

알지네이트를 이용한 체표면적 측정방법과 삼차원 스캐닝에 의한 체표면적 측정방법의 비교

이주영[†] · 최정화

서울대학교 생활과학대학 의류학과

Comparison between Alginate Method and 3D Whole Body Scanning in Measuring Body Surface Area

Joo-Young Lee[†] · Jeong-Wha Choi

Dept. of Clothing & Textiles, College of Human Ecology, Seoul National University

(2005. 4. 28. 접수)

Abstract

The purpose of this study was to compare two methods of measuring body surface area (BSA). The BSA of Korean adults was measured using both three-dimensional (3D) scanning and an alginate method. Two males (one overweight and one lean) and one overweight female participated as subjects. The results were as follows:

First, the 3D scanned BSA of all three subjects was smaller than the BSA measured using the alginate method by as much as 6-14%. The difference in methods was greater in the overweight participants than in the lean subject. Second, the results comparing the BSA obtained using these two methods and the BSA estimated by 10 previously developed formulas, showed that the 3D scanned BSA was the smallest among the 12 BSAs. Third, in comparing the regional differences between these two methods, the regional BSA of the lean subject (male 2) did not show any significant difference, but the overweight subjects (male 1, female 1) showed a significant difference. Forth, the biggest difference in regional BSA obtained through these two methods was in the hand, for all three subjects. The 3D scanned hand surface area was smaller than the hand surface area measured by the alginate method by as much as 24-34%. Fifth, in the percentage of regional BSA, there was no significant difference in these two methods.

The reasons for the underestimation in the 3D scanning might be because: 1) the 3D scanner can not recognize the folding and shading of body parts, such as the finger, toe, ear, armpit, crotch and breast, 2) 3D patching and smoothing processes depend on researchers. However, the 3D scanning method is applicable to the estimation of the entire BSA, if the surface area of the hands is known, and the participant is not overweight.

Key words: Body surface area, Alginate, 3D scanning, Accuracy; 체표면적, 알지네이트, 삼차원 스캐닝, 정확도

[†]Corresponding author

E-mail: romans54@snu.ac.kr

본 연구는 한국학술진흥재단의 신진연구인력지원사업(과제번호 2003-908-C00052) 지원 및 서울대학교 생활과학연구소의 일부 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

I. 서 론

체표면적(BSA)이란 인체의 총 피부면적으로 정의되며, 의류학 뿐만 아니라, 의학, 약학, 보건학, 인간공학 등 광범위한 영역에서 생체측정의 기준 단위로 사용되어져 왔다. 예를 들면, 체표면적은 인체의 에너지 대사를 표시하는 대표적 단위이고, 약물 투여량을 결정하는 기준 단위로 이용되어 왔으며(Pinkel, 1958), 온열 생리학 분야에서 평균피부온도 추정식의 계수인 안분비율로 활용되어 온 것은 주지의 사실이다(Mitchell & Wyndham, 1969). 또한 다양한 포유류의 사구체 수와 신장 무게는 체중이 아니라 체표면적과 비례한다는 것이 밝혀진 바 있으며(Smith, 1951), 심장 기능과 관련하여 심박출량은 체표면적 당으로 표시된다(Krovetz, 1965; Grollman, 1929). 이외, 산업 독성학 분야에서 체표면적은 독성 물질에 노출되는 작업자의 노출 평가 시 기준 단위로 사용되며(Coffman et al., 1999; Scocum & Shern, 1991), 화상 환자를 치료하는 경우, 화상을 입은 부위 피부 체표면적의 정확한 추정은 화상의 진단 및 치료에 중요한 요인으로 간주되어 왔다(Livingston & Lee, 2000; Nagal & Schunk, 1997; Nichter et al., 1985).

이상에서 언급한 바와 같이, 체표면적은 인체와 관련된 다양한 영역에서 중요한 기준 단위로 자리잡고 있고, 다수의 연구자들도 인간의 생리적 현상은 키나 체중보다는 체표면적에 더 비례한다는 데에 동의하고 있다. 그러나 이러한 중요성에도 불구하고 체표면적은 인체계측 항목 중 측정하기 가장 어려운 항목으로도 알려져 있어, 많은 연구자들이 체표면적을 직접 측정하는 대신, 추정식을 통해 그 값을 간접적으로 얻고자 노력해 왔다. 현재 가장 널리 사용되는 전신 체표면적 추정식은 DuBois & DuBois(1916)의 식이나, 몇몇 연구자들이 그 식의 정확도에 의문을 제기하면서 자국민의 체형에 맞는 식을 추정하고자 하는 노력도 종종 시도되어 왔다(Breitman 1932; Haycock et al., 1978). 체표면적의 직접 측정을 위해 종이, 천, 석고 붕대 등을 이용한 전신 코팅법(임순, 1988; DuBois & DuBois, 1916; Nwoye, 1989; Takai & Shimaguchi, 1986), 테이프법(Banerjee & Sen, 1955), 기타 기하학적인 방법들(Boyd, 1935)이 이용되었는데, 이 경우 연구자들이 부딪힌 가장 큰 어려움은 이러한 전통적인 측정방법들이 측정자와 피험자에게 과도한 피로를 유발할 정도로 힘들고 시간이 많이 소요된다는 점과, 한 가지 방법만으로는 전신을 만족스럽게 측정할 수 없어

인체 부위에 따라 여러 가지 방법을 동시에 이용해야 한다는 점이었다(Banerjee & Sen, 1955). 이에 Lee (2005)는 알지네이트(Alginate)라는 치과용 재료를 이용하여 체표면적을 측정하였고, 그 방법의 타당도와 신뢰도를 평가하여, 알지네이트를 이용한 방법이 손가락이나 발가락, 귀와 같은 세밀함을 요구하는 인체 부위까지도 비교적 정확하게 측정할 수 있고, 반복 측정 시 결과의 일관성도 아주 우수하다는 것을 확인한 바 있다.

한편, 쉽고, 빠르고, 대규모 측정이 가능하다는 장점으로 인해 근래 삼차원 스캐닝을 이용한 전신 체표면적 추정에 관한 연구들이 몇몇 보고되고 있는데, 기하학적 입체도형의 표면적을 대상으로 이 방법의 정확도를 확인한 결과 매우 타당한 방법이라 알려져 있다(Tiku et al., 2001; Yu et al., 2003). 삼차원 전신 스캐너는 종래 인체계측 분야에서 인체의 둘레 항목이나 길이 항목, 높이 항목 등을 측정할 때 사용되어 온 것으로 체표면적 측정 분야에의 활용이 시도되고 있다. 그러나, 인체에서 손가락이나 발가락, 겨드랑 부위, 넓적다리 사이 등 겹쳐지는 부위나 비만인 경우 살이 접히는 부위 등은 삼차원 스캐너가 정확히 인식할 수 없기 때문에, 특히 이러한 부위가 많은 비만 체형의 체표면적을 측정할 경우 정확도는 확인될 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 삼차원 스캐닝을 전신 체표면적 측정에 활용하는 방법과, 선행연구를 통해 타당도와 신뢰도가 검증된 알지네이트 방법, 두 가지를 이용하여 비만 체형과 마른 체형인 한국인 성인의 전신 및 부위별 체표면적을 측정하였으며, 그 결과를 비교 분석하였다.

II. 연구방법

본 연구에서는 한국인 성인 남녀의 전신 체표면적을 측정하기 위해 알지네이트 방법과 삼차원 전신 스캐닝법을 이용하였다. 측정에 참여한 피험자의 특징 및 구체적 측정방법은 다음과 같다.

