

Correlation Analysis Between 3D Kidneys Measurements and Abdominal Obesity Level in Computed Tomography

Ji-Yeong Kim¹, Youl-Hun Seoung^{2,*}

¹Department of Health Promotion Center, Health Medical Center of Jesus Hospital

²Department of Radiological Science, Graduate School of Health Science, Cheongju University

Received: June 02, 2023. Revised: June 26, 2023. Accepted: June 30, 2023.

ABSTRACT

The purpose of this study was to predict abdominal obesity with 3-Dimensional computed tomography (3D CT) measurements of kidneys by analyzing the correlation between kidney sizes and abdominal obesity level. The subjects were 178 healthy adults without underlying diseases who had a comprehensive health examination at the Health Medical Center of Jesus Hospital in Jeonju. Abdominal obesity was measured by CT cross-sectional image at the level of the umbilicus and divided into visceral fat area, subcutaneous fat area, visceral fat/total fat ratio. The average comparison of kidney sizes classified according to abdominal obesity were performed through one-way analysis of variance (ANOVA) and Scheffe test. Pearson correlation analysis was performed to correlate all measurement values. The results of kidney size ANOVA analysis according to abdominal obesity were as follows. The means of kidney measurements according to visceral fat classification were significantly different in all kidney measurements ($p<0.05$). And in case of subcutaneous fat classification, the means of kidney measurements by 3D CT of the severe obesity group were significantly different in the right kidney width ($p<0.05$). In case of visceral fat area/total fat area ratio, the means of kidney measurements by 3D CT of the severe obesity group were significantly different in both kidneys width ($p<0.05$). Pearson correlation between kidneys measurements and CT abdominal obesity showed that visceral fat area had the highest correlation with the left kidney width measured by 3D CT ($r=0.467$) and subcutaneous fat area had correlation with the right kidney width measured by 3D CT ($r=0.249$). The visceral fat area/total fat area ratio had correlation with the left kidney width measured by 3D CT ($r=0.291$).

Keywords: Visceral Fat Area, Subcutaneous Fat Area, Abdominal Obesity, Kidney Size, Computed Tomography, 3-Dimension

I. INTRODUCTION

비만은 영양소 섭취와 에너지 소비의 불균형으로 인해 체내에 지방이 과도하게 축적된 상태로 전세계적으로 증가하고 있는 건강 및 공중보건에 관련된 문제이다^[1]. 최근 연구에 의하면 비만 관련 질병의 발병 기전은 비만 자체의 문제보다 체내 지방의 분포와 더 밀접한 관련이 있는 것으로 밝혀졌다. 체지방은 해부학적, 생리학적 기능에 따라 피하지방과 내장지방으로 나누어진다^[2,3]. 특히 내장지

방의 과도한 축적이 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증, 제 2형 당뇨병과 같은 심혈관계 질환 및 대사증후군의 발생과 관련이 많은 것으로 보고되고 있다^[4-6]. 이러한 이유로 남성이 여성에 비해, 한국인이 서구인에 비해 비만의 정도가 낮지만 피하 지방량 대비 내장 지방량의 정도가 높아 심혈관 질환 및 대사성 질환에 더 노출되어 있다^[7]. 따라서 비만 측정을 위한 복부지방 평가와 지표를 찾는 연구는 필요하다.

복부 지방을 평가하는 방법에는 체질량지수(Body Mass Index, BMI), 허리둘레(Waist Circumference, WC), 허

* Corresponding Author: Youl-Hun Seoung E-mail: radimage@cju.ac.kr Tel: +82-43-229-7993 Address: 298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, Republic of Korea

리/영덩이 둘레비, 영상의학적 검사방법 등이 있다¹⁸⁾.

BMI는 체중과 신장을 사용하여 비만도를 측정하는 가장 일반적인 비만 진단 도구이다⁹⁾. 여러 연구에 의하면 높은 BMI는 새로이 발병하는 만성 콩팥 질환에서 가장 강력한 위험 요소이며 BMI의 증가에 따라 장기의 크기가 증가하는 것으로 보고되고 있다¹¹⁾. 그러나 BMI는 키와 체중만을 반영하기 때문에 근육량이나 피하 지방량이 많은 사람도 내장 지방량이 많은 사람만큼 BMI가 높을 수 있으므로 체지방량 분포를 제대로 평가할 수 없다는 한계를 가지고 있다^{10,11)}. WC는 복부 비만을 추정하는 전통적인 방식으로 분류가 간편하고 복부 비만 지표로 유용하여 널리 사용되고 있다. 그러나 근육과 지방을 분리시키지 못하고 성별과 나이에 따라 두께가 변하는 복부 내 지방의 특성을 반영하지 못하므로 복부 비만을 정확히 평가하는데 한계가 있다.

영상의학적 검사로는 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI), 전산화단층영상(Computed Tomography, CT), 복부 초음파 검사로 복부 비만을 측정하고 평가할 수 있다^{12,13)}. CT와 MRI는 지방조직을 정량화하는 최적화된 검사 방법으로 현재까지도 비만 및 내장 지방량의 평가에는 CT가 주로 이용되고 있다^{14,15)}. 하지만 방사선의 피폭과 고비용의 문제를 가지고 있다. 복부 초음파 검사는 침습적인 방사선 검사를 대체하는 검사 방법이다. 그러나 검사자에 따라 재현성이 부족하고 국소적인 검사 부위로 인하여 정밀한 평가에 어려움이 있다. 따라서 초음파 검사 시 복부비만을 예측할 수 있는 해부학적 지표 개발이 필요하다.

