

3차원 바디 스캐너를 이용한 남성 상반신 인체측정 -직접측정과의 비교-

백경자[†] · 이정란

부산대학교 의류학과

Upper Body Measurement of Men using 3D Body Scanner -Compared to Anthropometry-

Kyung Ja Paek[†] · Jeong Ran Lee

Dept. of Clothing & Textiles, Pusan National University

(2006. 11. 28. 접수)

Abstract

Three dimensional body scan technology is being targeted for utilization in the apparel industry. The purpose of this study was to test reliability of the body scan data targeting from 20 to 24 year old men by comparing 3DM, 3D body-scanning semi-auto measurement extraction method, Scanworx, 3D body-scanning auto measurement extraction method, and traditional anthropometric method. We found significant differences in 9 out of 25 items in upper body measurements using 3DM and 16 out of 25 items using Scanworx. In the range of difference value of scan measures, it showed 1 item in the absolute value of more than 40mm between two measuring methods, 3 items in 20 up to 40mm, and less than 20mm in other items. Overall, in height items, the numerical value of traditional measure was higher and in girth, width, depth items, 3D scan measure was higher. We found out that reliability of 3D measurements taken from whole body scans was different according to scanners, scanning softwares, programs, and subjects.

Key words: 3D body scanner, Body measurement, Reliability; 3차원 바디 스캐너, 인체측정, 신뢰도

I. 서 론

3차원 바디 스캐너는 인체에 접촉하지 않고 고감광 장치와 광학기술을 이용하여 인체의 바깥표면을 검색하여 포착한다(Istook & Hwang, 2001). 이를 통해 기존의 줄자 등을 이용해 단순한 인체수치정보를 제공받던 것에서 불륨이나 면적, 3차원적 정보를 짧은

시간 내에 제공받아 다각도에서 분석이 가능하게 되었다. 또한 인체를 직접 측정하지 않고도 인체측정데이터의 수집이 가능하게 되었으며 측정하는데 시간과 측정자료의 재현이 편리하게 되었다. 추출한 정보는 몇 번이고 반복하여 다시 사용할 수 있도록 설계되어져 신뢰성이 높은 자료를 공유하므로 인체측정연구에 가장 큰 장애를 제거했다(Mckinnon & Istook, 2002).

최근 국내에서도 3차원 바디 스캐너에 대한 연구가 진행되어지고 또 Size Korea에서 진행한 제5차 한국인 인체치수조사를 계기로 적용이 논의되고 있다. 그러나 아직은 측정방법과 측정항목에 대한 정확한 표준안이 미흡하여 활용에 한계가 있고 3차원 인체정

[†]Corresponding author

E-mail: paekkj@yahoo.co.kr

본 연구는 한국학술진흥재단 신진연구인력장려금과제(KRF-2004-908-C00053)의 지원을 받아 수행된 결과의 일부임.

보를 통해 의복의 적합성을 검토하는 시스템도 생소한 상태에 있다. 이를 보완하기 위해 외국의 몇몇 회사에서 개발한 치수측정 소프트웨어들을 사용하여 3차원에 의해 얻어진 인체정보를 분석하고 있다(윤승현 외, 2004).

현재 세계적으로 상용화되고 있는 3차원 바디 스캐너의 종류와 그 형태는 매우 다양하다. 가장 대표적인 제품으로는 Cyberware사의 Whole Body Scanner WB4, Tecmath사의 Vitus 3D Body Scanner, TC²사의 Body Scanner, Wicks & Wilson사의 Triform Body Scan 등이 있으며, 3차원 인체측정소프트웨어로는 Cyberware의 DigiSize software, Tecmath의 Scanworx 및 Polyworx, TC²의 3D Body Measurement Soft System 등의 제품들이 있다.