1. 피험자의 인체계측학적 측정항목

본 연구에는 서로 다른 체형의 한국인 성인 남자 두 명과 성인 여자 한 명이 피험자로 참여하였다(Fig. 1). 본 연구는 인체에서 살이 접히거나 겹쳐지는

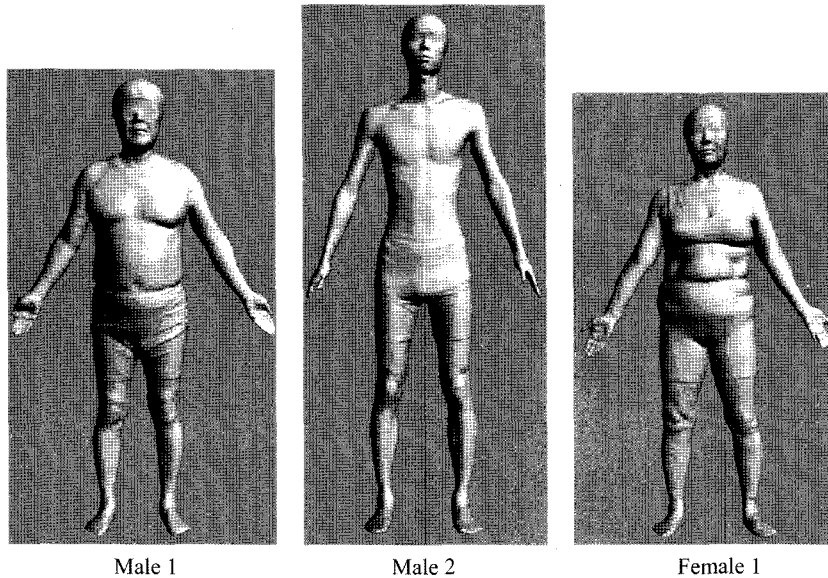


Fig. 1. Frontal view of 3 subjects

부위 등에 대한 두 측정방법에 의한 값을 비교하는 것이 주요 목적 중의 하나이므로, 평균적인 체형보다는, 한국인 성인 남녀의 평균 신장 및 체중 범위를 벗어난 체형, 즉 마르거나 비만인 체형의 피험자를 선정하였다. 키(Martin's instruments)와 몸무게(F150S, Satorius Co., sensitivity 1g, German)를 측정하였고, 18 부위 인체 둘레 항목을 측정하였으며, 초음파 피하지방 측정기(SEIKOSHA SM-206, Japan)를 사용하여 남자의 경우 가슴, 복부, 넓적다리 부위, 여자의 경우 상완 삼두근, 상장골 부위, 넓적다리 전면 부위의 피하지방두께를 측정하여 체지방율(%)을 계산하였다. 체지방율 이외에도, 비만도의 종합적 평가를 위해, BMI, 브로카 지수 등을 계산하였다.

2. 알지네이트를 이용한 체표면적 측정방법

알지네이트(Alginate)란 주로 치과에서 치아 성형 시 이용하는 미세한 분말로 된 재료인데, 이는 피부의 지문이나 땀구멍의 흔적까지 읽을 정도로 매우 정교하여 치과 이외의 다른 분야에서도 우수한 성형 재료로 평가 받고 있다. 알지네이트 가루는 물에 닿을 경우 응고되며, 응고된 표면은 부드럽고 말랑거리는 고무 느낌을 준다. 실험실의 기온이나 물의 온도 등에 따라 반죽 후 굳는 시간이 다소 달라지므로 기온은 19-24°C로, 물은 너무 높지 않은 미지근한 물이 좋

다. 알지네이트 반죽을 피부 위에 바르면 약 1-2분 후 응고되며 손으로 쉽게 떼어낼 수 있다.

체표면적을 측정하기 위해, 먼저 피험자의 피부면에 컴퓨터용 수성 사인펜(AUDENA, Monami Co. KOREA)으로 기준선을 표시하였다. 다음, 알지네이트 가루(JeltrateR, DENTSPLY LTD., England)를 전용 고무 볼에 넣고 적정 비율의 물을 부은 후, 전용 나이프로 고무 볼을 한 손으로 돌려가며 골고루 혼합하여 밀가루 반죽과 같은 상태가 되도록 만들었다. 이를 전용 나이프를 이용해 두께가 약 3mm가 되도록 인체 부위별로 골고루 발랐다. 알지네이트는 재료의 특성상 곡면에서 마른 후 떼어내어 평평한 바닥 위에 펼쳤을 때 안쪽 면이 다소 늘어날 수 있다. 측정되는 대상의 크기에 따라 다르겠지만, 인체를 원기둥(반지름 15cm, 높이 170cm)으로 보고 길넓이를 계산했을 때 반지름이 3mm 늘어나는 경우 길넓이는 약 2.2% 증가한다. 본 실험에서는 이러한 오차를 최소화하기 위해 반죽의 조각은 총 142 구획으로 절개되어 계산하였다. 즉, 인체 피부면 위에 펜으로 총 142 부위로 구획한 후, 알지네이트 반죽을 바를 때는 크게 총 아홉 부위(머리, 목, 몸통, 위팔, 아래팔, 손, 넓적다리, 종아리, 발)로 나누었으며, 각 부위는 앞과 뒤(머리의 앞과 뒤, 목의 앞과 뒤, 몸통의 앞과 뒤, 팔의 앞과 뒤, 손의 등과 바닥, 엉덩이, 배, 대퇴의 앞과 뒤, 종아리의 앞과 뒤, 발등, 발바닥, 발가락)로 나누어 발랐다.

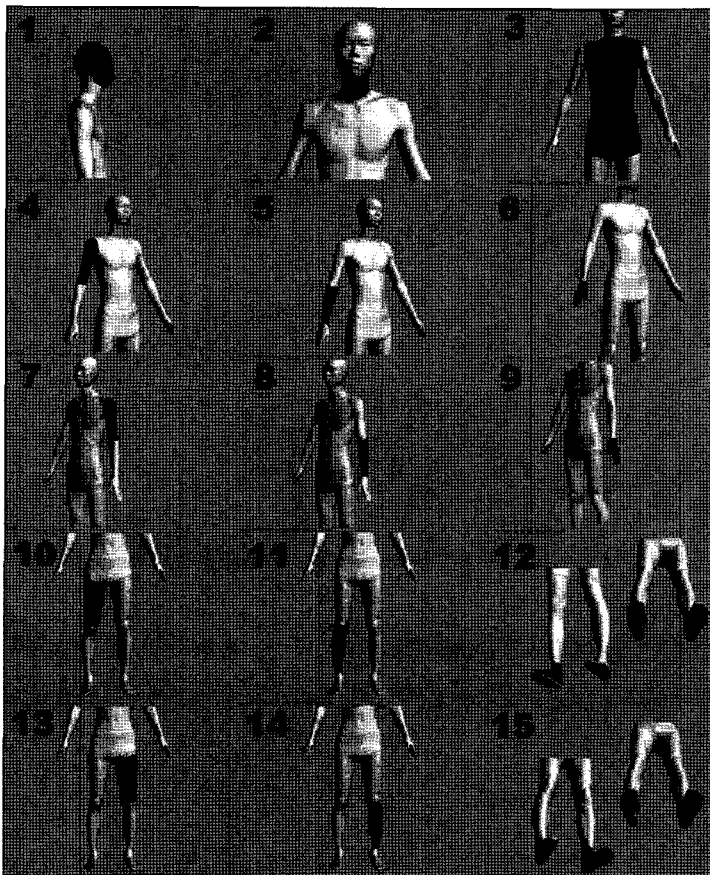
한편 알지네이트 반죽은 시간 경과에 따라 건조되면서 줄어드는 성질을 갖는다. 예비실험을 통해, 반죽을 떼어낸 직후 시간에 따른 무게 변화를 측정 한 결과 303g의 반죽은 25분 경과 후 302g으로 0.3%의 무게 감소를 보였으며, 60분 경과 후 300g으로 1%의 무게 감소를 보였다. 이와 같이 시간에 따른 무게 감소에 의한 오차를 피하기 위해 본 연구에서는 반죽을 떼어내고 절개하여 종이 위에 옮기는 작업을 10분 이내에 수행하였다. 인체 부위별로 이 과정을 반복하였다.