비만과 내장지방 침착은 당뇨병, 고혈압, 고지혈증을 포함하는 대사 증후군의 기저질환이며 만성 콩팥 질환의 발병과도 관련이 있다^{16,17)}. 이는 비만이 진행되는 동안 포도당 항상성 장애, 고인슐린혈증, 만성 염증, 산화 스트레스 증가 등의 혈액학적 변화가 발생하여 비만 관련 질병의 발병은 물론 콩팥의 손상을 초래하기 때문이다^{18,19)}. 선행연구에 의하면 콩팥 질환의 경우 콩팥의 크기 변화는 중요한 신호이므로 임상에서 질환의 진단 및 추적관찰에 있어 중요한 지표가 된다^{20,21)}.

본 연구에서는 CT로 3차원 영상화된 콩팥 크기

를 실증적으로 측정하고 CT로 측정한 복부의 내장 지방 면적, 피하지방 면적, 비만도와 콩팥 측정치의 관계를 분석하여 콩팥 측정치가 복부 비만을 평가하는 측정법으로 사용될 수 있는지 연구하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 재료

비만과 콩팥 크기 측정에 사용된 환자 영상검사 정보는 예수병원 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 획득하여 후향적으로 실시하였다(IRB No. 2022-11-073).

연구의 표본 집단은 2021년 11월 1일부터 2022년 10월 14일까지 전주 예수병원 건강의학센터에서 종합검진을 받은 178명으로 남성 113명과 여성 65명으로 평균 연령은 54.0 ± 11.2 세이었다. 정상 형태의 콩팥 크기 측정을 위해 영상의학과 판독지 결과를 근거로 만성 간질환, 콩팥질환의 병력이 있거나 CT에서 6 cm 이상의 낭종, 다낭종성 콩팥을 가진 경우에는 제외하였다.

2. 실험 방법

2.1. 비만 지표

대상들의 신체 측정은 성별, 나이, 키, 체중, WC를 측정하였다. WC는 편안하게 선 자세에서 최하위 늑골부와 골반 장골능의 중간부위인 배꼽선에서 측정하였다. 본 연구에서는 비만 지표로 WC, 체표면적(Body Surface Area, BSA)과 BMI, 복부 비만도(Abdominal obesity), 내장지방도(Subcutaneous fat area), 피하지방도(Visceral fat area)를 이용하였다.

(1) BSA 측정법

BSA는 Mosteller, R.D.에 의해 고안된 측정법으로 본 연구에서는 대상자의 체중과 신장을 이용하여 다음과 같이 구하였다²²⁾.

$$BSA(m^2) = (Height(cm) \times Weight(kg)) / 3600^{1/2} \quad (1)$$

(2) BMI 측정법

BMI는 세계보건기구(World Health Organization, WHO) 기준에 의하면 18.5 ~ 25.0 kg/m²이면 정상 체중, 25.0 ~ 30.0 kg/m²이면 과체중, 30.0 kg/m² 이상이면 비만으로 분류된다. 본 연구에서는 대상자의 체중과 신장을 이용하여 다음과 같이 구하였다^[23].

$$BMI(kg/m^2) = Weight(kg) \div Height(m) \times Height(m) \quad (2)$$

2.2. 복부 전산화단층영상 검사

복부 지방 면적 산출을 위하여 MDCT (SOMATOM go.Top, Simens, Germany)를 사용하였고 120 ± 20 kV, 200 mA의 엑스선 조사조건으로 2 mm 이내의 복부 횡단면(transverse thickness)을 획득하였다. 복부 CT를 이용한 모든 영상은 대상자의 양와위 자세에서 조영증강 전후로 획득되었다. 조영증강 전 영상에서 Fig. 1과 같이 콩팥의 하극과 장골능이 포함되지 않는 단면 영상을 선택하여 -50 ~ -250 HU 사이의 조직을 지방 조직으로 설정하였다.

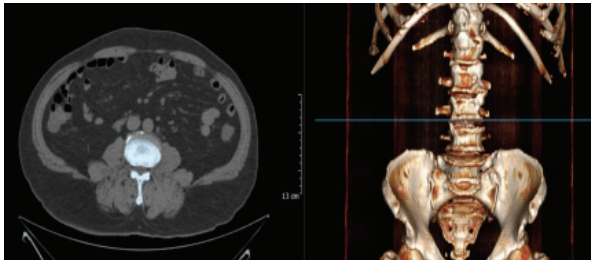


Fig. 1. Cross-sectional image at the level of the umbilicus.

본 연구에서는 복부 비만도를 내장지방 면적, 피하지방 면적, 비만도로 구분하여 측정하였다. Fig. 2와 같이 복막을 경계로 안쪽은 내장지방 면적, 바깥쪽은 피하지방 면적으로 구분하고 각각의 면적을 산출하였다^[24].

그리고 피하지방 면적을 기준으로 20,000 mm² 이하는 정상, 20,000 ~ 30,000 mm²는 정도 피하지방 비만, 30,000 mm² 이상은 중증 피하지방 비만으로 정의하였다. 또 내장지방 면적을 기준으로 10,000 mm² 이하는 정상, 10,000 ~ 20,000 mm²는 정도 내장지방 비만, 20,000 mm² 이상은 중증 내장

지방 비만으로 정의하였다^[25,26]. 비만도는 다음과 같이 계산하였으며 30% 이하면 정상, 30% ~ 49%는 정도 비만, 50% 이상은 중증 비만으로 정의하였다^[27].