3차원 스캐너에서 인체를 측정하는 소프트웨어는 계속적으로 개발되고 있지만 인체측정점, 측정부위 설정과 같은 기본 원리에 대한 언급은 거의 이루어지고 있지 않으며 발표된 정보도 거의 드문 상태였으나, 여러 가지 3차원 기기에 대한 비교(Istook & Hwang, 2001)를 시작으로 스캐닝시 호흡과 발위치에 관한 연구(Mckinnon & Istook, 2002), 3종류의 스캐너(TC², Cyberware, SYMCAD)간 자동인체측정치와 직접인체측정치간 결과 비교(Simmons & Istook, 2003) 연구 등이 발표되었다.

국내에서는 3차원 인체측정의 자세 및 기준점, 측정항목, 프로토콜 개발 등을 포함한 구체적인 표준화 방안(남윤자 외, 2004)이 제시되었다. 이정임 외(2004)는 60대 노년 여성 19명에 대하여 젊은 여성, 여성용 인대를 비교 연구대상으로 3차원 측정자료의 신뢰도를 분석하였으며, Lee and Ashdown(2005)는 25명의 미국 여성을 대상으로 상반신 동작변화에 따른 3차원 자동측정치 자료의 신뢰도 결과를 밝혔다. Mckinnon and Istook(2001), Paquette et al.(1998)의 연구에서도 3차원 측정에 사용되는 완전자동 데이터 추출 시스템간 유용성을 검토하고 그 결과를 직접인체측정방법과 비교하여 3차원 인체측정치에 대한 신뢰도 파악을 위한 연구결과를 발표한 바 있다.

이처럼 3차원 바디 스캐너의 활용이 현재는 인체 측정에서 주로 사용되고 있으며, 직접인체측정치와의 비교를 통하여 그 신뢰도에 관한 문제를 파악하고 있다. 또한 그 연구대상이 여성에만 집중되어 있다(이정임 외, 2004; Lee & Ashdown, 2005; Simmons & Istook, 2003). 그러나, 실제 의류업체에서의 3차원 자

료 활용을 위해서는 다양한 3차원 바디 스캐너 및 측정프로그램의 종류에 따른 정밀도, 연구대상의 체형 특성 등에 따른 차이 등에 대한 검증이 요구된다.

주5일 근무제에 따른 근무복 자율화 현상과 웰빙, 문화, 레저와 같은 트렌드가 반영되면서 남성복 시장은 예전과 달리 시장규모가 커져가고 있다. 남성 소비자들의 패션 관심도는 높아졌으며 더불어 생활여가에 대한 관심이 늘어나면서 신체에 적합하고 활동에 편안함을 줄 수 있는 의복을 선호하고 있다.

따라서 본 연구에서는 유행의 경향과 바디 피트니스 등으로 체형과 패션에 관심이 높은 20대 전반 남성을 대상으로 3차원 인체측정 및 직접인체측정을 실시하고 그 결과의 비교분석을 통하여 3차원 바디 스캐너에 대한 인체측정 신뢰도 및 문제점들을 고찰하고자 하였다.

II. 연구방법 및 절차

1. 3차원 인체측정

1) 측정대상 및 기간

3차원 측정방법 및 항목선정을 위한 예비실험 실시 후, 본 측정은 2005년 6월 23일, 28일 양일간 서울 기술표준원에서 실시하였으며, 평균체형에 해당되는 20~24세의 남성 25명을 대상으로 하였다.