남녀 모두 몸에 자연스럽게 밀착되는 팬티만 입은 상태에서 체표면적이 측정되었으며, 머리 부위를 측정하는 경우 라텍스 수영 모자를 착용하고 수영 모자 위의 면적을 측정하였다. 피험자 피부 위의 반죽이 충분히 마른 후 떼어내면, 피부 위에 수성 사인펜으로 표시한 기준선이 알지네이트 반죽의 내부에 번짐 없이 선명하게 묻어 나오므로, 떼어낸 반죽의 안쪽에

서 기준선을 따라 칼로 자른 후, 잘려진 조각을 특정 종이 위에 놓고 둘레의 윤곽선을 불펜으로 그렸다. 마지막 단계로, 알지네이트 조각의 윤곽이 그려진 종이를 평면 스캐너에 놓고 스캔하여 이미지 파일 (*.bmp)로 전환한 후, 전용 컴퓨터 프로그램(*Image Pro*)을 이용하여 폐곡선으로 이루어진 평면 도형의 면적을 계산하였다.

3. 삼차원 스캐닝을 이용한 전신 체표면적 추정 방법

삼차원 전신 스캐너(WB4, Cyberware Co., USA)가 사용되었다. 남자 피험자는 회색 팬티와 라텍스 수영 모자를 착용하였고, 여자 피험자는 여기에 브래지어를 추가 착용하였다. 피험자는 평평한 측정판 위에 올라 양팔을 약 30° 정도 자연스럽게 벌린 상태로 바르



No.	Body parts
1	Head
2	Neck
3	Trunk
4	Right upper arm
5	Right forearm
6	Right hand
7	Left upper arm
8	Left forearm
9	Left hand
10	Right thigh
11	Right calf
12	Right foot
13	Left thigh
14	Left calf
15	Left foot

Fig. 2. Body regions for calculation of surface area in 3D scanning

게 섰으며, 스캐너의 네 개의 헤드가 머리 끝부터 발 끝까지 전신을 1회 스캔하였다. 스캔된 인체 이미지는 이미지 화일로 전환된 후 컴퓨터에 저장되었고, 인체는 다음과 같이 나누어 계산되었다; 머리, 목, 몸통, 위팔(left and right), 아래팔(left and right), 손(left and right), 넓적다리(left and right), 종아리(left and right), 발(left and right), 그리고 발바닥(left and right) (Fig. 2). 발바닥은 전신 스캐너 바닥에 생긴 윤곽의 넓이를 계산하였다. 즉, 발바닥에서 움푹 들어간 부위는 고려되지 않았다. 스캔되어 나누어진 이미지의 넓이를 계산하기 위해 전용 컴퓨터 편집 프로그램(CYEAT editing)이 사용되었다. 'CYEAT editing' 프로그램은 일종의 폴리곤 에디팅 도구로, 일단 스캔된 인체 이미지 상에 생긴 구멍을 메꾸는 패칭(patching) 과정과, 이미지의 거친 표면을 부드럽게 하는 스무딩(smoothing)하는 기능을 가지고 있다. 패칭과 스무딩 과정을 거친 삼차원 이미지 데이터는 매우 작은 삼각형으로 이루어져 있으므로, 그 삼각형들의 면적의 합을 체표면적으로 간주하였다.

III. 결 과

1. 피험자의 인체계측학적 특징

체지방율, BMI, Broca 지수 등에 의하면, 본 연구에 참여한 피험자 중 남자 1번과 여자 1번 피험자는 비만 체형, 남자 2 번은 마른 체형으로 평가될 수 있다(Table 1). 18 부위의 인체 둘레 항목을 보면 팔이나 종아리 등 사지 부위 둘레는 세 명 모두 유사했으나 구간부로 갈수록 체형 간 큰 차이를 보여 허리 부위에서의 차이가 가장 현저했으며, 남자 1번과 여자 1번은 남자 2번과 통계적으로 유의하게 구별되었다(Table 2, $p=.010$, $p=.016$).

2. 전신 및 부위별 체표면적

알지네이트로 측정된 값과 삼차원 스캐닝에 의한 추정값을 부위별로 비교하였다. 그 결과 세 명 모두 삼차원 스캐닝에 의해 얻어진 값이 알지네이트로 측정된 값보다 적은 경향을 보였다. 세 명의 전신 체표면적 값을

Table 1. Anthropometric characteristics of subjects

Subject	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Body Fat(%)*	BMI**	Broca Index***	Subcutaneous fat(mm)		
							Chest/Tricep	Abdomen	Thigh
Male 1	60	163.3	73.1	31.1	27.4	128.3	10	27	10
Male 2	24	185.6	64.2	8.7	18.6	83.3	5	5	4
Female 1	56	155.5	72.5	40.7	30.0	153.7	14	23	18

*Body Fat(%)=(4.95/Body density-4.50)×100; **BMI=Weight(kg)/Height(m)²;

***Broca Index={Present weight(kg)/Normal weight(kg)}×100, In here, Normal weight={Height(cm)-100}×0.9 (or ×0.85 for female)

Table 2. Body circumference of three subjects

Circumference(cm)	Male1	Male2	Female 1	Circumference(cm)	Male1	Male2	Female 1
Head Circumference	67	57	55	Chest Circumference	100	82	102
Neck Circumference	38	35	35	Waist Circumference	96	68	90
Armscye Circumference	39	31	41	Hip Circumference	102	94	100
Upper Arm Circumference	29	29	34	Thigh Circumference	50	46	47
Elbow Circumference	26	25	26	Knee Circumference	37	36	37
Forearm Circumference	26	25	26	Calf Circumference	36	36	38
Wrist Circumference	18	18	16	Minimum Leg Circumference	23	21	23
Hand Circumference	19	21	20	Ankle Circumference	26	25	27
Upper-chest Circumference	99	85	99	Foot Circumference	25	25	25

평균했을 때 알지네이트로 측정된 경우 평균 18,303 cm², 삼차원 스캐닝으로 측정된 경우 평균 16,649cm²로 약 1,654cm² 만큼 적었다(Table 3). 이를 백분율로 환산

하면, 삼차원 스캐닝에 의한 추정값은 알지네이트에 의한 측정값보다 평균 9%(비만 남자 7.2%, 마른 남자 6.2%, 비만 여자 13.6%) 적었다(Table 4). 부위별로 비교

Table 3. Comparison between the regional BSA measured using the alginate method and the BSA estimated by 3D scanner for three subjects(cm²)

No	Regions of body	BSA measured using the alginate method			3D scanned BSA			BSA obtained by 3D scanning-BSA measured by the alginate method		
		Male 1	Male 2	Female 1	Male 1	Male 2	Female 1	Male 1	Male 2	Female 1
1	Head	1595.0	1338.9	1370.8	1372.9	1202.8	1184.3	-222.1	-136.1	-186.5
2	Neck	191.1	304.5	233.4	197.0	283.5	194.4	5.9	-21.1	-39.1
3	Trunk	7081.0	6626.3	6986.7	6856.7	6119.1	5896.9	-224.3	-507.3	-1089.8
4	R*-upper arm	741.2	807.3	877.9	695.0	780.7	735.2	-46.2	-26.7	-142.7
5	R-forearm	555.6	587.7	564.9	523.7	509.1	502.4	-31.9	-78.6	-62.6
6	R-hand	451.3	470.1	455.5	320.8	311.1	345.6	-130.5	-159.1	-109.9
7	L**-upper arm	782.5	824.8	859.7	680.2	771.8	713.0	-102.3	-53.0	-146.7
8	L-forearm	559.6	581.6	547.9	488.6	523.9	465.0	-71.1	-57.6	-82.8
9	L-hand	442.5	467.3	446.9	294.7	351.1	302.5	-147.8	-116.2	-144.4
10	R-thigh & calf	2093.9	2602.0	2498.4	2071.9	2602.0	2338.6	-21.9	0.0	-159.8
11	R-upper foot	431.4	520.3	407.5	369.2	498.7	394.2	-62.2	-21.6	-13.2
	R-sole of foot	167.8	172.0	155.6	144.5	165.7	150.9	-23.3	-6.4	-4.7
12	L-thigh & calf	2138.4	2588.6	2513.9	2045.7	2642.7	2231.3	-92.8	54.2	-142.6
13	L-upper foot	444.7	535.7	383.8	349.2	523.7	354.9	-95.5	-12.0	-28.9
	L-sole of foot	168.1	182.5	151.7	142.1	164.4	135.2	-26.0	-18.2	-16.5
Total BSA		17844.0	18610.0	18455.0	16552.0	17450.0	15944.0	-1292.0	-1159.6	-2370.2