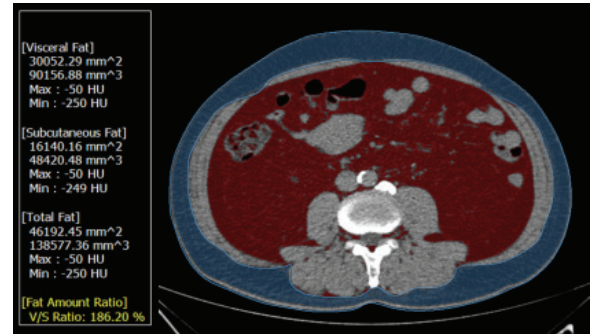


Fig. 2. Distribution of visceral fat area (red area) and subcutaneous fat area (blue area) divided by the peritoneum.

$$\text{복부비만도}(\%) = (\text{내장지방면적} / \text{전체지방면적}) \times 100 \quad (2)$$

조영증강 후 CT 영상은 영상분석 프로그램(Xelis 3D, Infinit, Korea)을 이용하여 볼륨 렌더링(Volume Rendering, VR) 기법으로 재구성하였다. 이때 콩팥의 실질과 중첩되는 간 실질의 묘출이 안되도록 HU를 최대한 높였고 그 범위는 140 ~ 340 HU, 불투명도(opacity) 1로 설정하였다.

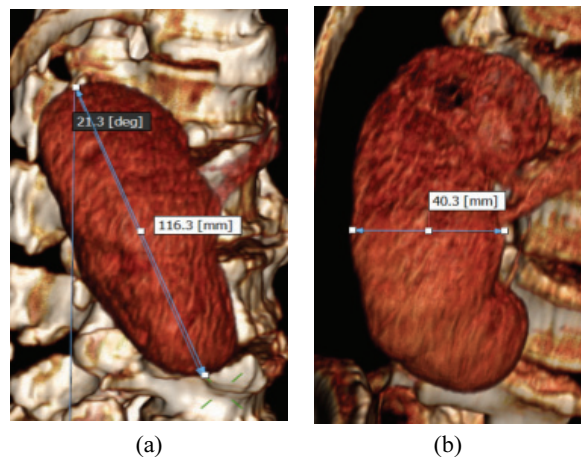


Fig. 3. (a) The maximum length from the upper to the lower pole of the kidney on the lateral side of the abdomen, (b) The maximum width perpendicularly to the maximum length of the kidney.

콩팥의 최대 길이(지름)는 Fig. 3-(a)과 같이 디지털 미터(digital meter)로 복부의 측면에서 콩팥의 상

극에서 하극까지를 측정하였다. 콩팥의 최대 너비는 복부 정면상을 Fig. 3-(b)과 같이 최대 길이 측정 시 기울어진 각도 만큼을 관찰자 뷰(View) 앞쪽으로 회전한 최대 너비를 측정하였다. 측정자의 오차를 줄이기 위해 콩팥의 길이와 너비를 각각 두 번씩 측정한 후 평균값을 구하였고 이를 콩팥의 길이와 너비로 정의하였다.

2.3. 통계적 분석

결과 분석은 통계 프로그램(SPSS 28.0.1.1 for windows, Chicago, IL USA)을 사용하였다. 대상자의 신체 측정은 기술 통계로 분석하였고, 성별 간의 평균 비교는 독립표본 t-test로 검정하였다. 내장 지방도와 피하 지방도 그리고 복부 비만도 정도에 따른 콩팥 측정치의 평균 비교는 일원배치 분산분석(One-way analysis of variance, ANOVA)을 시행한 후 Scheffe 사후 검정을 실시하였다. 콩팥 측정치와 CT 복부 비만 측정법 간의 상관관계는 Pearson 상관관계수(r)를 이용하였다. 이때 상관관계수(r)가 1에 가까울수록 높은 상관관계가 있음을 정의하였고, p 값이 0.05보다 작으면 통계적으로 유의한 차이가 있다 판별하였다.

III. RESULTS

1. 신체 측정의 결과

전 대상자의 신체 측정의 결과는 Table 1과 같다. 전 대상자의 평균 나이는 54.0 ± 11.1세이었고 성별 분류에 따른 남성과 여성의 평균 나이는 각각 53.7 ± 10.7세, 54.3 ± 12.0세이었다.

Table 1. Results of body measurements in subjects

	Mean ± SD			P
	Total (N=178)	Male (n=113)	Female (n=65)	
Age (year)	54.0 ± 11.2	53.7 ± 10.7	54.3 ± 12.0	0.725
Height (cm)	166.1 ± 8.7	170.5 ± 6.9	158.4 ± 5.8	<.001
Weight (kg)	68.7 ± 13.4	74.3 ± 12.4	58.9 ± 8.3	<.001
BSA (m ²)	1.8 ± 0.2	1.9 ± 0.2	1.6 ± 0.1	<.001
BMI (kg/m ²)	24.7 ± 3.3	25.5 ± 3.1	24.0 ± 3.3	<.001
WC (cm)	80.1 ± 9.5	83.9 ± 8.3	73.4 ± 7.7	<.001

전 대상자의 평균 키는 166.1 ± 8.7 cm이었고 남성과 여성의 평균 키는 각각 170.5 ± 6.9 cm, 158.4 ± 5.8 cm이었다. 전 대상자의 평균 체중은 68.7 ± 13.4 kg이었고 남성과 여성의 평균 체중은 각각 74.3 ± 12.4 kg, 58.9 ± 8.3 kg이었다. 전 대상자의 평균 BMI는 24.7 ± 3.3 kg/m²이었으며 남성과 여성의 평균 BMI는 각각 25.5 ± 3.1 kg/m², 23.5 ± 3.3 kg/m²이었다. 전 대상자의 평균 WC는 80.1 ± 9.5 cm이었으며 남성과 여성의 평균 WC는 각각 83.9 ± 8.3 cm, 73.4 ± 7.7 cm이었다. 표본대상들은 평균 54세의 남성과 여성 사이에서 모든 지표들이 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

2. 콩팥 측정치 별 내장 지방도에 따른 평균 비교

전 대상자를 내장 지방도에 따라 정상군, 경도 비만군, 중증 비만군으로 분류한 후 콩팥 크기의 평균을 ANOVA로 비교한 후 Scheffe로 사후 검정한 결과는 Table 2와 같다. 3D CT로 측정한 우측 콩팥 길이에서 중증 비만군과 정상군, 경도 비만군과 정상군 사이에 유의한 차이가 있었으며 중증 비만군과 경도 비만군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 우측 콩팥 너비에서 중증 비만군, 경도 비만군, 정상군 사이에 유의한 차이가 있었다.

