지 5cm 간격으로 피하지방과 내장지방의 면적을 측정하여 측정위치에 따른 내장지방 및 복부피하지방과 대사증후군과의 관련성을 분석하기 위해 시행하였다.

연구방법

1. 연구대상

2006년 1월부터 2006년 8월까지 천안에 위치한 단국대학교 병원을 내원하여 종합검진을 시행하고 선택항목으로 PET/CT를 촬영한 성인 남성 55명을 대상으로 선정하였다.

2. 측정 방법

키와 체중은 신발은 벗고 가벼운 복장을 입은 상태에서 측정하였다. 체중은 0.1kg, 신장은 0.1cm 단위까지 측정하고, 체질량지수는 kg/m^2 로 계산하였다. 허리둘레는 가벼운 속옷을 제외한 상의를 벗고, 벨트는 헐겁게 풀게 한 후 12번째 늑골의 하단부위와 장골 상단부위의 가운데 지점으로 지면과 수평으로 0.1cm 단위로 측정하였다. 혈중 HDL콜레스테롤, 중성지방, 혈당은 12시간 이상 금식한 상태에서 채혈한 후 측정하였다. 혈압은 수은혈압계로 5분간 안정상태에서 수축기혈압과 이완기혈압을 측정하였다.

3. 대사증후군의 정의

대사증후군의 정의는 2001년 새로 개정된 제3차 콜레스테롤관리지침¹⁴⁾과 국제당뇨병협회¹⁵⁾의 공복 혈당 기준을 따랐으며, 허리둘레는 아시아태평양 지역의 기준¹⁶⁾을 따랐다. 구체적인 기준은 아래와 같다.

- 1) 고혈압 : 수축기혈압 $\geq 130 \text{ mmHg}$ 그리고/또는 이완기혈압 $\geq 85 \text{ mmHg}$ 혹은 혈압강하제 복용자

- 2) 내당능장애 : 공복 혈당 $\geq 100 \text{ mg/dL}$
- 3) 고중성지방혈증 : $\geq 150 \text{ mg/dL}$
- 4) HDL콜레스테롤저하 : $< 40 \text{ mg/dL}$
- 5) 복부비만 : 허리둘레 $> 90 \text{ cm}$

위에서 열거한 위험요인 중 3가지 이상을 가지고 있을 때 대사증후군으로 정의하였다.

4. 복부지방의 측정

연구 참여자들이 팔을 머리 위로 벌리고 누운 상태에서 PET/CT(Gemini GXL; Philips, Cleveland, OH)로 촬영하였으며 5mm 두께로 참여자들의 몸 전체 횡단면을 스캔하여 CT 영상(140kV, 30~50mA)을 얻었다. CT 영상 중 요추 4~5번 제대 위치를 기준으로 하방 5cm, 제대위치, 상방 5cm, 상방 10cm, 상방 15cm, 상방 20cm에 위치한 단면 6개를 선택하였다(<그림 1>). 훈련된 1인의 방사선사가 Hounsfield number -150~-50에 속하는 부위를 지방조직으로 가정하는 소프트웨어(Rapidia, soft ware version 2.8, Infinitt Co., Seoul)를 이용하여 각각의 위치에서 내장지방 면적과 복부총지방면적을 측정하였다. 복부와 배부의 근육을 경계로 안쪽을 내장지방

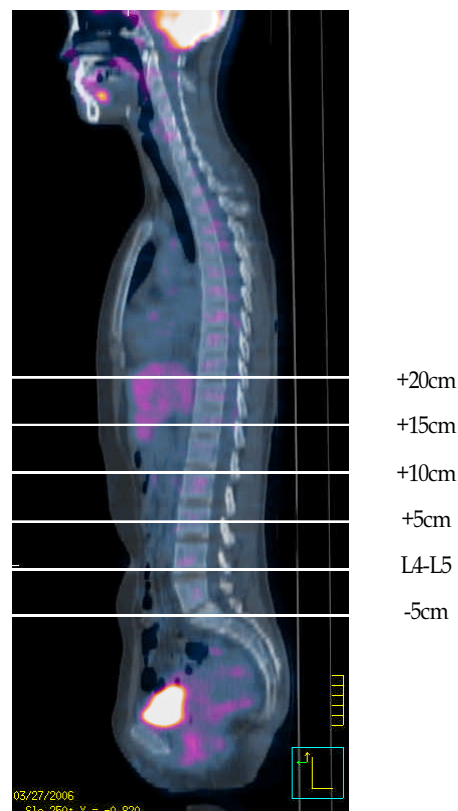


Figure 1. Sagittal image showing measurement location

조직으로, 바깥쪽을 복부피하지방조직으로 나누었으며, 복부 피하지방 면적은 총복부지방 면적에서 내장지방 면적을 차감하여 계산하였다. 본 연구는 단국대학교병원의 기관윤리심의 위원회의 심의를 통과하였다.