*R means Right, **L means Left

Table 4. Difference by region between the 3D scanned BSA and the BSA measured by the alginate method(%)

No.	Region of body	Male 1	Male 2	Female 1	Mean of error	Mean of absolute value of error
1	Head	-13.9*	-10.2	-13.6	-12.6	12.6
2	Neck	3.1	-6.9	-16.7	-6.9	8.9
3	Trunk	-3.2	-7.7	-15.6	-8.8	8.8
4	Right upper arm	-6.2	-3.3	-16.3	-8.6	8.6
5	Right forearm	-5.7	-13.4	-11.1	-10.1	10.1
6	Right hand	-28.9	-33.8	-24.1	-29.0	29.0
7	Left upper arm	-13.1	-6.4	-17.1	-12.2	12.2
8	Left forearm	-12.7	-9.9	-15.1	-12.6	12.6
9	Left hand	-33.4	-24.9	-32.3	-30.2	30.2
10	Right thigh & calf	-1.0	0.0	-6.4	-2.5	2.5
11	Right upper foot	-14.4	-4.1	-3.3	-7.3	7.3
	The sole of the right foot	-13.9	-3.7	-3.0	-6.9	6.9
12	Left thigh & calf	-4.3	2.1	-5.7	-2.6	4.0
13	Left upper foot	-21.5	-2.2	-7.5	-10.4	10.4
	The sole of the left foot	-15.5	-9.9	-10.9	-12.1	12.1
Total BSA		-7.2	-6.2	-13.6	-9.0	

*=(3D scanned BSA-BSA measured by the alginate method)×100/BSA measured by the alginate method

Table 5. Percentage of regional body surface area between the scanned BSA and the BSA measured using the alginate method (Unit: %)

No.	Region of body	Measured by the alginate method			The 3D Scanned		
		Male 1	Male 2	Female 1	Male 1	Male 2	Female 1
1	Head	8.9	7.2	7.4	8.3	6.9	7.4
2	Neck	1.1	1.6	1.3	1.2	1.6	1.2
3	Trunk	39.7	35.6	37.8	41.5	35.0	37.0
4	Right upper arm	4.2	4.3	4.8	4.2	4.5	4.6
5	Right forearm	3.1	3.2	3.1	3.2	2.9	3.2
6	Right hand	2.5	2.5	2.5	1.9	1.8	2.2
7	Left upper arm	4.4	4.4	4.7	4.1	4.4	4.5
8	Left forearm	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9
9	Left hand	2.5	2.5	2.4	1.8	2.0	1.9
10	Right thigh & calf	11.8	14.0	13.5	12.4	15.0	14.7
11	Right upper foot	2.4	2.8	2.2	2.2	2.9	2.5
	The sole of the right foot	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9
12	Left thigh & calf	12.0	14.0	13.6	12.3	15.2	14.0
13	Left upper foot	2.5	2.9	2.1	2.1	3.0	2.2
	The sole of the left foot	0.9	1.0	0.8	0.9	0.9	0.8
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Table 6. Comparison among the 3D scanned BSA, BSA measured using alginate, and the BSA estimated by BSA-formulas selected in previous studies

N	Author (year)	Measurement or Estimation by formulas	Body surface area, cm ²			Difference, %		
			Male 1	Male 2	Female 1	Male 1	Male 2	Female 1
1	The present study	Direct measurement using Alginate	17844.2	18609.7	18454.6			
2		3D Scanning by whole body scanner	16552.2	17450.1	15944.3			
3	DuBois & DuBois(1916)	$BSA(cm^2)=71.84 \times H(cm)^{0.725} \times W(kg)^{0.425}$	17903.8	18590.4	17222.3	0.3* (8.2)**	-0.1 (6.5)	-6.7 (8.0)
4	新谷 (1931)	$BSA(cm^2)=11.05 \times W(g)^{(2/3)}$	19318.5	17716.8	19218.0	8.3 (16.7)	-4.8 (1.5)	4.1 (20.5)
5	Mosteller (1987)	$BSA(m^2)=[H(cm) \times W(kg)/3600]^{0.5}$	18209.6	18193.0	17700.0	2.0 (10.0)	-2.2 (4.3)	-4.1 (11.0)
6	Boyd (1935)	$BSA(cm^2)=0.0003207 \times H(cm)^{0.3} \times W(g)^{(0.7285-0.0188 \times \text{LOG } w(g))}$	18560.7	17965.9	18212.2	4.0 (12.1)	-3.5 (3.0)	-1.3 (14.2)
7	최원로 (1956)	$BSA=59.02 \times H(cm)^{0.776} \times W(kg)^{0.407}$	18339.0	18886.3	17679.2	2.8 (10.8)	1.5 (8.2)	-4.2 (10.9)
8	Gehan & George (1970)	$BSA(m^2)=0.02350 \times H(cm)^{0.42246} \times W(kg)^{0.51456}$	18410.4	18177.6	17961.2	3.2 (11.2)	-2.3 (4.2)	-2.7 (12.6)
9	Haycock <i>et al.</i> (1978)	$BSA(m^2)=0.024265 \times H(cm)^{0.3964} \times W(kg)^{0.5378}$	18391.7	18044.2	17962.6	3.1 (11.1)	-3.0 (3.4)	-2.7 (12.7)
10	Breitmann (1932)	$BSA(m^2)=0.0087(H_{cm}+W_{kg})-0.26$	17966.8	19132.6	17238.6	0.7 (8.5)	2.8 (9.6)	-6.6 (8.1)
11	임순 (1988)	$BSA(cm^2)=76.51 \times H(cm)+123.918 \times W(kg)-3503.95$	18048.5	18651.8	17381.1	1.1 (9.0)	0.2 (6.9)	-5.8 (9.0)
12	Bouchard (1897)	$BSA(cm^2)=0.48 \times \text{Waist Girth}(cm) \times H(cm)+6.44W(g)/\text{WaistGirth}(cm) +3.034H(cm)\{W(g)/3.14H(cm)\}^{0.5}$	18344.3	18048.4	17657.6	2.8 (10.8)	-3.0 (3.4)	-4.3 (10.7)

*={(BSA calculated by a previous formula - BSA measured using Alginate)×100}/BSA measured using Alginate.

For example, 0.3={ (17903.8-17844.2)×100}/17844.2;

**Values in parentheses = {(BSA calculated by a previous formula - BSA estimated using 3D scanner)×100}/BSA estimated using 3D scanner. For example, 8.2={ (17903.8-16552.2)×100}/16552.2

하였을 때, 마른 남자의 경우 두 방법 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 비만 남자와 비만 여자의 경우 유의한 차이를 보여 부위별로도 삼차원 스캐닝으로 추정된 체표면적 값이 유의하게 적었다(Table 3, $p=.003$, $p=.028$).

두 방법에 의해 얻어진 값의 차이가 어느 부위에서 가장 큰 지 비교하기 위해, 각 부위의 차이(삼차원 스캐닝에 의해 얻어진 면적-알지네이트에 의해 측정된 면적)를 알지네이트에 의해 얻어진 면적으로 나누어 백분율로 환산하였다. 그 결과, 손 부위 면적의 차이가 가장 커, 삼차원 스캐닝에 의한 값이 알지네이트에 의한 측정값에 비해 무려 30%(24-34%)나 적었다. 마른 남자의 경우 몸통이나 팔 등에서의 차이는 적은 편이었으나, 비만 여자의 경우 이 부위에서의 차이가 특별히 적어지는 경향은 발견할 수 없었다.