Table 2. The average comparison of kidney measurements by 3D rendering with visceral fat area classification in transverse scan CT

Kidney	Visceral fat	N	Mean (cm)	SD (cm)	F	P	scheffe
Right length	Normal (a)	60	10.4	0.7	7.212	<.001	c,b > a
	Mild (b)	93	10.7	0.7			
	Severe (c)	25	11.0	0.9			
Right width	Normal (a)	60	4.6	0.4	13.65	<.001	c > b > a
	Mild (b)	93	4.8	0.5			
	Severe (c)	25	5.1	0.5			
Left length	Normal (a)	60	10.7	0.7	6.105	0.003	c > b,a
	Mild (b)	93	10.9	0.8			
	Severe (c)	25	11.4	0.9			
Left width	Normal (a)	60	4.8	0.4	17.408	<.001	c > b > a
	Mild (b)	93	5.2	0.5			
	Severe (c)	25	5.4	0.5			

3D CT로 측정한 좌측 콩팥 길이에서 중증 비만군과 경도 비만군, 중증 비만군과 정상군 사이에 유의한 차이가 있었으며 경도 비만군과 정상군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 좌측 콩팥 너비에서 중증 비만군, 경도 비만군, 정상군 사이에 유의한 차이가 있었다. 따라서 내장 지방도에 따라 집단을 분류한 경우 모든 측정치가 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

3. 콩팥 측정치 별 피하 지방도에 따른 평균 비교

전 대상자를 피하 지방도에 따라 정상, 경도 비만군, 중증 비만군으로 분류한 후 콩팥 크기의 평균을 ANOVA로 비교 및 Scheffe로 사후 검정한 결과는 Table 3과 같다. 3D CT로 측정한 우측 콩팥 길이는 중증 비만군, 경도 비만군, 정상군 사이에 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 우측 콩팥 너비는 중증 비만군과 경도 비만군, 중증 비만군과 정상군 사이에 유의한 차이가 있었으며 경도 비만군과 정상군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 좌측 콩팥 길이는 중증 비만군, 경도 비만군, 정상군 사이에 유의한 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 좌측 콩팥 너비는 중증 비만군, 경도 비만군, 정상군 사이에 유의한 차이가 없었다. 따라서 피하 지방도에 따라 집단을 분류할 경우 3D CT로 측정한 우측 콩팥 너비에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

Table 3. The average comparison of kidney measurements by 3D rendering with subcutaneous fat area classification in transverse scan CT

Kidney	Visceral fat	N	Mean (cm)	SD (cm)	F	P	scheffe
Right length	Normal (a)	133	10.7	0.8	1.886	0.155	-
	Mild (b)	40	10.5	0.7			
	Severe (c)	5	11.2	1.2			
Right width	Normal (a)	133	4.7	0.5	6.077	0.003	c > b, a
	Mild (b)	40	4.8	0.5			
	Severe (c)	5	5.5	0.5			
Left length	Normal (a)	133	11.0	0.8	3.341	0.038	-
	Mild (b)	40	10.7	0.8			
	Severe (c)	5	11.6	0.8			
Left width	Normal (a)	133	5.1	0.5	2.078	0.128	-
	Mild (b)	40	5.1	0.5			
	Severe (c)	5	5.5	0.5			

4. 콩팥 측정치 별 비만도에 따른 평균 비교

전 대상자를 비만도에 따라 정상군, 경도 비만군, 중증 비만군으로 분류한 후 콩팥 크기의 평균을 ANOVA로 비교 및 Scheffe로 사후 검정한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. The average comparison of kidney measurements by 3D rendering with abdominal obesity visceral

Kidney	Visceral fat	N	Mean (cm)	SD (cm)	F	P	scheffe
Right length	Normal (a)	27	10.4	0.6	1.800	0.168	-
	Mild (b)	88	10.6	0.8			
	Severe (c)	63	10.7	0.8			
Right width	Normal (a)	27	4.7	0.5	3.869	0.023	c > b
	Mild (b)	88	4.7	0.5			
	Severe (c)	63	4.9	0.5			
Left length	Normal (a)	27	10.6	0.7	2.413	0.093	-
	Mild (b)	88	10.9	0.9			
	Severe (c)	63	11.0	0.7			
Left width	Normal (a)	27	4.9	0.4	9.068	<.001	c > b,a
	Mild (b)	88	5.0	0.5			
	Severe (c)	63	5.3	0.4			

3D CT로 측정한 우측 콩팥 길이는 중증 비만군, 경도 비만군, 정상군 사이에 유의한 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 우측 콩팥 너비는 중증 비만군과 경도 비만군 사이에 유의한 차이가 있었으며 중증 비만군과 정상군, 경도 비만군과 정상군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 좌측 콩팥의 길이는 중증 비만군, 경도 비만군, 정상군 사이에 유의한 차이가 없었다. 3D CT로 측정한 좌측 콩팥 너비는 중증 비만군과 경도 비만군 사이, 중증 비만군과 정상군 사이에 유의한 차이가 있었으며 경도 비만군과 정상군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 복부 비만도에 따라 3D CT로 측정한 좌우 측 콩팥 너비에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