5. 통계

모든 측정값은 연속변수인 경우 평균과 표준편차를, 명목 변수의 경우 빈도(%)로 표시하였다. 내장지방 면적과 복부피하지방 면적의 측정 위치에 따른 차이를 비교하기 위해서 repeated measures ANOVA를 사용하였다. 내장지방 및 복부 피하지방 면적과 대사위험요인의 상관성은 연령을 보정한 상태에서 편상관계수를 구하였다. 다중로짓회귀분석을 이용하여 나이를 보정한 상태에서 복부내장지방과 복부피하지방 면적이 1 표준편차씩 증가함에 따라 대사증후군이 될 교차비를 계산하였으며, 측정 위치에 따른 교차비 값을 비교하였다. 통계적 검정은 SPSS for windows(version 10.0)을 이용하였으며, P 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

1. 대상자의 특성과 측정부위에 따른 내장지방의 분포

대상자들의 평균 나이는 48 ± 9.4 세이었으며, 평균 체질량지수는 $25.7 \pm 2.6 \text{ kg/m}^2$, 평균 허리둘레는 $86.7 \pm 7.3 \text{ cm}$ 였다. 요추 4~5번에서 내장지방 면적의 평균값은 $97.9 \pm 41.8 \text{ cm}^2$ 이었고, 복부피하지방 면적의 평균값은 $152.3 \pm 68.4 \text{ cm}^2$ 이었다. 대상자들

중 21명(38.2%)이 대사증후군에 속하였으며, 대사위험요인의 평균을 <표 1>에 제시하였다.

내장지방의 면적은 측정 위치에 따라 유의한 차이를 보였는데($P < 0.001$), 요추 4~5번 상방 5cm에서 내장지방의 면적은 $134.7 \pm 54.5 \text{ cm}^2$ 로 가장 컸으며, 이를 기점으로 상복부와 하복부로 갈수록 감소하였다. 복부피하지방의 면적도 측정 위치에 따라 유의한 차이를 보였는데($P < 0.001$), 요추 4~5번과 요추 4~5번 하방 5cm에서 각각 $155.3 \pm 53.0 \text{ cm}^2$ 와 $150.2 \pm 58.8 \text{ cm}^2$ 로 하복부에서 복부피하지방의 면적이 가장 컸으며, 상복부로 갈수록 감소하였다(<그림 2>).

Table 1. Characteristics of the subjects (n=55)

	Men	
	Mean (SD)	Range
Age (years)	48.3 (9.4)	30 - 71
Height (cm)	169.7 (5.9)	157.2 -183.3
Weight (kg)	74.3 (9.4)	51.0 - 98.0
BMI (kg/m^2)	25.7 (2.6)	17.7 - 33.0
Waist (cm)	86.7 (7.3)	64.0 -101.0
Triglyceride (mg/dl)	187.5 (150.8)	56 -941
Glucose (mg/dl)	95.6 (27.9)	68 -269
HDL cholesterol (mg/dl)	50.3 (14.5)	31 -119
Systolic blood pressure (mmHg)	127.8 (12.6)	108 -160
Diastolic blood pressure (mmHg)	77.1 (9.4)	62 -105
VAT area L4~5 (cm^2)*	97.9 (41.8)	33.7 -245.
ASAT area L4~5 (cm^2)†	152.3 (68.4)	68.4 -313.9