부위별 체표면적을 전신에서 차지하는 비율로 환산하여 비교한 결과 두 방법에 따른 유의한 차이는 발견할 수 없었다(Table 5).

3. 선행 체표면적 추정식에 의한 전신 체표면적 값과의 비교

본 연구에서 두 방법에 의해 측정된 전신 체표면적 값과, 선행 체표면적 추정식(10개)에 피험자의 키, 몸무게 등을 넣어 추정된 전신 체표면적 값들을 비교하였다. 비교 결과, 세 명 모두 삼차원 스캐닝에 의해 얻어진 값은 10개 식에 의해 추정된 값들보다 적어 12개의 값 중 가장 적은 값을 보였다(Table 6).

IV. 고 찰

1. 피험자의 인체계측학적 특징

체지방율, BMI, Broca 지수 등에 의하면, 본 연구에 참여한 피험자 중 남자 1명과 여자 1명 피험자는 비만 체형, 남자 2명은 마른 체형으로 평가될 수 있다(Table 1). SIZE KOREA(2004) 자료에 의하면 한국인 성인 남녀의 평균 키와 몸무게는 남자의 경우 169.8 cm, 69.6kg, 여자는 157.0cm, 56.4kg였으므로 본 연구에 참여한 세 명의 피험자는 확실히 한국인 평균 체형과는 구별된다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구에 참여한 비만 남녀는 미국이나 유럽의 서구형 비만 체형에 비해 약한 비만에 해당하므로 본 연구에서 다루는 오차를 절대적인 수준으로 받아들여서는 안 된다.

2. 전신 및 부위별 체표면적

체표면적을 직접 측정하는 방법의 가장 큰 단점은 무엇보다 시간이 많이 소요되고 힘들다는 점이다. 이러한 이유로 더 쉽고, 더 빠른 간접 측정방법들이 개발되어 왔는데, 대표적인 것으로 식에 의한 추정, 사진 면적에 의한 추정, 삼차원 스캐닝에 의한 추정 등을 들 수 있으며, 이 중 삼차원 스캐닝에 의한 추정법이 대규모로 신속하게 추정할 수 있다는 장점 때문에 점차 관심이 증가하고 있다.

본 연구에는 비만 체형 두 명과 마른 체형 한 명, 총 세 명의 피험자가 참가하였는데, 세 명 모두 대부분의 인체 부위에서 삼차원 스캐닝 면적이 알지네이트에 의해 측정된 면적보다 대략 1,160-2,370cm² 만큼 적었다. 이 차이를 A4 용지의 면적으로 환산해 보면 대략 2-4장 정도의 면적에 해당한다. 일단 여기서 A4 용지 2-4장 정도의 차이가 주로 알지네이트 방법의 오차 때문인지, 혹은 삼차원 스캐닝의 오차 때문인지를 구별할 필요가 있다. 물론 어느 측정방법이든 약간의 오차를 가지는 것은 당연하며, 더욱이 인체의 전신 체표면적을 측정하는 경우 참값을 안다는 것은 거의 불가능하기 때문에 정확한 오차 계산마저 불가능하다. 따라서 측정방법의 타당도 및 신뢰도 평가를 위해 흔히 참값을 계산할 수 있는 기하학적 입체도형을 이용하는데, 알지네이트를 이용하여 면적을 측정하는 경우와 삼차원 스캐닝을 이용하는 방법의 타당도 모두 이미 검증된 바 있다(한현숙, 남운자, 2004; Lee, 2005). 특히, Lee(2005)는 알지네이트 방법의 타당도 및 신뢰도를 다각적으로 검토하였다. Lee는 세 가지 직접 측정법(석고 붕대법, 테이프법, 알지네이트법)으로 다섯 종류의 기하학적 입체도형(원뿔, 원기둥 2종, 반구 2종)의 표면적을 각 5회 반복 측정된 결과 세 방법 중 테이프를 이용한 방법의 오차가 가장 적었으며, 알지네이트 방법의 오차는 2% 이내로 우수한 수준이었고, 특히 5회 반복 측정값 간의 상관계수가 모두 0.999 이상으로 세 방법 중 신뢰도는 가장 우수하였다. 또한, Lee(2005)는 기하학적 입체도형이 아닌 살아있는 성인 남성의 한쪽 팔과 손도 세 가지 방법으로 측정하였는데, 알지네이트를 이용한 방법과 테이프를 이용한 직접 측정에 의한 결과 간의 차이는 약 1%로 매끄러운 입체도형 표면이 아닌 인체 피부면을 측정하는 경우 두 방법 간의 차이는 다소 줄어듦을 확인하였다. 삼차원 스캐너의 경우 본 연구와 동 기종의

스캐너를 사용한 한현숙과 남윤자(2004)는 입체도형의 표면적 측정 시 오차는 0.1% 이내였으며, 반복 측정에 대한 오차는 0.3% 이내라 보고하였다.

이상과 같이, 알지네이트 법과 삼차원 전신 스캐너를 이용하는 두 방법 모두 입체의 표면적 측정에 타당한 방법으로 평가되었다. 그럼에도 불구하고 실제 인체를 측정할 경우 차이를 보았다면, 이는 두 방법이 원기둥이나 원뿔과 같은 기하학적 입체도형이 아닌 실제 인체를 측정하는 경우 두 방법의 정확도는 달라진 것이라 결론지을 수 밖에 없다. 그러나 전술한 대로 실제 살아있는 인간의 체표면적 값을 아는 것은 거의 불가능하므로, 본 연구에서는 두 방법 간에 보인 차이가 주로 알지네이트 방법에서 유발된 것인지, 혹은 주로 삼차원 스캐닝 법으로부터 온 것인지 확인하기 위해 선행 체표면적 추정식을 이용하여 간접적으로 확인하였다.

선행 추정식 열 개에 본 연구에 참여한 피험자의 키, 몸무게 등을 넣어 계산된 전신 체표면적 값과 비교한 결과, 알지네이트 법에 의해 얻어진 값은 추정식에 의한 값들과 비슷한 수준이었으나, 삼차원 스캐닝에 의해 얻어진 체표면적은 열 개의 추정식에 의한 모든 값들보다 적었다. 특히 그 차이는 비만 여자의 경우 가장 현저했다. 열 개의 식 중 현재 세계적으로 가장 보편적으로 사용되는 DuBois & DuBois(1916) 식에 의해 계산된 체표면적 값과 비교해도 삼차원 스캐닝에 의해 얻어진 전신 체표면적은 DuBois 식에 의한 값보다 평균 7.0% 과소 평가되었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때, 두 방법 간에 얻어진 전신 체표면적 값의 차이는 알지네이트 방법이 아니라 삼차원 스캐닝 법으로부터 유발된 것이라 해석할 수 있으며, 삼차원 스캐닝 법이 전신 체표면적을 다소 과소 평가하는 경향이 있다고 결론지어도 큰 무리는 없을 것이다.

한편, 두 방법에 의해 얻어진 BSA의 차이를 전신 체표면적에 대한 비율로 환산하면 세 명 중 여성 피험자의 경우 13.6%로 가장 컸으며 마른 체형인 남자 피험자의 경우 6.2%로 가장 적었다. 즉, 비만 체형의 오차가 가장 컸고, 마른 체형의 오차가 가장 적었으므로, 삼차원 스캐닝으로 비만 체형의 전신 체표면적을 추정하는 경우 오차는 커진다고 볼 수 있다. 그러나 여기서 비만 남자의 오차는 7.2%로 비만 여자의 오차보다 훨씬 적었다. 모든 측정 시 측정의 대상이 복잡해질수록 오차가 증가하기 마련인데, 비만 남자는 비만 여자보다 덜 복잡한 인체 윤곽을 갖기 때문

에 오차가 더 적게 얻어진 것이라 사료된다. 즉, 비만 남자의 경우 피부가 접히거나 돌출되거나 늘어지는 부분이 비만 여자보다 적었고, 복부의 경우도 피하지방이 과도하게 축적되었다기보다는 내장 비만형의 체형으로 접혀진 부분이 거의 없었다.

