

Assessment of clinical measures of total and regional body composition from a commercial 3-dimensional optical body scanner

전신과 지역별 둘레, 부피, 구성요소들의 정확한 측정은 신체활동, 식단조절 및 전체적인 질환판정에 매우 큰 역할을 차지한다. 본 연구는 기준이 될 측정값들과 3-dimensional optical(3DO) imaging system을 이용하여 측정한 값을 비교해 본다.

Introduction

비만은 심혈관 질환과 약 13종의 암들과 큰 관련이 있다. 그만큼 정확한 신체 요소들의 파악은 신체의 영양상태와 기능에 대한 많은 정보를 제공해줄 수 있다. 이전의 연구에서 지역별 신체 구성요소 파악이 전신에 대한 정보보다 더 건강진단에 정확도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 현재 대부분의 지역별 구성요소 정보는 dual energy X-ray absorptiometry(DXA), Bioelectrical impedance, 직접 측정의 방법 등으로 수집하지만 3가지 모두 검사의 난이도가 높거나 접근성이 매우 낮은 문제점이 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 접근성이 높고, 신체와 직접 접촉이 일어나지 않는 3DO imaging system을 이용한 신체구성요소의 추정을 본 연구에서 검증해 보았다. 다양한 성인남성의 3DO imaging system의 측정값과 DXA, 직접 측정한 측정값들을 비교하였다.

Methods

본 연구에 쓰인 자료들은 Shape Up! 연구의 과정에 모집된 사람들이며 2016년 10월부터 2020년 1월까지 각 나이(18-40,40-60,>60), 성별, 인종, BMI 수치별로 계층적으로 모집된 신체에 이상이 없는 사람들의 측정값이다.

Anthropometric measurement(직접측정)

US National Health and Nutrition Examination Survey(NHANES)의 기준에 따라 몸무게와 키는 두 번씩, 허리와 엉덩이둘레는 세 번씩 측정하여 평균값을 사용하였다.(오차범위 0.1cm)

Three dimensional optical(3DO) scans

Styku S100 제품 사용하여 form-fitting(딱 붙는) 의상과 수영모를 쓰고 측정하였다.

측정은 Microsoft Kinect V2 카메라가 돌아가며 빛을 쏘 촬영하였다.

키와 몸무게는 별도 측정 후 기기에 입력되었고 다리를 벌리고 팔은 몸에 붙이지 않고 촬영하였다.

Dual energy X-ray absorptiometry(DXA) scans

Hologic Discovery/A system을 이용하여 측정하였으며 검증된 DXA 기술자가 참가자들을 측정하였다.

DXA로 측정한 신체 구성요소들은 다음과 같다 → total body mass, total and regional (trunk, arms, legs) fat mass (FM), percent body fat (PBF), bone mineral content (BMC), and fat free mass (FFM)

신체부피의 경우 이전의 연구([http://refhub.elsevier.com/S0261-5614\(21\)00541-0/sref34](http://refhub.elsevier.com/S0261-5614(21)00541-0/sref34))를 통해 DXA값으로 도출하였다.

Statistical methods

부피가 너무 커 한쪽만 DXA스캔만 가능한 참가자들의 경우, 우측의 정보를 대칭시켜 좌측의 신체정보로 사용하였다(실제 양쪽 데이터 모두 존재하는 참가자들의 경우와 비교하였을 때, 좌측 우측의 정보차이가 거의 없었다).

DXA와 3DO측정값들을 비교할 때 *concordance correlation coefficients(CCC) 를 사용하였다.

Univariate linear regression 분석을 이용하여 3DO의 신체구성요소 측정값들과 DXA의 신체구성요소 측정값, 3DO의 둘레 측정값들과 직접측정한 둘레 측정값들의 비교를 전체 데이터에 대하여 진행하였다.

Results

총 188명(102명 여자)의 데이터로 진행.

전체적으로 DXA와 3DO의 측정값이 매우 가깝게 나타났다. 그러나 몸통(trunk), 어깨(shoulder), 다리(leg), 팔(arm) 부위에서 DXA와 3DO의 기준점 위치의 차이로 다른 측정값들에 비해 차이가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

직접 측정한 둘레 측정값들과 3DO의 둘레 측정값의 비교에서도 매우 비슷한 값들이 나왔다. 허리와 엉덩이둘레 측정값에서 차이가 나타났는데, 이는 3DO와 NHANES기준이 약간 다르기 때문이라고 예상하였다.