* VAT : Visceral Adipose Tissue,

† ASAT : Abdominal Subcutaneous Adipose Tissue

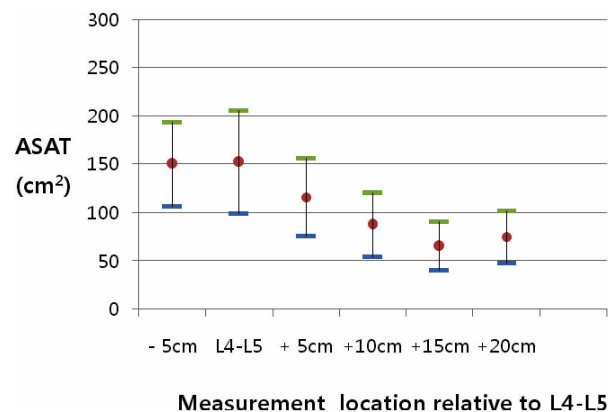
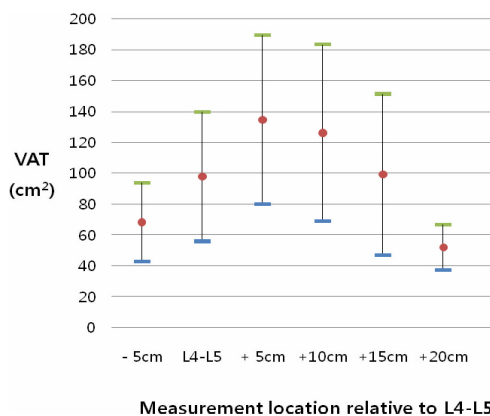


Figure 2. Means and standard deviation for VAT and ASAT areas by measurement location. VAT: visceral adipose tissue, ASAT: abdominal subcutaneous adipose tissue, '+': above L4~L5, '-': below L4~L5. Measurement location had significant effects on both VAT and ASAT. ($p < 0.001$, for both VAT and ASAT by repeated measures ANOVA model)

Table 2. Partial correlation coefficients between metabolic risk factors and each slice area of VAT & ASAT after controlling for age.

(n=55)

	-5cm	L4-L5	+5cm	+10cm	+15cm	+20cm
WC						
VAT	0.495*	0.636*	0.751*	0.719*	0.655*	0.616*
ASAT	0.707*	0.683*	0.618*	0.715*	0.719*	0.687*
TG						
VAT	0.289*	0.295*	0.339*	0.320*	0.146	0.181
ASAT	0.124	-0.002	-0.064	0.081	0.117	0.092
FBS						
VAT	-0.036	-0.087	-0.092	-0.041	-0.026	0.06
ASAT	-0.233	-0.211	-0.126	-0.145	-0.15	-0.162
HDL						
VAT	-0.234	-0.144	-0.229	-0.131	-0.053	-0.137
ASAT	-0.147	-0.009	0.059	-0.024	-0.004	-0.001
SBP						
VAT	0.159	0.222	0.402*	0.439*	0.402*	0.338*
ASAT	0.246	0.098	0.202	0.25	0.326*	0.299*
DBP						
VAT	0.099	0.193	0.309*	0.396*	0.346*	0.309*
ASAT	0.17	0.022	0.11	0.185	0.249	0.211

* <0.05, * <0.01, * <0.001

VAT : visceral adipose tissue, ASAT : abdominal subcutaneous adipose tissue, WC : waist circumference, TG : triglyceride,

FBS : fasting blood glucose, HDL : HDL cholesterol, SBP : systolic blood pressure, DBP : diastolic blood pressure,

‘+’: above L4-L5, ‘-’: below L4-L5.

2. 내장지방 면적 및 복부피하지방 면적과 대사위험요인과의 상관관계

연령을 보정한 후, 측정부위에 따른 내장지방 및 복부피하지방 면적과 대사위험요인과의 편상관계수는 <표 2>와 같다.

허리둘레와 내장지방의 편상관계수는 요추 4~5번 상방 5cm에서 각각 0.751로 가장 컸으며, 모든 위치에서 유의한 상관관계를 보였다. 중성지방과 내장지방의 편상관계수도 요추 4~5번 상방 5cm에서 0.339로 가장 컸으며, 요추 4~5번 상방 15cm와 20cm를 제외한 위치에서는 유의한 관련성을 보였다. 수축기 혈압 및 이완기 혈압과의 편상관계수는 요추 4~5번 상방 10cm에서 각각 0.439, 0.396으로 가장 컸으며, 요추 4~5번과 요추 4~5번 하방 5cm를 제외한 위치에서 유의한 상관관계를 보였다. HDL 콜레스테롤과 공복혈당은 측정 위치와 관계없이 내장지방과 유의한 관련성이 없었다.

복부피하지방과 허리둘레는 측정 위치에 관계없이 유의한 상관관계를 보였으며($P<0.001$), 요추 4~5번 상방 15cm에서 편상관계수가 0.719로 가장 컸다. 수축기 혈압은 요추 4~5번

상방 15cm와 20cm에서 복부피하지방과의 편상관계수가 각각 0.326, 0.299로 유의한 상관성을 보였으나($P<0.05$), 다른 위치에서는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 중성지방, 공복혈당, 이완기 혈압, HDL 콜레스테롤은 측정 위치에 관계없이 복부피하지방과 관련성이 없었다($P>0.05$).