2) 3차원 인체측정자세

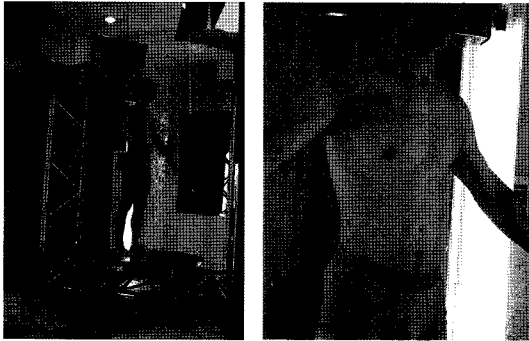
3차원 측정시 겨드랑과 살부위의 데이터 손실을 막기 위해 팔과 다리의 벌림치수를 참고하여(이정임 외, 2004; Mckinnon & Istook, 2002), 우선 발이 30cm 떨어지도록 제작된 발판을 기준으로 다리의 형태가 구부러지지 않은 곧은 자세로 서도록 하였다. 윗팔과 몸통의 간격을 60도로 유지하도록 제작된 간격보정각도기를 이용하여 윗팔이 몸통과 붙지 않도록 하였다. 간격보정각도기는 측정시는 사용하지 않고, 피측정자로 하여금 간격을 그대로 유지하도록 하였으며 호흡은 중간호흡으로 자연스럽게 하도록 유도하고(Mckinnon & Istook, 2002) 높은 정면을 향하게 하였다.

3) 측정기기 및 보조도구

사용된 3차원 바디 스캐너는 서울 기술표준원에 보유된 미국 Cyberware사의 WB4 제품이며, 측정복은 Size Korea에서 개발한 남성 인체측정복과 측정모를 사용한

였다. 인체의 기준점 표시를 위해 Size Korea에서 사용된 지름 1.1cm의 녹색랜드마크와 윗팔과 몸통의 간격 유지를 위한 보정각도기를 사용하였으며, 발의 너비를 보정할 수 있도록 발판에 발의 모양과 선을 표시하였다.

<그림 1>은 3차원 인체스캔모습이다.



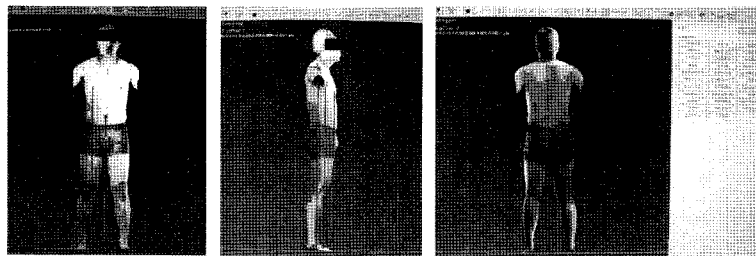
<그림 1> 3차원 인체스캔모습

4) 기준점 및 측정항목

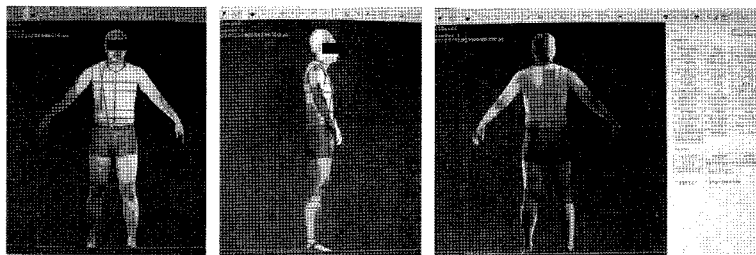
제5차 한국인 인체치수조사(산업자원부 기술표준원, 2005), 인체측정표준용어집(산업자원부 기술표준원, 2004), Size Korea 3차원 인체측정방법 표준화(남윤자의, 2004)를 참고하여 기준점 및 측정항목을 설정하였다. 인체측정에 필요한 기준점 총 20개와 높이 5항목, 둘레 6항목, 길이 5항목, 너비 4항목, 두께 4항목, 각도 1항목의 총 25개 항목에 대하여 측정하였다(표 1, 2).