5. 콩팥 측정치와 CT 복부 비만도 간의 상관관계 분석

콩팥 측정치와 CT 복부 비만도 간의 Pearson 상관분석은 Table 5와 같다. 내장지방 면적과 3D CT로 측정한 우측 콩팥 길이와 너비의 상관계수는

0.276, 0.427, 좌측 콩팥 길이와 너비의 상관계수는 0.285, 0.467로 모두 통계적으로 유의하게 양의 상관관계를 보였다. 또한 피하지방 면적과 3D CT로 계측한 우측 콩팥 길이와 너비의 상관계수는 0.047, 0.249, 좌측 콩팥 길이와 너비의 상관계수는 0.055, 0.154를 보였다. 비만도와 3D CT로 계측한 우측 콩팥 길이와 너비의 상관계수는 0.200, 0.172, 좌측 콩

팥 길이와 너비의 상관계수는 0.211, 0.291로 모두 통계적으로 유의하게 양의 상관관계를 보였다. 결론적으로 콩팥 계측치와 CT 복부 비만도에서는 내장지방 면적, 비만도와 유의한 상관관계가 있었고 피하지방 면적과는 일부 계측치만 상관관계가 있었다. 특히 피하지방 면적이 3D CT 우측 콩팥 너비와 상대적으로 높은 상관관계를 보였다.

Table 5. Analysis of correlation between kidney measurements and CT abdominal obesity

	Age	Height	Weight	BSA	BMI	WC	Right length	Right width	Left length	Left width	VF area	SF area	V/T ratio
Age	1												
Height	-.374**	1											
Weight	-.268**	.737**	1										
BSA	-.300**	.825**	.981**	1									
BMI	-.066	.262**	.840**	.747**	1								
WC	.026	.495**	.886**	.831**	.877**	1							
Right length	-.228**	.618**	.520**	.560**	.267**	.423**	1						
Right width	-.061	.367**	.519**	.487**	.453**	.523**	.447**	1					
Left length	-.162*	.541**	.481**	.513**	.265**	.406**	.807**	.388**	1				
Left width	-.021	.385**	.498**	.484**	.421**	.521**	.451**	.748**	.412**	1			
VF area	.109	.313**	.704**	.630**	.761**	.854**	.276**	.427**	.285**	.467**	1		
SF area	-.199**	.081	.544**	.455**	.679**	.516**	.047	.249**	.055	.154*	.392**	1	
V/T ratio	.291**	.240**	.274**	.275**	.222**	.438**	.200**	.172*	.211**	.291**	.630**	-.377**	1

VF area : Visceral fat area, SF area : Subcutaneous fat area, V/T ratio : Abdominal obesity
 ** p<0.01, * p<0.05

IV. DISCUSSIONS

본 연구에서는 3D CT로 재구성된 콩팥 크기를 계측하고, 콩팥 계측치와 복부의 내장지방 면적, 피하지방 면적, 비만도의 상관관계를 분석하고자 하였다.

임상에서는 복부 비만도와 강한 상관관계를 가지는 비만지표로 BMI와 WC를 사용하고 있다^[28]. 최근에는 여기에서 발전된 허리-신장비(WHtR)를 비만 예측지표로 사용하기도 한다^[29,30]. Pantoja 등은 204명의 어린이를 대상으로 콩팥 및 기타 장기 길이와 체중의 상관관계를 연구하였고 비만 어린이의 콩팥 크기가 정상 체중을 가진 어린이보다 더

크다고 보고했다^[31].

나아가 이 연구는 비만 아동의 콩팥 길이의 정상 한계를 결정하고 이들을 위한 노모그램을 개발하였다. 또한 Grant 등은 750명의 콩팥, 췌장 및 간의 부피를 CT로 계측하였고 비만지수인 BMI가 5 kg/m² 증가할 때마다 콩팥, 간 및 췌장의 부피가 11% (95% CI: 10%~12%), 13% (95% CI: 12%~14%), 8% (95% CI: 7%~9%) 증가한다는 것을 발견했다. BMI가 30 kg/m² 이상으로 비만으로 분류되는 경우 콩팥, 간 및 췌장이 평균적으로 55% (95% CI: 46%~66%), 68% (95% CI: 59%~76%), 39% (95% CI: 29%~49%) 더 크다는 결과를 도출했다^[1]. 이는 어린이에서 뿐만 아니라 성인에게서도 비만지수가

증가할수록 콩팥의 크기가 증가함을 알 수 있는 선행연구이다. Lee 등에 의하면 좌우 측 콩팥 위치에 따라 길이와 너비가 달라지는 이유는 우측에는 간 이 있고 좌측에는 비장이 위치하여 비교적 좌측 콩팥이 성장할 수 있는 공간이 많기 때문이며, 좌측 콩팥 동맥이 짧고 혈류 공급을 우측 신장에 비하여 많이 받아 0.16 ± 0.48 cm의 차이로 좌측 콩팥이 크다고 하였다^[21].

본 연구에서도 CT로 측정한 좌측 콩팥의 길이와 너비가 우측 콩팥 길이와 너비보다 크게 측정되었다. 콩팥 측정치에 따라 피하지방은 일부 유의한 차이를 가지지 못하였는데, 이는 대상자의 평균나이가 54.3 ± 12.0 세로 연령에 따라 감소하는 피하지방의 특성과 폐경기 이후 증가하는 내장지방의 특성이 표본 수에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다^[32].