3. 내장지방 및 복부피하지방 면적 증가에 따른 대사증후군의 위험

대사증후군에 대한 내장지방 및 복부피하지방 면적과의 교차비는 표 3에 제시하였다. 요추 4~5번 하방 5cm를 제외한 모든 측정 위치에서 내장지방 면적은 대사증후군과 유의한 관련성을 보였다($P<0.05$). 대사증후군에 대한 내장지방 면적과의 교차비는 요추 4~5번 상방 5cm에서 3.33(95% 신뢰구간:1.55-7.19, $P=0.002$)으로 요추 4~5번에서 2.25(95% 신뢰구간:1.12-4.56, $P=0.023$)보다 높았으나, 측정 위치 별 교차비는 2.00-3.33으로 비슷하였다. 대사증후군에 대한 복부피하지방 면적과의 교차비는 측정위치에 관계없이 통계적으로 유의하

Table 3. Multiple logistic regression analysis* for metabolic syndrome per SD of VAT & ASAT.

	β	SE	Exp (β)	95%CI	P value
-5cm					
VAT	0.69	0.36	2.00	0.99-4.04	0.05
ASAT	0.17	0.29	1.19	0.68-2.07	0.55
L4-L5					
VAT	0.81	0.36	2.25	1.12-4.56	0.02
ASAT	-0.11	0.29	0.90	0.51-1.58	0.70
+5cm					
VAT	1.20	0.39	3.33	1.55-7.19	0.00
ASAT	-0.25	0.30	0.78	0.43-1.40	0.40
+10cm					
VAT	1.14	0.40	3.13	1.42-6.88	0.01
ASAT	-0.02	0.29	0.98	0.56-1.73	0.96
+15cm					
VAT	0.82	0.35	2.27	1.15-4.49	0.02
ASAT	0.14	0.29	1.14	0.65-2.00	0.64
+20cm					
VAT	1.09	0.41	2.97	1.33-6.64	0.01
ASAT	0.11	0.28	1.11	0.64-1.94	0.70

*Adjusted for age

VAT: visceral adipose tissue, ASAT: abdominal subcutaneous adipose tissue, β : regression coefficient. SE: Standard Error, '+':above L4-L5, '-': below L4-L5.

Participants were identified as having metabolic syndrome if they had three or more of the following five risk factors; (1) systolic blood pressure ≥ 130 mmHg and/or diastolic blood pressure ≥ 85 mmHg, or the use of anti-hypertensive medication (2) fasting glucose ≥ 100 mg/dL (3) triglyceride ≥ 150 mg/dL (4) low HDL cholesterol < 40 mg/dL, and (5) waist circumference > 90 cm

지 않았다($P>0.05$).

고 찰

본 연구는 한국 남성에서 요추 4~5번 하방 5cm를 제외한 모든 측정 위치에서 내장지방은 대사증후군의 위험을 유의하게 증가시키나, 복부피하지방은 측정 위치에 관계없이 대사증후군의 위험 증가와 관련 없음을 증명하였다.

본 연구에서 수축기혈압과 이완기 혈압, 허리둘레, 중성지방은 대부분의 측정 위치에서 내장지방과 유의한 상관관계를 보였으나, 허리둘레를 제외한 나머지 대사위험요인들은 대부분의 측정위치에서 복부피하지방과 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 요추 4~5번 하방 5cm에서는 대사증후군에 대한 내장지방의 교차비가 2.0(95% 신뢰구간 0.99-4.04, $P=0.05$)으로 경계상의 통계적 유의성을 보였는데, 대상자 수가 적어 통계적 힘이 부족해서 나온 결과로 추정된다. 요추 4~5번 단일 단면에서 측정된 내장지방을 기준으로 대사위험요인과의 관련성을 조사한

과거의 연구에서도 내장지방이 HDL콜레스테롤 감소^{17,18}, 중성지방^{17,18}, 고혈압¹⁹⁻²²과 인슐린 저항성¹⁷과 관련되었음이 관찰되었으며, 복부피하지방과는 관련이 없었다. 305명의 70대 남녀 노인을 대상으로 시행한 연구에서도 내장지방은 비만 정도나 성별에 관계없이 대사증후군과 관련성을 보여 본 연구 결과와 일치하였다.²³ 체중감소나 수술을 통해 내장지방을 제거하면 인슐린 감수성^{24,25}과 HDL 콜레스테롤^{20,26}이 증가되고 중성지방²⁶과 혈압²⁶이 감소된다는 연구와 15명의 비만여성을 대상으로 지방흡입술을 시행하여 복부피하지방을 10kg 가량 감소시킨 이후에도 대사위험 요인의 개선이 없었다는 연구 결과도 본 연구를 지지하는 소견이다.²⁷