그렇다면 삼차원 스캐닝 법이 실제 인체의 전신 체표면적을 과소 추정의 이유를 살펴볼 필요가 있는데 가능한 이유로 다음 다섯 가지를 생각해 볼 수 있다.

첫째, 손가락, 발가락, 살 부위, 겨드랑 부위 등 겹치거나 그림자 지는 부위는 삼차원 스캐너가 정확히 인식할 수 없다. 인체의 형태는 부위별로 전형적인 특징을 가지는데, 얼굴, 목, 어깨, 손, 발, 귀, 엉덩이 등 볼록 튀어 나오거나, 오목하게 파였거나, 다른 부위에 가려 그림자가 지기도 한다. 본 연구에서도 인체 부위 중 오차가 가장 큰 부위는 손으로, 삼차원 스캐닝에 의해 얻어진 면적은 알지네이트 법에 의해 측정된 값보다 무려 30%나 적었다. 비록 몇몇 선행연구들(Brook-Wavell et al., 1994)이 삼차원 스캐닝이 표면적 측정 시 매우 정확한 방법이라 보고하고 있긴 하나, 그 정확도는 인체가 아닌 구, 원기둥, 원뿔 등 기하학적 입체를 대상으로 평가된 것이다. Cutting et al.(1988)은 특별히 얼굴을 삼차원 스캐닝 할 경우 가장 큰 단점을 피부의 enfolding, 즉, 귀 뒷부분, 코의 안쪽 부분, 턱 아래 부분 등을 레이저 스캐너가 읽을 수 없다는 점을 들었으며, 몇몇 다른 연구자들(Tikuisis et al., 2001; Yu et al., 2003)도 삼차원 스캐닝을 전통적인 측정방법과 비교했을 때 가장 큰 단점은 가려지는 인체 부위들을 인식하지 못하여 생기는 missing data라고 지적하였다(여기서 혼동하지 말아야 할 것은 인체의 길이나 둘레 항목이 아니라 체표면적을 측정할 경우의 정확도이다).

둘째, 삼차원 스캔된 면적은 위에서 언급한 missing data를 가질 수 밖에 없기 때문에, 패칭과 스무딩 과정이 반드시 필요한데, 이 과정 중 오차가 발생할 수 있다. Tikuisis et al.(2001)는 알루미늄 반구를 이용하여 삼차원 스캐너의 정확도를 확인했는데, 그 결과 3D 스캔된 값은 수학적으로 계산된 반구의 면적보다 약 0.34% 만큼 과대 추정했다고 보고했다. 0.34%라는 오차는 매우 작은 수치이기 때문에, 인체를 삼차원 스캔하는 경우 발생한 오차는 스캐너의 측정 오차가 아니라, 스캔 후 인체 이미지를 패칭과 스무딩하는 과정 중 유발되는 오차가 아닌가 언급하였다. 여기서 스무딩이란 거친 표면을 부드럽게 만들어 주는 과정을 의미한다

다. 인체를 삼차원 스캔한 경우, 인체 이미지 중 미세하지만 거칠게 오목볼록한 부분, 물결치는 부분, 주름진 부분 등이 매끄럽게 스무딩 되므로 실제 체표면적 값보다 적어질 가능성이 있다. 실제 한현숙, 남윤자(2004)도 표준 체형 마네킨의 체표면 데이터에 스무딩 과정을 거친 후 전체 면적은 약 1%(15,288cm²에서 15,162cm²) 줄었다고 하였다. 또한 전체적으로 거칠게 표현되는 피부면적 뿐만 아니라, 겨드랑 사이나 대퇴 사이 살들이 볼록볼록 나온 부분, 늘어진 부분, 혹은 지방 축적된 특정 부위 등이 매끄럽게 스무딩 되는 과정에서 체표면적이 과소 평가될 수 있다. 즉, 비만일 경우 스무딩 과정을 통한 면적 감소는 더 커질 가능성이 있다. 더욱이 발바닥의 면적은 움푹 패인 부분에 대한 고려 없이 스캐너 평판 위의 면적으로 계산되므로, 정확한 발바닥 면적을 얻기 위해선 발바닥만을 따로 스캔해야 한다.

한편, 삼차원 스캐닝에 의해 인식되지 못하는 부위는 이미지에서 텅 빈 구멍들로 표시되는데, 이러한 구멍을 채우는 패칭 과정이 필수적이다. 보통 패칭 과정 전 체표면적 데이터는 직접 측정된 값보다 적은 경향을 보이며 패칭 과정을 거치면서 면적은 증가한다. 예를 들면, 표준 마네킨의 체표면적의 경우 종이 코팅법으로 직접 측정된 경우 15,013cm², 삼차원 스캐너로 바로 측정된 경우 14,700cm², 패칭 작업을 거친 경우 15,288cm²로 패칭 작업을 통해 총 4%의 면적 증가가 일어났다(한현숙, 남윤자, 2004). 여기서 주목할 점은 이상의 결과는 접히는 살 부위가 없는 표준 마네킨을 대상으로 한 경우라는 점이다. 이론적으로 살이 겹치는 배나 여자의 가슴, 넓적다리 사이, 겨드랑 사이, 손가락, 발가락 부위 등은 정확하게 패칭될 수 없는데, 비만 체형일수록 이러한 패칭 과정의 정확도는 낮아질 수 밖에 없다.

이러한 단점에 대해, Tikuisis et al.(2001)는 다음과 같이 옹호하기도 하였다: '1) 온열 생리학적 관점에서 볼 때, 대류나 전도에 의한 열전달 기전을 고려하면, 의기와 직접 닿는 부위의 체표면적을 결정하는 것이 중요하다. 즉, 살이 접히는 부분은 온열 생리학적 관점에서 큰 의미는 없다. 2) 스무딩 과정에서 발생하는 오차는 특정 부위에만 생기는 것이 아니라 인체 전체에 무작위적으로 분포된다. 따라서 스무딩 과정을 거친 모델은 어디에 적용하건 큰 문제는 없다'. 그러나, 이상과 같은 Tikuisis et al.(2001)의 의견은 그의 의도와 달리 삼차원 스캐닝이 그다지 정확하지

않을 수도 있음을 내포한다.

셋째, 삼차원 스캐닝이 체표면적을 과소 평가하는 원인으로 패칭과 스무딩 과정 뿐만 아니라 면적을 계산하는 컴퓨터 프로그램의 계산 오차도 고려해 볼 수 있다(Yu et al., 2003).

넷째, 삼차원 스캐너는 측면, 즉 세워져 있는 부분은 잘 인식하지만, 꼭대기 부위는 놓칠 수 있다. 즉 머리 정수리 부위에서 오차가 다소 발생할 수도 있다(한현숙, 남윤자, 2004).

다섯째, 삼차원 스캐닝에서 여자 피험자는 브래지어를 착용하였으나 알지네이트를 이용한 방법에서는 브래지어 착용 없이 맨 살 위를 측정하였다는 점을 들 수 있다. 이 점이 세 명 중 여자 피험자의 오차를 가장 크게 만드는데 어느 정도 영향을 미쳤을 것이다. 여성의 경우, 특히 가슴이 클수록 브래지어 위의 면적과 실제 가슴 부위 피부면적과의 차이는 증가한다. 이는 브래지어를 착용하지 않고 측정한다면 쉽게 제거할 수 있는 오차이나 현실적으로는 실행하기 어렵다. 본 연구 뿐만 아니라 삼차원 스캐닝을 활용한 Yu et al.(2003)의 연구에서도 여성들은 브래지어를 착용하였는데 이는 여성 피험자들이 상반신 누드 상태의 사진이 남는 것을 꺼려했기 때문이다. 따라서 이는 삼차원 스캐닝을 이용하여 여성의 진신 체표면적을 추정하고자 모든 연구에서 하나의 난점이 될 수 밖에 없다.