Yoon 등에 의하면 주로 비만을 원인으로 콩팥굴 내 지방이 과다 축적할 수 있다고 보고하였으며^[33] Moritz 등은 콩팥굴 내 지방 면적이 고혈압과 관련이 있는지 여부를 연구하였고 결과적으로 콩팥굴 내 지방 면적의 축적이 비만에서 고혈압의 발병기전에 관여하며 비만 수술 후 콩팥굴 내 지방 면적의 감소가 고혈압의 감소와 관련이 있었음을 밝혔다^[34]. 이는 비만으로 인한 콩팥굴 내 지방의 축적이 피질의 전외벽에서 후외벽까지 측정하는 콩팥 너비의 증가에 기여함으로써 콩팥 측정치와 복부 비만도의 상관관계 분석에서 모두 길이에 비해 너비와 더 강한 상관관계를 가지는데 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 복부 비만 평가법마다 정상군과 비정상군의 표본 수가 균등하게 확보되지 못했으며 충분한 표본 수의 부족으로 결과를 일반화하지 못한다는 점이다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 내장 지방도 간에 따른 콩팥 측정치의 평균은 모든 콩팥 측정치에서 유의한 차이가 있었다.

둘째, 피하 지방도 간에 따른 콩팥 측정치의 평균은 3D CT 우측 콩팥 너비 측정 시 중증 비만군

에서 유의한 차이를 보였다.

셋째, 복부 비만도 간에 따른 콩팥 측정치의 평균은 3D CT 우측 콩팥 너비, 좌측 콩팥 너비 측정 시 중증 비만군에서 유의한 차이를 보였다.

넷째, 내장 지방도는 WC와 가장 높은 상관관계를 보였고, 좌측 콩팥 너비와 가장 높은 상관관계를 보였다.

다섯째, 피하 지방도는 BMI와 가장 높은 상관관계를 보였고, 우측 콩팥 너비와 가장 높은 상관관계를 보였다.

여섯째, 복부 비만도는 WC와 가장 높은 상관관계를 보였고, 좌측 콩팥 너비와 가장 높은 상관관계를 보였다.

마지막으로 본 연구는 CT를 이용하여 콩팥을 3차원적으로 측정한 점과 동일인의 복부 비만도를 상관관계 분석하여 콩팥의 크기로 복부 비만도를 예측할 수 있는 가능성을 제시했다는 점에서 의미가 있겠다.

Reference

- [1] H. Grant, Y. Zhang, L. Li, Y. Wang, S. Kawamoto, S. Péniisson, D. F. Fouladi, S. Shayesteh, A. Blanco, S. Ghandili, E. Zinreich, J. S. Graves, S. Park, S. Kern, J. Hooper, A. L. Yuille, E. K. Fishman, L. Chu, C. Tomasetti, "Larger organ size caused by obesity is a mechanism for higher cancer risk", *BioRxiv*, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.07.27.223529>
- [2] N. Huang, E. W. Mao, N. N. Hou, Y. P. Liu, F. Han, X. D. Sun, "Novel insight into perirenal adipose tissue: A neglected adipose depot linking cardiovascular and chronic kidney disease", *World journal of diabetes*, Vol. 11, No. 4, pp. 115-125, 2020. <https://doi.org/10.4239/wjd.v11.i4.115>
- [3] G. Favre, C. G. Chapon, C. Raffaelli, F. F. Chalmin, A. Iannelli, V. Esnault, "Perirenal fat thickness measured with computed tomography is a reliable estimate of perirenal fat mass", *PLoS One*, Vol. 12, No. 4, pp. e0175561, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175561>
- [4] Y. K. Kim, M. S. Han, "The Usefulness of Visceral