이와 같이 복부 내장 지방이 대사 위험을 증가시키는 기전으로는 대사적으로 활발한 지방이 내장지방 내에 존재하고, 내장지방에서 분비되는 물질들이 간 문맥으로 직접 방출되어 대사위험을 증가시키기 때문이라고 추정하고 있다.²⁸ 내장 지방은 tumor necrosis factor- α 나 C-reactive protein과 같은 염증성 물질^{29,30}과 adipocytokine³¹⁻³³, plasminogen activator inhibitor type 1^{34,35}, vascular endothelial growth factor³⁶와

같은 물질들을 분비하고, 이러한 물질들이 대사증후군의 발생에 관여하리라 생각한다.

서양인 남성 85명을 대상으로 흉추10번과 천골1번 사이 8개 위치에서 측정위치와 대사증후군과의 관계를 조사했던 Kuk등¹⁰⁾의 연구에서도 측정 위치에 관계없이 내장지방은 대사증후군의 위험을 유의하게 증가시키는 것으로 나타나 본 연구결과와 부합하는 소견을 보였다. 그러나, Kuk등¹⁰⁾의 연구는 대사증후군에 대한 복부피하지방의 교차비가 2.1-3.0으로 측정 위치에 관계없이 통계적으로 유의한 관련성을 보였으나, BMI 27kg/m² 이상을 참여자들만 분석하였을 때는 이러한 관련성이 사라졌으며, 모든 측정 위치에서 복부피하지방보다는 내장지방이 대사증후군과 더 밀접한 관련성을 보였다. Framingham Heart Study의 참여자 3001명을 대상으로 한 연구에서도 총내장지방 부피 뿐 아니라 총복부피하지방 부피도 대사증후군과 유의한 관련성을 보였으나³⁷⁾, 총내장지방 부피와 대사증후군의 관련성이 더 크고, 모든 대사위험 요인들이 복부피하지방부피보다는 내장지방부피와 더 강한 관련성을 보여 내장지방이 대사증후군에 미치는 영향이 더 큼을 시사하고 있다.

본 연구에서는 대사증후군에 대한 내장지방의 교차비가 요추 4~5번 상방 5cm와 10cm에서 각각 3.33과 3.13으로 요추 4~5번에서의 교차비 2.25보다 컸다. Kuk등¹⁰⁾의 연구에서도 요추1~2번 위치에서 측정된 대사증후군에 대한 내장지방의 교차비가 8.8로 요추 4~5번에서의 교차비 3.9보다 약 2배 가량 높다고 보고하고 있으며, 흑인과 동양인을 포함한 대상자들에서 내장지방의 측정위치와 대사위험요인과의 관계를 조사한 연구에서도 남성에서는 요추 4~5번 상방 10cm에서 측정된 내장지방이 요추 4~5번보다 대사위험요인과 관련성이 더 높은 것으로 나타났다.¹¹⁾ 이는 내장지방의 대사가 복부 전체에 걸쳐 균일하지 않고, 대사적으로 활발한 내장지방은 요추 1~2번과 요추 3~4번 사이에 위치한 그물막이나 장간막에 주로 존재하기 때문인 것으로 설명하고 있다.³⁸⁾ 내장지방과 대사위험요인과의 관계에 관한 연구 뿐 아니라 전체 내장지방량을 가장 잘 반영하는 복부지방의 측정위치에 관한 연구에서도 요추 4~5번보다는 요추 4~5번 상방 5~10cm(요추 2~3번 위치)가 전체 내장지방량을 가장 잘 반영하므로 기존의 요추 4~5번 위치보다는 요추 2~3번(요추 4~5번 상방 10cm~15cm) 위치가 복부 지방의 측정위치로 바람직하다는 주장들이 있다.^{7,9,39,40)} 그러나, 85명의 남성을 대상으로 한 연구에서 요추 4~5번과 요추 4~5번 상방 5cm에서 측정된 내장지방이 총내장지방량을 반영하는 정도가 비슷해 특정 측정 위치가 분석에 미치는 영향은 거의 없었으며⁴¹⁾, 총내장지방 부피나 요추 4~5번의 내장지방 면적을 사용했을 때 총사망률의 위험에는