지금까지 삼차원 스캐닝에 의한 값이 과소 추정되는 이유들에 대해 살펴보았다. 그러나 여기서 한 가지 흥미롭지만 다루기 힘든 문제가 발생하는데, 그것은 본 연구는 삼차원 스캐닝이 체표면적을 과소 추정한다는 결과를 얻은 반면, 어떤 선행연구는 삼차원 스캐닝이 과대 추정한다고 보고했다는 점이다. Yu et al.(2003)는, 비록 실측된 데이터와 비교된 경우는 아니지만, 삼차원 스캔된 체표면적은 DuBois의 추정식에 의해 추정된 체표면적보다 3.1% 컸다고 보고했다. 한현숙, 남윤자(2004)도 실제 살아있는 사람은 아니었지만, 평균 체형의 여자 마네킨을 대상으로 삼차원 스캔된 BSA와 종이 코팅법에 의해 측정된 BSA를 비교하였는데, 삼차원 스캔된 값이 종이 코팅법에 의해 얻어진 값보다 컸다고 보고하였다. 한현숙, 남윤자(2004)의 연구에서 가장 큰 오차를 보인 부위는 손이었고(16.1%), 다음으로 가슴(2.2%)과 넓적다리(1.9%)였는데, 삼차원 스캐닝의 과대 추정의 원인으로 첫째, 삼차원 스캔된 데이터는 실제 인체의 피부처럼 매끈하게 되지 않는다는 점, 둘째 기하학적 입체를 대상으로

정확도를 평가하였을 때, 스캔된 입체의 길이 값이 실제 입체의 길이보다 약간 길었다는 점을 들었다. 인체 부위 중 가장 큰 오차를 보이는 부분이 손이었다는 점은 본 연구 결과와 일치하였으나, 본 연구와는 반대로 삼차원 스캐닝이 손의 체표면적을 과대 추정하였다. 이 점은 삼차원 스캔된 체표면적에 대해 패칭과 스무딩 과정이 이루어지기 전과 후의 값에 흥미를 불러 일으키게 한다. 한현숙, 남윤자(2004)의 연구에서 패칭과 스무딩 과정 전 삼차원 스캔된 전신 체표면적은 14699.9cm^2 이었으나, 에디팅 후 15162.0cm^2 로 462cm^2 만큼 증가하였다. 그리고 그들은 에디팅 과정을 거친 후 코팅법에 의해 얻어진 직접 측정값(15012.9cm^2)에 보다 더 근접했다고 보고하였다. 또한, 부위별로 보았을 때 오차의 방향이 동일하지는 않았다. 즉, 머리 부위의 경우 삼차원 직접 측정값과의 차이는 $+4.2\%$ 였으나, 목 부위의 경우 차이는 -1.8% 였고, 위팔의 경우 차이는 $+3.7\%$ 였으나, 아래팔의 경우 차이는 -0.8% 였다. 또한 발 부위의 경우 패칭과 스무딩 전 직접 측정값과의 차이는 -33.6% 였으나, 패칭과 스무딩 후 차이는 31.0% 였다(한현숙, 남윤자, 2004).

본 연구에서도 삼차원 스캔 데이터에 대해 패칭과 스무딩 과정이 수행되었으나, 그 과정 이후에도 세 명의 전신 체표면적 모두 직접 측정값보다 적었다. 더욱이 선행 체표면적 추정식들에 적용한 경우의 값과 비교하여도 삼차원 스캔에 의해 얻어진 체표면적은 가장 적었다. 만약 한 측정방법이 어떤 연구에서는 과대 추정하는 경향을 보였고, 다른 연구에서는 과소 추정하는 경향을 보였다고 보고된다면, 이 방법의 정확도는 재검토되어야 할 것이다.

하지만, 부위별 체표면적을 절대값이 아닌 전신에서 차지하는 비율로 환산하여 비교한 결과, 두 방법에 따른 유의한 차이는 발견할 수 없었는데, 이는 삼차원 스캐닝이 다소 비율의 차이는 있을지라도 전신의 면적을 골고루 과소 평가한다는 의미이기도 하다. 여기서 부위별 체표면적의 비율이란 {각 부위의 체표면적 $\times 100$ /전신 체표면적}을 의미하는데, 삼차원 스캐닝에 의한 값은 알지네이트 값보다 전신 체표면적과 부위별 체표면적이 동시에 줄어들게 되므로, 즉 분자와 분모가 동시에 줄게 되므로 두 방법에 의한 비율에서는 큰 차이가 나타나지 않은 것이라 보인다.

한편, 체표면적 측정 시 알지네이트 방법의 다소 과대 추정할 가능성도 무시할 수는 없다. 무엇보다 알지네이트라는 재료의 특성 상, 알지네이트 반죽이 피부에

서 마른 후 다른 평면 위에 펼쳐 전개하는 과정에서 면적이 다소 늘어날 수 있다. 본 연구에서는 반죽을 두껍지 않게 바르고, 전신을 총 142 구획으로 나누어 분석하여 이러한 과정을 통해 발생할 수도 있는 오차를 최소화하고자 노력하였으나, 그렇다고 오차 가능성을 완전히 배제할 수는 없다. 둘째, 알지네이트 방법의 타당도와 신뢰도를 다룬 선행연구(Lee, 2005)에서 입체도형의 면적을 측정할 결과 오차는 입체의 형태, 크기 뿐만 아니라, 입체의 표면 특성에 따라 달랐다는 점을 고려해야 한다. 즉 동일한 반구 형태일 지라도 지름이 18cm인 경우 오차는 -0.1% 였던 반면, 지름이 15cm인 반구의 경우 오차는 $+3.6\%$ 로 증가했다. 이는 입체도형의 표면이 매끄러운 플라스틱 소재로 표면 곡률이 어느 정도 이상 증가하면 알지네이트 반죽이 아래로 다소 미끄러지는 경향이 있기 때문이라 사료되었고, 이를 확인하기 위해 동일한 형태이면서 표면 특성을 다르게 한 평판(매끄러운 플라스틱 표면, 미세 다공성 표면, 거즈)의 면적을 측정할 결과, 미세 다공성 표면이나 거즈 표면일 경우 오차는 90° 수직으로 세워진 경우에도 0.4% 이내라는 결과를 얻었다(Lee, 2005). 인체의 피부면은 모공과 털, 미세 주름 등으로 인해 플라스틱과 같은 매끄러운 표면은 아니므로 미끄러짐으로 인한 오차에 대한 우려는 다소 피할 수 있으나, 알지네이트 방법으로 체표면적을 측정하고자 하는 연구자는 이러한 오차 가능성도 기억해야만 한다.