- Fat Thickness Measured by Ultrasonography as an Abdominal Obesity Index", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 31, No. 3, pp. 249-258, 2008.
- [5] E. D. Jung, D. S. Chung, J. H. Lee, "The Correlation Between Visceral Fat Distance Measured by Ultrasonography and Visceral Fat Amount by Computed Tomography in Type 2 Diabetes", *Diabetes and Metabolism Journal*, Vol. 32, No. 5, pp. 418-427, 2008. <https://doi.org/10.4093/kdj.2008.32.5.418>
- [6] J. H. Kim, J. H. Moon, H. J. Kim, M. H. Kong, "Relation between visceral & subcutaneous abdominal fat area and insulin sensitivity indices", *Journal of Medicine and Life Science*, Vol. 11, No. 2, pp. 173-177, 2014.
- [7] [7] K. Y. Kwon, J. H. Han, "Cinical Significance of Visceral Adipose Tissue", *Korean Journal of Family Medicine*, Vol. 28, No. 10, pp. 739-747, 2007.
- [8] S. K. Kim, S. H. Kim, Y. M. Lee, S. H. Choi, Y. L. Cho, C. W. Ahn, B. S. Cha, S. K. Lim, K. R. Kim, H. C. Lee, K. B. Huh, "The comparison of intra-abdominal fat distance (I-A Fat Distance) and visceral adipose tissue area (VAT) or visceral fat to skeletal muscle area ratio (VMR) measured by computed tomography (CT)", *The Korean Journal of Medicine*, Vol. 65, No. 1, pp. 49-57, 2003.
- [9] A. Shuster, M. Patlas, J. H. Pinthus, M. Mourtzakis, "The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis", *The British Journal of Radiology*, Vol. 85, No. 1009, pp. 1-10, 2012. <https://doi.org/10.1259/bjr/38447238>
- [10] G. Geraci, M. M. Zammuto, A. Mattina, L. Zanolì, C. Geraci, A. Granata, E. Nardi, P. M. Fatuzzo, S. Cottone, G. Mulè, "Para-perirenal distribution of body fat is associated with reduced glomerular filtration rate regardless of other indices of adiposity in hypertensive patients", *Journal of clinical hypertension*, Vol. 20, No. 10, pp. 1438-1446, 2018. <https://doi.org/10.1111/jch.13366>
- [11] C. P. Kovesdy, S. L. Furth, C. Zoccali, World Kidney Day Steering Committee, "Obesity and kidney disease: hidden consequences of the epidemic", *Journal of nephrology*, Vol. 30, No. 1 pp. 1-10, 2017. <https://doi.org/10.1556/2060.104.2017.1.9>
- [12] S. Kawasaki, K. Aoki, O. Hasegawa, K. Numata, K. Tanaka, N. Shibata, S. Shimada, A. Okamura, Y. Terauchi, "Sonographic Evaluation of Visceral Fat by Measuring Para- and Perirenal Fat", *Journal of Clinical Ultrasound*, Vol. 36, No. 3, pp. 129-133, 2008. <https://doi.org/10.1002/jcu.20426>
- [13] T. Yoshizumi, T. Nakamura, M. Yamane, A. H. Islam, M. Menju, K. Yamasaki, T. Arai, K. Kotani, T. Funahashi, S. Yamashita, Y. Matsuzawa, "Abdominal fat: standardized technique for measurement at CT", *Radiology*, Vol. 211, No. 1, pp. 283-286, 1999. <https://doi.org/10.1148/radiology.211.1.r99ap15283>
- [14] E. H. Kim, H. K. Kim, M. J. Lee, S. J. Bae, J. Choe, C. H. Jung, C. H. Kim, J. Y. Park, W. J. Lee, "Sex Differences of Visceral Fat Area and Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio for the Risk of Incident Type 2 Diabetes Mellitus", *Diabetes & metabolism journal*, Vol. 46, No. 3, pp. 486-498, 2022. <https://doi.org/10.4093/dmj.2021.0095>
- [15] X. Sun, F. Han, W. Miao, N. Hou, Z. Cao, G. Zhang, "Sonographic evaluation of para- and perirenal fat thickness is an independent predictor of early kidney damage in obese patients", *International urology and nephrology*, Vol. 45, No. 6 pp. 1589-95, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11255-013-0404-4>
- [16] C. Y. Hung, C. W. Chang, C. J. Chen, C. W. Chang, H. Y. Cheng, M. J. Chen, "Sonographic Measurement of Visceral Fat and Prediction of Metabolic Syndrome in the Elderly", *International Journal of Gerontology*, Vol. 12, No. 4, pp. 331-335, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijge.2018.05.003>
- [17] L. D'Marco, J. Salazar, M. Cortez, M. Salazar, M. Wetzel, M. L. Martinez, E. Rojas, W. Roque, V. Bermúdez, "Perirenal fat thickness is associated with metabolic risk factors in patients with chronic kidney disease", *Kidney research and clinical practice*, Vol. 38, No. 3, pp. 365-372, 2019. <https://doi.org/10.23876/j.krcp.18.0155>
- [18] Y. Fang, Y. Xu, Y. Yang, C. Liu, D. Zhao, J. Ke, "The Relationship between Perirenal Fat Thickness