큰 차이가 없다는 연구 결과는 이러한 주장들과 대치된다.⁴²⁾ 본 연구결과에서도 대사증후군에 대한 내장지방 측정 위치별 교차비는 2.00-3.33으로 그 차이가 크지 않았다. 이는 특정 측정 위치가 내장지방과 대사위험요인과의 관련성에 미치는 영향력은 크지 않음을 시사하는 소견이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 종합검진의 일환으로 PET/CT를 시행한 소수의 남성을 대상으로 시행하였기 때문에 결과를 일반화하기가 어렵고 여성에게는 적용할 수 없다는 점이다. 그러나 본 연구에 참여한 남성들은 대개 중산층 이상의 중년 남성들로 사회경제적 요인이 비슷하기 때문에 이러한 요인으로 인한 교란을 피할 수 있었으리라 생각한다. 둘째, 해부학적인 위치인 요추를 기준으로 복부지방을 측정하지 않았기 때문에 이를 기준으로 한 연구와의 정확한 비교가 어려웠다. 요추 2~3번 위치는 제대에서 약 10cm 떨어진 부분에 존재한다고 알려져 있으나, 대상자의 신장에 따라 달라질 수 있기 때문에 해석에는 주의가 필요할 것이다. 셋째, 남성에서 복부비만에 영향을 줄 수 있는 흡연, 음주, 운동 유무나 대사위험 요인에 영향을 줄 수 있는 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 등의 과거력 및 치료력을 고려하지 않았다. 넷째, 본 연구에 사용되었던 측정 위치는 요추 4~5번을 중심으로 5cm 간격을 두고 선택한 6개 단면에 국한되어 있어 복부 전체 단면을 분석에 포함시키지 못해 대사증후군을 가장 잘 반영하는 정확한 측정위치를 파악하기 어려웠다. 다섯째, 단면적 연구이기 때문에 시간에 따른 복부 지방의 변화가 대사증후군과 복부지방의 관계에 어떤 영향을 줄 수 있는지는 파악할 수 없었다. 따라서 복부 지방의 정량화에 가장 적합한 위치를 찾기 위해 이러한 단점을 보완한 대규모의 전향적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 한국 남성에서는 요추 4~5번 하방 5cm를 제외한 위치에서는 내장지방은 대사증후군의 위험을 유의하게 증가시켰으며, 복부피하지방은 측정 위치에 관계없이 대사증후군과 관련이 없었다. 대사증후군과의 관련성은 요추 4~5번 상방 5cm에서 가장 컸지만, 측정위치가 교차비에 미치는 영향은 크지 않았다. 대사증후군의 발생을 예방하기 위한 약물치료와 생활 습관 중재는 내장지방의 감소를 목표로 삼아야 할 것이다.

참고문헌

1. Laaksonen DE, Lakka HM, Niskanen LK, Kaplan GA, Salonen JT, Lakka TA. Metabolic syndrome and development of diabetes mellitus: application and validation of recently suggested definitions of the metabolic syndrome in a prospective cohort study. *Am J Epidemiol* 2002;156(11):1070-7.