5) 3차원 데이터 분석

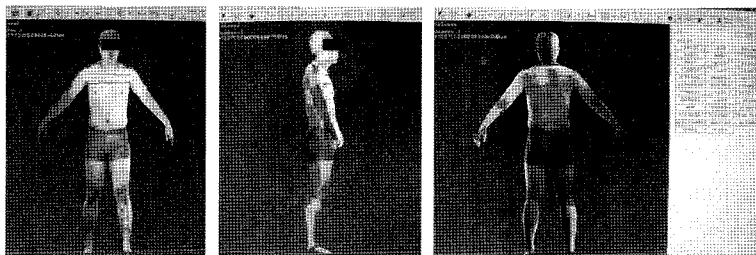
먼저 데이터 전처리 과정으로 RapidForm 프로그램을 사용하여 스캔 후 미측정부위로 인해 서로 다른 부위에 Hole이 생기거나 표면이 매우 거친 부분이 생긴 부위에 대하여 3DM에서 분석이 가능하도록 3차원 인체형상에서의 인체치수 측정경로에 따라 최소한의 에디팅을 실시하였다. 다음 3차원 인체데이터를 얻기 위하여 3차원



높이항목

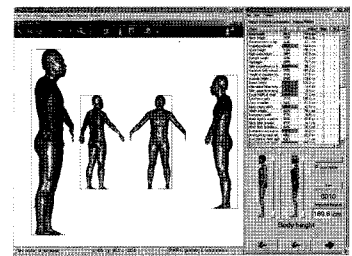


둘레 및 길이항목

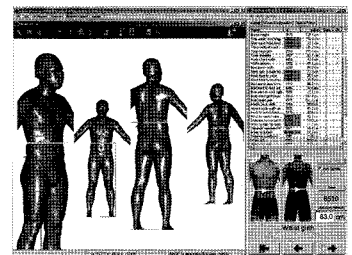


너비 및 길이항목

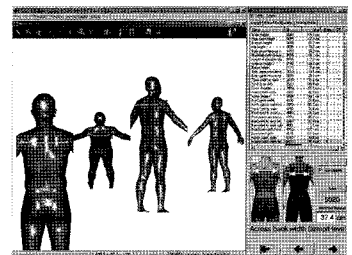
<그림 2> 3DM을 이용한 3차원 인체측정모습



높이항목(키)



둘레항목(허리둘레)



길이항목(겨드랑뒤벽사이길이)

<그림 3> Scanworx를 이용한 3차원 인체측정모습

형상에서 랜드마크를 연구자가 직접 클릭하여 측정하는 반자동측정방식의 프로그램인 3DM을 사용하여 기준점을 수동으로 지정해 주고 측정경로 설정 및 측정치 계산을 자동으로 수행하도록 하였다(그림 2).

3차원 데이터 분석을 위한 또 다른 분석방법으로 자동 인체측정프로그램인 Scanworx를 사용하였다. Cyberware에서 스캔된 ply파일을 다른 기종의 프로그램인 Scanworx로 호환하기 위하여 Geomagic Studio 9.0 프로그램을 이용하여 obj파일로 변환하였다(그림 3).

2. 직접측정

1) 측정대상 및 기간

2005년 3월~6월 동안 20~24세의 남성을 대상으로 하였다. 제5차 한국인 인체치수조사(산업자원부 기술표준원, 2005)의 신장과 몸무게에 대하여 평균±3σ내에 해당하도록 의도표집하여 총 54명에 대해 측정하였으며, 이 중 25명은 3차원 측정자와 동일하다.

2) 측정기기 및 방법

제5차 한국인 인체치수조사(산업자원부 기술표준

원, 2005)에 따라 R. Martin의 인체측정법 및 KS A 7003, 7004에 준하여 직접측정을 실시하였다. 단, 피 측정자의 자세는 3차원 측정데이터와의 비교를 위하여 3차원 측정시와 동일하게 유지하도록 하였으며, 이러한 자세유지를 위해 보조발판, 간격보정각도기의 보조기구를 사용하였다. 측정은 연구자가 랜드마크를 직접 표시하고 의류전공 남학생 1인과 보조자 1인이 팀을 이루어 실시되었다.

기준점과 측정항목은 3차원 인체측정시와 동일하다(표 1, 2).