Table 3

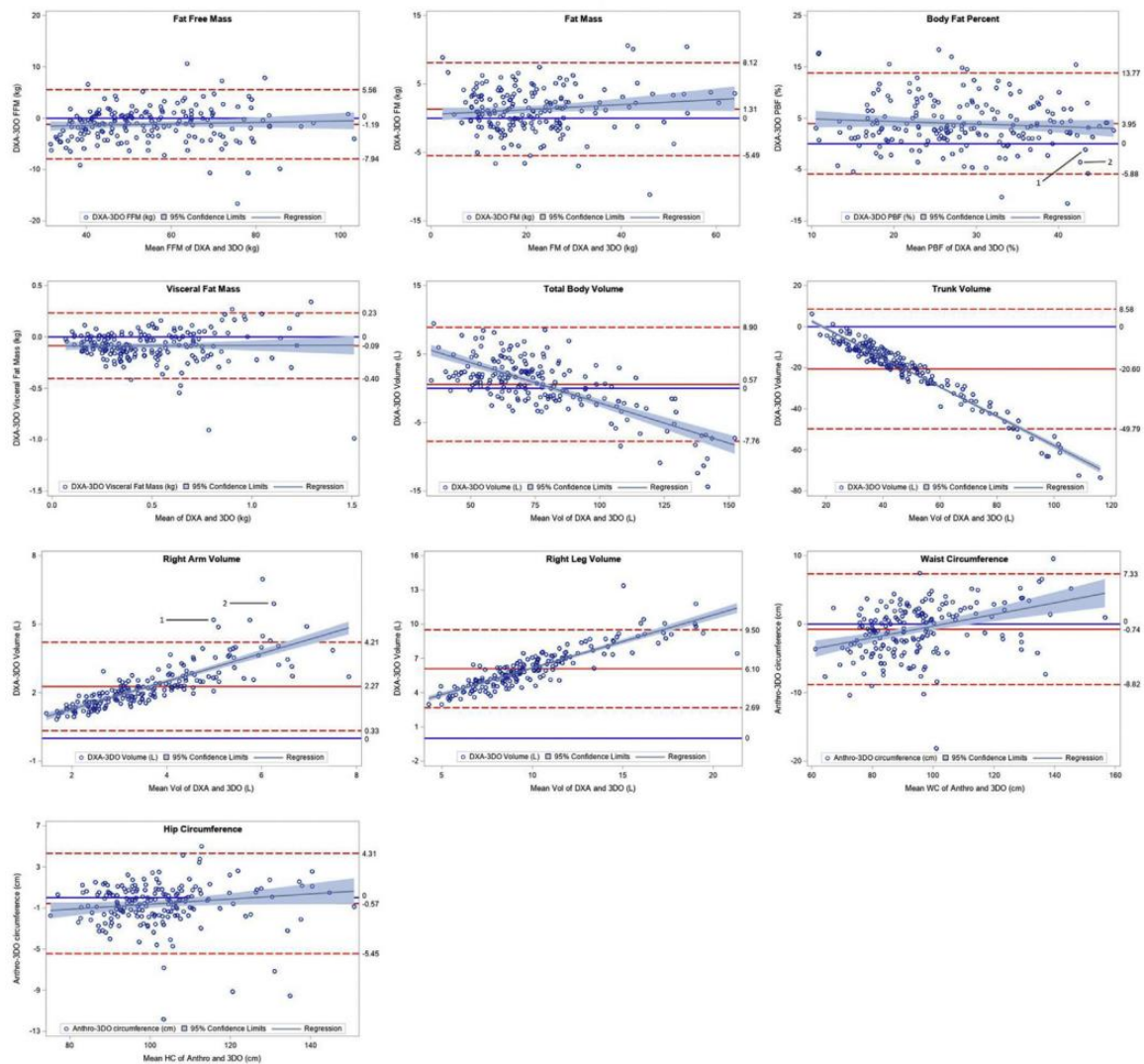
Assessment of mean difference and agreement between criterion and 3DO by variable.