2. Alexander CM, Landsman PB, Teutsch SM, Haffner SM. NCEP-defined metabolic syndrome, diabetes, and prevalence of coronary heart disease among NHANES III participants age 50 years and older. *Diabetes* 2003;52(5):1210-4.
3. Lakka HM, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, et al. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA* 2002;288(21):2709-16.
4. Carr DB, Utzschneider KM, Hull RL, Retzlaff BM, Brunzell JD, Shofer JB, et al. Intra-abdominal fat is a major determinant of the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria for the metabolic syndrome. *Diabetes* 2004;53(8):2087-94.
5. Ellis KJ, Grund B, Visnegarwala F, Thackeray L, Miller CG, Chesson CE, et al. Visceral and subcutaneous adiposity measurements in adults: influence of measurement site. *Obesity* 2007;15(6):1441-7.
6. Greenfield JR, Samaras K, Chisholm DJ, Campbell LV. Regional intra-subject variability in abdominal adiposity limits usefulness of computed tomography. *Obes Res* 2002;10(4):260-5.
7. Warren M, Schreiner PJ, Terry JG. The relation between visceral fat measurement and torso level—is one level better than another? The Atherosclerosis Risk in Communities Study, 1990-1992. *Am J Epidemiol* 2006;163(4):352-8.
8. Borkan GA, Gerzof SG, Robbins AH, Hults DE, Silbert CK, Silbert JE. Assessment of abdominal fat content by computed tomography. *Am J Clin Nutr* 1982;36(1):172-7.
9. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge MP, Albu J, et al. Visceral adipose tissue: relations between single-slice areas and total volume. *Am J Clin Nutr* 2004;80(2):271-8.
10. Kuk JL, Church TS, Blair SN, Ross R. Does measurement site for visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue alter associations with the metabolic syndrome? *Diabetes care* 2006;29(3):679-84.
11. Shen W, Punyanitya M, Chen J, Gallagher D, Albu J, Pi-Sunyer X, et al. Visceral adipose tissue: relationships between single slice areas at different locations and obesity-related health risks. *Int J Obes* 2007;31(5):763-9.
12. Park YW, Allison DB, Heymsfield SB, Gallagher D. Larger amounts of visceral adipose tissue in Asian Americans. *Obes Res* 2001;9(7):381-7.
13. Lear SA, Humphries KH, Kohli S, Chockalingam A, Frohlich JJ, Birmingham CL. Visceral adipose tissue accumulation differs according to ethnic background: results of the Multicultural Community Health Assessment Trial (M-CHAT). *Am J Clin Nutr* 2007;86(2):353-9.
14. Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 2001;285(19):2486-97.
15. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. The metabolic syndrome—a new worldwide definition. *Lancet* 2005;366(9491):1059-62.
16. West Pacific Region W. The Asia-Pacific perspective: refining obesity and its treatment. IOTF; 2000.
17. Ribeiro-Filho FF, Faria AN, Kohlmann NE, Zanella MT, Ferreira SR. Two-hour insulin determination improves the ability of abdominal fat measurement to identify risk for the metabolic syndrome. *Diabetes care* 2003;26(6):1725-30.
18. Pascot A, Despres JP, Lemieux I, Bergeron J, Nadeau A, Prud'homme D, et al. Contribution of visceral obesity to the deterioration of the metabolic risk profile in men with impaired glucose tolerance. *Diabetologia* 2000;43(9):1126-35.
19. Rattarasarn C, Leelawattana R, Soonthornpun S, Soonthornpun S, Setasuban W. Regional abdominal fat distribution in lean and obese Thai type 2 diabetic women: relationships with insulin sensitivity and cardiovascular risk factors. *Metabolism* 2003;52(11):1444-7.
20. Kanai H, Tokunaga K, Fujioka S, Yamashita S, Kameda-Takemura KK, Matsuzawa Y. Decrease in intra-abdominal visceral fat may reduce blood pressure in obese hypertensive women. *Hypertension* 1996;27(1):125-9.
21. Bacha F, Saad R, Gungor N, Janosky J, Arslanian SA. Obesity, regional fat distribution, and syndrome X in obese black versus white adolescents: race differential in diabetogenic and atherogenic risk factors. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88(6):2534-40.
22. Phillips GB, Jing T, Heymsfield SB. Relationships in men of sex hormones, insulin, adiposity, and risk factors for myocardial infarction. *Metabolism: clinical and experimental* 2003;52(6):784-90.
23. Goodpaster BH, Krishnaswami S, Harris TB, Katsiaras A, Kritchevsky SB, Simonsick EM, et al. Obesity, regional body fat distribution, and the metabolic syndrome in older men and women. *Arch Intern Med* 2005;165(7):777-83.
24. Gabriely I, Ma XH, Yang XM, Atzmon G, Rajala MW, Berg AH, et al. Removal of visceral fat prevents insulin resistance and glucose intolerance of aging: an adipokine-mediated process?