삼차원 스캐닝에 의한 방법이 기존의 어떤 체표면적 측정방법보다도 빠르고 쉬운 방법이라는 점에서 그 매력을 부인할 수는 없다. 본 연구와 선행연구들 모두 삼차원 추정 시 오차는 손 부위에서 가장 컸으므로, 한국인 성인남녀의 다양한 체형별로 다양한 크기의 손의 체표면적이 정확히 측정되어 그 값이 알려져 있다면, 그리고 비만 체형이 아닌 피험자에 한하여 삼차원 측정이 이루어진다고 가정할 때, 삼차원 스캐닝에 의한 전신 체표면적 추정은 측정자와 피험자 모두에게 가장 만족스럽고 효율적인 방법으로 자리잡을 수 있을 것이다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 삼차원 스캐닝 방법과 알지네이트 방법을 이용하여 한국인 성인 남녀의 전신 및 부위별 체표면적을 측정하였으며, 그 결과를 비교 분석하였다. 피험자로는 서로 다른 체형의 한국인 성인 남자

두 명(비만 체형, 마른 체형)과 성인 여자 한 명(비만 체형)이 참여하였고, 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 세 명 모두 삼차원 스캔에 의해 얻어진 값이 알지네이트로 측정된 값보다 6-14% 만큼 적었으며, 그 차이는 마른 체형보다 비만 체형의 경우 더 컸다. 뿐만 아니라, 두 방법에 의해 측정된 전신 체표면적 값과, 선행 체표면적 추정식(10개)에 피험자의 키, 몸무게 등을 넣어 추정된 전신 체표면적 값들을 비교한 결과, 삼차원 스캔에 의해 얻어진 값이 10개 식에 의해 추정된 값들보다 적었다. 둘째, 두 방법에 의해 얻어진 BSA의 차이를 부위별로 비교하였을 때, 마른 체형(남자 2)의 경우 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았으나, 비만 체형(남자 1, 여자 1)의 경우 두 방법간의 차이는 통계적으로 유의했다. 셋째, 두 방법에 따른 부위별 면적 차의 비율이 가장 큰 부위는 세 명 모두 손 부위로 삼차원 스캔에 의한 값이 알지네이트에 의한 값보다 평균 30%(24-34%) 적은 값을 보였다. 넷째, 부위별 체표면적을 전신에서 차지하는 비율로 환산하여 비교한 결과 두 방법에 따른 유의한 차이는 발견할 수 없었다.

결론적으로, 이상의 결과에 대해 다음을 제언한다: 첫째, 삼차원 스캐닝의 과소추정의 원인으로 스캐너가 인식하지 못하는 살이 접히는 부위나 가려지는 부위 등에 대한 패칭과 스무딩 과정에서 발생한 측정 오차를 고려할 수 있으나, 반면 삼차원 스캐닝이 체표면적을 다소 과대 추정한다는 보고도 있으므로 이에 대해서는 면밀히 재검토될 필요가 있다. 둘째, 피험자가 비만 체형인 경우 삼차원 스캐닝에 의한 전신 체표면적 추정은 권장되지 않는다. 셋째, 이론적으로 손의 면적은 삼차원 스캐닝에 의해 정확히 추정될 수는 없으나, 알지네이트 측정에 의해 다양한 체형의 손 체표면적 데이터가 확보되어 삼차원 스캐닝 시 활용된다면, 삼차원 스캐닝을 통한 전신 체표면적 추정의 활용도를 보다 높일 수 있을 것이다. 넷째, 삼차원 스캐닝에 의해 얻어진 체표면적은 그 절대 값보다는 부위별 체표면적의 비율로 환산하였을 때 적용가능성이 보다 높아진다고 볼 수 있다. 마지막으로, 본 연구는 피험자 세 명을 대상으로 한 것이므로, 보다 다양한 체형의 피험자를 대상으로 추가 분석될 필요가 있다.

참고문헌

사이즈 코리아 SIZE Korea 2004. (2004). 국민표준체위조사

2004. 산업자원부 기술표준원.

- 임순. (1988). *한국 여성의 체표면적에 관한 연구-20-40대를 중심으로-*. 한양대학교 대학원 박사학위 논문.
- 최원로. (1956). *한국인의 체표면적*. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 한현숙, 남윤자. (2004). 체표면적 측정을 위한 3차원 스캔법의 적합성에 대한 연구. *한국섬유공학회*, 41(3), 223-229.
- 新谷 二郎. (1931). 本邦人ノ體表面積ニ就テ, 第1編-體表面積ノ測定法. 同計算式普??全體表面積ノ測定ト之ガ體重及ビ身長ニ對スル諸關係. *國民衛生*, 8(3), 233-273.
- Banerjee, S., & Bhattacharya, A. K. (1960). Determination of body surface area in Indian Hindu children. *Journal of Applied Physiology*, 16, 969-970.
- Banerjee, S., & Sen, R. (1955). Determination of the surface area of the body of Indians. *Journal of Applied physiology*, 7, 585-588.
- Bouchard, M. C. (1897). Détermination de la surface, de la corpulence et de la composition chimique du corps de l'homme. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie de sciences*, 124, 844-851.
- Boyd, E. (1935). *The growth of the surface area of the human body*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Breitmann, M. (1932). Eine vereinfachte methodic der körperoberfl uachbestimmung. *Zeitschrift für Konstitutionslehre*, 17, 211-214.
- Brooke-Wavell, K. F., Jones, P. R. M., & West, G. M. (1994). Reliability and repeatability of 3-D body scanner (LASS) measurements compared to anthropometry. *Annals of Human Biology*, 21, 571-577.
- Coffman, C. W., Obendorf, S. K., & Derksen, R. C. (1999). Pesticide deposition on coveralls during vineyard applications. *Archives of Environmental Contamination & Toxicology*, 37(2), 273-279.
- Cutting, C. B., McCarthy, J. G., & Karron, D.B.(1988). Three-dimensional input of body surface data using a laser light scanner. *Annals of Plastic Surgery*, 21(1), 38-45.
- DuBois, D., & DuBois, E. F. (1916). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*, 17, 863-871.
- Gehan, E.A., & George, S. L. (1970). Estimation of human body surface area from height and weight. *Cancer Chemotherapy Report*, 54(4), 225-235.
- Grollman, A. (1929). Physiological variations in the cardiac output of man. *American Journal of Physiology*, 60, 210-217.
- Haycock, G. B., Schwartz, G. J., & Wisotsky, D.H. (1978). Geometric method for measuring body surface area: A height weight formula validated in infants, children and adults. *The Journal of Pediatrics*, 93(1), 62-66.

- Krovetz, L. J. (1965). The physiologic significance of body surface area. *Journal of Pediatrics*, 67(5), 841-862.
- Lee, J. Y. (2005). *A study on the body surface area of Korean adults*. PH. D. Dissertation, Seoul National University.
- Livingston, E. H., & Lee, S. (2000). Percentage of burned body surface area determination in obese and nonobese patients. *Journal of Surgery Research*, 91(2), 106-110.
- Mitchell, D., & Wyndham, C. H. (1969). Comparison of weighting formulas for calculating mean skin temperature. *Journal of Applied Physiology*, 26(5), 616-622.
- Mosteller, R. D. (1987). Simplified Calculation of Body Surface Area. *New England Journal of Medicine*, 22, 317(17), 1098.
- Nagal, T. R., & Schunk, J. E. (1997). Using the hand to estimate the surface area of a burn in children. *Pediatric Emergency Care*, 13(4), 254-255.
- Nichter, L. S. N., Williams, J., Bryant, C. A., Edlich, R. F. (1985). Improving the accuracy of burn surface estimation. *Plastic and Reconstruction Surgery*, 76(3), 428-432.
- Nwoye, L. O. (1989). Body surface area of Africans: a study based on direct measurements of Nigerian males. *Human Biology*, 61, 439-57.
- Pinkel, D. (1958). The use of body surface area as a criterion of drug dosage in cancer chemotherapy. *Cancer Research*, 18, 853-856.
- Scocum, A. C., & Shern, L. C. (1991) Spray deposition patterns during simulated work activities by lawn care specialists. *Journal of Environmental Science & Health B*, 26(3), 259-278.
- Smith, H. W. (1951). *The kidney; structure and function in health and disease*. New York: Oxford University Press.
- Takai, S., & Shimaguchi, S. (1986). Are height and weight sufficient for the estimation of human body surface area?. *Human Biology*, 58, 625-638.
- Tikuisis, P., Meunier, P., & Jubenville, C. E. (2001). Human body surface area: measurement and prediction using three dimensional body scans. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 264-271.
- Yu, C. Y., Lo, Y. H., & Chiou, W. K. (2003). The 3D scanner for measuring body surface area: a simplified calculation in the Chinese adult. *Applied Ergonomics*, 34, 273-278.