Population	Variable	Measurement		Difference		Concordance correlation Coefficient (95% CI)
		DXA (mean \pm SD)	3DO (mean \pm SD)	(mean \pm SD)	95% Limits of Agreement	
Total (n = 188)	FFM (kg) ¹	54.1 \pm 15.2	55.3 \pm 15.0	-1.2 \pm 3.4	-7.0 to 5.6	0.97 (0.96, 0.98)
	FM (kg) ¹	22.2 \pm 12.3	20.9 \pm 11.8	1.3 \pm 3.4	-5.5 to 8.1	0.95 (0.94, 0.97)
	PBF (%) ¹	28.2 \pm 9.1	26.3 \pm 9.2	1.9 \pm 4.5	-7.1 to 10.9	0.86 (0.82, 0.90)
	VAT mass (kg) ¹	0.4 \pm 0.3	0.5 \pm 0.3	0.1 \pm 0.2	-0.3 to 0.5	0.81 (0.76, 0.85)
	Whole body volume (L) ¹	77.2 \pm 24.1	76.7 \pm 27.1	0.6 \pm 4.2	-7.8 to 9.0	0.99 (0.98, 0.99)
	Trunk volume (L) ¹	37.3 \pm 12.9	58.0 \pm 27.1	-20.6 \pm 14.6	-49.8 to -8.6	0.52 (0.47, 0.57)
Female (n = 102)	Right arm volume (L) ¹	4.2 \pm 1.7	2.0 \pm 0.7	2.1 \pm 1.1	-0.1 to 4.3	0.32 (0.27, 0.37)
	Right leg volume (L) ¹	12.1 \pm 4.2	6.5 \pm 2.6	5.6 \pm 1.8	2.0 to 9.2	0.33 (0.28, 0.37)
	Waist circumference (cm) ²	93.6 \pm 19.1	95.7 \pm 17.5	-2.1 \pm 4.5	-11.1 to 6.9	0.97 (0.96, 0.98)
	Hip circumference (cm) ²	102.9 \pm 16.4	103.8 \pm 15.7	-1.0 \pm 2.7	-6.4 to 4.4	0.98 (0.98, 0.99)
	Right arm volume (L) ¹	5.5 \pm 1.5	3.0 \pm 0.9	2.5 \pm 0.7	1.1 to 3.9	0.32 (0.27, 0.37)
Male (n = 86)	Right leg volume (L) ¹	13.9 \pm 3.6	7.2 \pm 2.3	6.6 \pm 1.4	3.8 to 9.4	0.33 (0.28, 0.37)
	Waist circumference (cm) ²	95.0 \pm 16.2	94.1 \pm 15.1	0.9 \pm 2.6	-4.3 to 6.1	0.97 (0.96, 0.98)
	Hip circumference (cm) ²	101.6 \pm 11.0	101.7 \pm 11.2	-0.1 \pm 2.1	-4.3 to 4.2	0.98 (0.98, 0.99)

Abbreviations: FFM: fat free mass, FM: fat mass, PBF: percent body fat, VAT: visceral adipose tissue, kg: kilograms, L: liters, cm: centimeters.

Females and males evaluated separately when significant sex differences ($p < .05$) were observed.Criterion variable is DXA¹ or anthropometric tape measurement².

DXA와 3DO의 측정값 비교

**Fig. 2.** Bland–altman plots for body composition and circumference estimates.

DXA와 3DO 측정값의 **Bland-altman분석 결과

Discussion

본 연구에서는 3DO 측정을 이용한 타 연구에서 보다 신체 부피와 둘레 데이터에서의 상관관계를 잘 발견할 수 있었다.

신체 구성요소에서는 제지방량, 지방 질량에서 강한 CCC 관계를 발견할 수 있었다.

타 연구에서 ***four compartment(4C) model과 3DO 측정값의 비교해 보았을 때 높은 오차가 나타나으나, 본 연구에서 진행한 DXA와 3DO의 측정값 비교에서는 높은 연관성을 찾을 수 있었다.

본 연구에서의 발견은 3DO 측정을 통하여 의료 및 연구에 중요한 정보들을 찾아낼 수 있다는 것이다. 추후 연구들을 통하여 3DO 측정의 정확도를 높이고 일치하는 신체기준 정보들을 사용하면 더 많은 정보를 얻을 수 있을 것이다.

* concordance correlation coefficient(CCC)

concordance correlation coefficient

$$\rho_c = \frac{2\rho\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + (\mu_x - \mu_y)^2}$$

μ_x, μ_y 은 평균

σ_x^2, σ_y^2 는 분산

ρ 는 두 변수간 상관계수

$$\rho_c = 1 - \frac{x=y \text{에서부터 직교거리 제곱}}{x,y \text{ 독립성을 가정했을 때 } x=y \text{에서부터 직교거리 제곱}}$$

표본크기 N

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n$$

$$s_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2$$

$$s_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y})$$

두번의 측정 X와 Y를 했을 때 두 실험 간의 일치성을 확인해 보는 방법으로 측정 오류가 있었는지 확인하는 방법. CCC의 범위는 -1과 1사이로 1일 경우 완벽한 일치를 의미한다.

**Bland-altman analysis

측정하는 서로 다른 두 방법에 의한 측정 결과가 어느 정도의 차이를 보이는지 확인하는 방법으

로 두 측정치(A,B) 간의 차이를 Y축, 평균(A+B)/2를 X축으로 하여 그래프로 표현한다. 계산결과 두 방법 간의 차이가 한계 범위 이내에 위치하는 경우 적절한 것으로 판정한다.

***four compartment(4C) model

Body Mass, Body Volume, Total Body Water, Bone Mineral Content를 고려한 모델로 인체정보 측정에서 Gold Standard로 취급됨.