- Diabetes 2002;51(10):2951-8.
25. Barzilai N, She L, Liu BQ, Vuguin P, Cohen P, Wang J, et al. Surgical removal of visceral fat reverses hepatic insulin resistance. *Diabetes* 1999;48(1):94-8.
26. Brochu M, Tchernof A, Turner AN, Ades PA, Poehlman ET. Is there a threshold of visceral fat loss that improves the metabolic profile in obese postmenopausal women? *Metabolism* 2003;52(5):599-604.
27. Klein S, Fontana L, Young VL, Coggan AR, Kilo C, Patterson BW, et al. Absence of an effect of liposuction on insulin action and risk factors for coronary heart disease. *N Engl J Med* 2004;350(25):2549-57.
28. Bjorntorp P. "Portal" adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. *Arteriosclerosis* 1990;10(4):493-6.
29. Lemieux I, Pascot A, Prud'homme D, Alméras N, Bogaty P, Nadeau A, et al. Elevated C-reactive protein: another component of the atherothrombotic profile of abdominal obesity. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001;21(6):961-7.
30. Saijo Y, Kiyota N, Kawasaki Y, Miyazaki Y, Kashimura J, Fukuda M, et al. Relationship between C-reactive protein and visceral adipose tissue in healthy Japanese subjects. *Diabetes Obes Metab* 2004;6(4):249-58.
31. Yatagai T, Nagasaka S, Taniguchi A, Fukushima M, Nakamura T, Kuroe A, et al. Hypoadiponectinemia is associated with visceral fat accumulation and insulin resistance in Japanese men with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism* 2003;52(10):1274-8.
32. Azuma K, Katsukawa F, Oguchi S, Murata M, Yamazaki H, Shimada A, et al. Correlation between serum resistin level and adiposity in obese individuals. *Obes Res* 2003;11(8):997-1001.
33. Fukuhara A, Matsuda M, Nishizawa M, Segawa K, Tanaka M, Kishimoto K, et al. Visfatin: a protein secreted by visceral fat that mimics the effects of insulin. *Science* 2005;307(5708):426-30.
34. Cigolini M, Targher G, Bergamo Andreis IA, Tonoli M, Agostino G, et al. Visceral fat accumulation and its relation to plasma hemostatic factors in healthy men. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1996;16(3):368-74.
35. Mertens I, Van Gaal LF. Visceral fat as a determinant of fibrinolysis and hemostasis. *Semin Vasc Med* 2005;5(1):48-55.
36. Miyazawa-Hoshimoto S, Takahashi K, Bujo H, Hashimoto N, Saito Y. Elevated serum vascular endothelial growth factor is associated with visceral fat accumulation in human obese subjects. *Diabetologia* 2003;46(11):1483-8.
37. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Maurovich-Horvat P, Liu CY, et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study. *Circulation* 2007;116(1):39-48.
38. Abate N, Garg A, Coleman R, Grundy SM, Peshock RM. Prediction of total subcutaneous abdominal, intraperitoneal, and retroperitoneal adipose tissue masses in men by a single axial magnetic resonance imaging slice. *Am J Clin Nutr* 1997;65(2):403-8.
39. Demerath EW, Shen W, Lee M, Choh AC, Czerwinski SA, Siervogel RM, et al. Approximation of total visceral adipose tissue with a single magnetic resonance image. *Am J Clin Nutr* 2007;85(2):362-8.
40. Han TS, Kelly IE, Walsh K, Greene RM, Lean ME. Relationship between volumes and areas from single transverse scans of intra-abdominal fat measured by magnetic resonance imaging. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997;21(12):1161-6.
41. Lee S, Janssen I, Ross R. Interindividual variation in abdominal subcutaneous and visceral adipose tissue: influence of measurement site. *J Appl Physiol* 2004;97(3):948-54.
42. 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* 2006;14(2):336-41.

[Abstract]

Association between the Measurement Location of Abdominal Fat Evaluated by CT and Metabolic Syndrome among Korean Men

Eun Young Choi¹, Seok Gun Park²

Departments of ¹Family Medicine and ²Nuclear Medicine, Dankook University College of Medicine

Background	This study was conducted to evaluate the influence of measurement location on the association between metabolic syndrome and abdominal fat evaluated by CT among Korean men
Methods	The subjects consisted of 55 Korean men who underwent Positron Emission Tomography/Computed Tomography (PET/CT) as a part of general health checkup at Dankook University Hospital. VAT and ASAT were measured using CT data from PET/CT chosen at 5cm intervals between 5cm below and 20cm above L4~5 level. The odds ratio (OR) per SD increase in VAT and ASAT was calculated using multiple logistic regressions adjusted for age.
Results	The OR for metabolic syndrome with VAT was highest for 5cm above L4~L5 (OR=3.33, 95% confidence interval: 1.55-7.19, P=0.002), greater than that for L4~5 level (OR=2.25, 95% confidence interval: 1.12-4.56, P=0.023). VAT was associated with metabolic syndrome in all measurement location except for 5cm below L4~5. The differences of odds ratio according to measurement location were not great. However, ASAT was not associated with metabolic syndrome regardless of measurement location (P>0.50).
Conclusions	VAT was associated with metabolic syndrome in all measurement location except for 5cm below L4~5. ASAT was not associated with metabolic syndrome regardless of measurement location. Influence of measurement location was not great on the relationship between metabolic syndrome and abdominal fat. (Korean J Health Promot Dis Prev 2008;8(4):272-280)
Key words	metabolic syndrome, visceral adipose tissue, abdominal subcutaneous adipose tissue, measurement location, computed tomography

• Address for correspondence : Eun Young Choi
Departments of Family Medicine Dankook University
• Tel : 041-550-6385
• E-mail : choiey@dku.edu