- and Reduced Glomerular Filtration Rate in Patients with Type 2 Diabetes", *Journal of diabetes research*, Vol. 2020, pp. 6076145, 2020.
<https://doi.org/10.1155/2020/6076145>
- [19] R. Kawamoto, K. Kohara, Y. Tabara, T Miki, N. Ohtsuka, T. Kusunoki, N. Yorimitsu, "An association between body mass index and estimated glomerular filtration rate", *Hypertension research: official journal of the Japanese Society of Hypertension*, Vol. 31, No. 8, pp. 1559-64, 2008.
<https://doi.org/10.1291/hyres.31.1559>
- [20] G. Parmaksız, S. D. Kekeç, N. D. Cengiz, A. Noyan, "The relationship between body mass index and renal length in obese children", *Pediatric nephrology*, Vol. 3, No. 5, pp. 901-905, 2020.
<https://doi.org/10.1007/s00467-019-04464-8>
- [21] B. H. Lee, H. J. Ahn, W. H. Kang, G. H. Seo, B. Kim, S. G. Lee, D. J. OH, W. S. Huh, Y. G. Kim, D. J. Kim, S. H. Choi, B. H. Kim, S. H. Hwang, H. Y. Oh, "Estimation of Kidney Size by Ultrasonography in Normal Korean Adults. *Kidney Research and Clinical Practice*", *Korean Journal of Nephrology*, Vol. 18, No. 1, pp. 46-51, 1999.
- [22] H. S. Shin, B. H. Chung, S. E. Lee, W. J. Kim, H. I. Ha, C. W. Yang, "Measurement of Kidney Volume with Multi-Detector Computed Tomography Scanning in Young Korean", *Yonsei Medical Journal*, Vol. 50, No. 2, pp. 262-265, 2009.
<https://doi.org/10.3349/ymj.2009.50.2.262>
- [23] C. B. Weir, A. Jan, *BMI Classification Percentile And Cut Off Points [Internet]*, StatPearls Publishing, Treasure Island(FL), pp. 1-2, 2022.
- [24] J. D. Yeo, B. K. Jeon, "Analysis of CT, MRI, DITI for the Diagnosis of Abdominal Obesity and Clinical Usefulness", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 11, No. 6, pp. 252-9, 2011. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2011.11.6.252>
- [25] J. P. Després, B. Lamarche, "Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease", *Nutrition research reviews*, Vol. 6, No. 1, pp. 137-159, 1993.
<https://doi.org/10.1079/NRR19930010>
- [26] H. S. Park, S. Y. Lim, "Visceral Fat Accumulation to Sex & Age, and in Relation to Cardiovascular Risk Factors in Korean Obese Men & Women", *Journal of Korean Society for the Study of Obesity*, Vol. 7, No. 4, pp. 342-354, 1998.
- [27] Y. H. Seoung, "Obesity Estimation of Abdominal Fat by Using Computed Tomography : Influence of Breathing Motion on The Fat Measurement", *Journal of Biomedical Engineering Research*, Vol. 33, No. 1, pp. 8-14, 2012.
<https://doi.org/10.9718/JBER.2012.33.1.008>
- [28] S. H. KI, S. A. Ye, Y. K. Song, "The Study on Correlation between Abdominal Fat Area and Obesity Index, Metabolic Syndrome Components in Obese Adult Women", *Journal of Korean Medicine Rehabilitation*, Vol. 26, No. 1, pp. 103-111, 2016.
<https://doi.org/10.18325/jkmr.2016.26.1.103>
- [29] E. G. Yoo, "Waist-to-height ratio as a screening tool for obesity and cardiometabolic risk", *Korean journal of pediatrics*, Vol. 59, No. 11, pp. 425-431, 2016. <https://doi.org/10.3345/kjp.2016.59.11.425>
- [30] J. M. Kim, M. K. Back, S. H. Ju, M. Y. Shin, M. J. Kim, Y. H. Park, K. I. Park, K. H. Joung, H. J. Kim, B. J. Ku, "Validation of Waist-to-Height Ratio for Predicting Metabolic Syndrome in Patients with Prediabetes", *Korean Journal of Obesity*, Vol. 24, No. 1, pp. 36-43, 2015.
<https://doi.org/10.7570/kjo.2015.24.1.36>
- [31] J. R. Pantoja Zuzuárregui, R. Mallios, J. Murphy, "The effect of obesity on kidney length in a healthy pediatric population", *Pediatric nephrology*, Vol. 24, No. 10, pp. 2023-2027, 2009.
<https://doi.org/10.1007/s00467-009-1202-1>
- [32] S. K. Kim, H. J. Kim, K. Y. Hur, S. H. Choi, C. W. Ahn, S. K. Lim, K. R. Kim, H. C. Lee, K. B. Huh, B. S. Cha, "Visceral fat thickness measured by ultrasonography can estimate not only visceral obesity but also risks of cardiovascular and metabolic diseases", *The American journal of clinical nutrition*, Vol. 79, No. 4, pp. 593-599, 2004. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.4.593>
- [33] Y. D. Yoon, J. Y. Byun, W. H. Jee, T. G. Hwang, S. H. Kim, M. J. Kim, S. H. Park, K. S. Shim, "Imaging Diagnosis in Various Renal Sinus Lesion", *Journal of the Korean Radiological Society*, Vol. 37, No. 3, pp. 509-514, 1997.
<https://doi.org/10.3348/jkrs.1997.37.3.509>

- [34] E. Moritz, P. Dadson, E. Saukko, M. J. Honka, K. Koskensalo, K. Seppälä, L. Pekkarinen, D. Moriconi, M. Helmiö, P. Salminen, P. Nuutila, E. Rebelos, "Renal Sinus Fat Is Expanded in Patients with Obesity and/or Hypertension and Reduced by Bariatric Surgery Associated with Hypertension Remission", *Metabolites*, Vol. 12, No. 7, pp. 617, 2022. <https://doi.org/10.3390/metabo12070617>

전산화단층영상에서 콩팥 3차원 영상 계측치와 복부 비만도 간의 상관관계 분석

김지영¹, 성열훈^{2,*}

¹전주 예수병원 건강의학센터

²청주대학교 보건의료대학원 방사선학과

요 약

본 연구는 복부 비만도에 따라 콩팥 크기의 상관관계를 분석하여 3차원 전산화단층영상(3-Dimensional Computed Tomography, 3D CT)의 콩팥 크기 계측으로 복부 비만도를 예측하고자 하였다. 대상자는 전주 예수병원 건강의학센터에서 종합검진을 받은 자로 기저질환이 없는 건강한 성인 178명으로 하였다. 복부 비만도는 CT의 배꼽 주변의 횡단면에서 내장지방 면적, 피하지방 면적, 비만도로 구분하여 측정하였다. 복부 비만도 간에 따라 분류한 콩팥 크기의 평균 비교는 일원배치 분산분석(One-way analysis of variance, ANOVA) 및 Scheffe 사후 검정을 통해 시행하였다. 모든 계측 값의 상관관계는 Pearson 상관분석 하였다. 그 결과 복부 비만도에 따른 콩팥 크기 ANOVA 분석 결과는 다음과 같다. 내장 지방도 간에 따른 콩팥 계측치의 평균은 모든 콩팥 계측치에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 피하 지방도 간에 따른 콩팥 계측치의 평균은 3D CT 우측 콩팥 너비 계측 시 중증 비만군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 비만도 간에 따른 콩팥 계측치의 평균은 3D CT 우측 콩팥 너비와 좌측 콩팥 너비 계측 시 중증 비만군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 콩팥 계측치와 CT 복부 비만도 간의 Pearson 상관분석 결과 내장지방 면적은 3D CT 좌측 콩팥 너비와 상대적으로 높은 양의 상관관계($r=0.467$)를 보였으며 피하지방 면적은 3D CT 우측 콩팥 너비와 양의 상관관계($r=0.249$)를 보였다. 비만도에서는 3D CT 좌측 콩팥 너비와 양의 상관관계($r=0.291$)를 보였다.

중심단어: 내장지방, 피하지방, 복부 비만도, 콩팥 크기, 전산화단층영상, 3차원영상

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김지영	전주 예수병원 건강의학센터	방사선사
(교신저자)	성열훈	청주대학교 보건의료대학원 방사선학과	교수