III. 연구결과 및 고찰

1. 직접측정결과

3차원 인체측정데이터와의 비교를 위해 실시된 연구 대상자의 직접측정결과, 키 172.6cm, 가슴둘레 95.9cm, 허리둘레 77.5cm, 몸무게 70.8kg 등으로 나타났다. 제5차 한국인 인체치수조사 직접측정자료(산업자원부 기술표준원, 2005)와의 t-검정 결과에서 주요 항목간 유의차는 보이지 않았다(표 3).

<표 1> 인체측정항목의 기준점

항목수	항 목		
기준점 (20)	1. 머리마루점*	2. 방패연골아래점	3. 목앞점
	4. 목옆점	5. 목뒤점	6. 어깨점
	7. 어깨가쪽점	8. 겨드랑앞벽점	9. 겨드랑뒤벽점
	10. 겨드랑점*	11. 겨드랑앞점	12. 겨드랑뒤점
	13. 복장뼈가운데점	14. 허리앞점	15. 허리옆점
	16. 허리뒤점	17. 배꼽점*	18. 배꼽수준허리옆점
	19. 배꼽수준허리뒤점	20. 엉덩이돌출점	

*표시항목은 직접 랜드마크를 부착하지 않은 기준점이다.

<표 2> 인체측정항목

항목수	항 목		
높 이(5)	1. 키	2. 어깨높이	3. 겨드랑높이
	4. 허리높이	5. 배꼽수준허리높이	
둘 레(6)	6. 목둘레	7. 겨드랑둘레	8. 가슴둘레
	9. 허리둘레	10. 배꼽수준허리둘레	11. 엉덩이둘레
길 이(5)	12. 앞중심길이	13. 등길이	14. 어깨길이
	15. 겨드랑앞벽사이길이	16. 겨드랑뒤벽사이길이	
너 비(4)	17. 어깨너비	18. 가슴너비	19. 허리너비
	20. 배꼽수준허리너비		
두 겹(4)	21. 겨드랑두께	22. 가슴두께	23. 허리두께
	24. 배꼽수준허리두께		
각 도(1)	25. 오른어깨기울기		
기 타(1)	26. 몸무게		

2. 3차원 측정결과

20대 전남 남성 25명에 대한 3차원 측정결과, 가슴둘레 97.9cm(3DM)/97.3cm(Scanworx), 허리둘레 78.6cm(3DM)/78.4cm(Scanworx) 등으로 나타났다. <표 4>는 3DM을 이용한 본 연구의 3차원 측정자료와 제5차 한

국인 인체치수조사 3차원 측정자료, 또 Scanworx를 이용한 본 연구의 3차원 측정자료와 제5차 한국인 인체치수조사 3차원 측정자료에 대한 각각의 항목간 t-검정 결과이다. 키, 배꼽수준허리높이, 목둘레, 겨드랑둘레, 엉덩이둘레, 어깨너비, 가슴너비 및 모든 길이항목에서 유의차를 보였으며, 겨드랑높이항목은 Scanworx를 이

<표 3> 주요 항목의 직접인체측정결과

(단위: cm/Kg)

직접측정항목	본 직접측정자료 (N=25)		제5차 한국인 인체치수조사 직접측정자료 (N=344)		t-value
	Mean	S. D.	Mean	S. D.	
키	172.6	5.2	173.8	5.8	-1.13
가슴둘레	95.9	5.5	95.1	6.3	0.71
허리둘레	77.5	5.6	77.7	7.5	-0.17
배꼽수준허리둘레	79.5	6.3	79.7	7.8	-0.16
엉덩이둘레	96.0	6.3	94.6	5.5	1.08
몸무게	70.8	8.9	69.5	10.2	0.71

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

<표 4> 3차원 인체측정결과

(단위: cm)

3차원 측정항목	본 3차원 측정자료 3DM program (N=25)		t-value	제5차 한국인 인체치수조사 3차원 측정자료 (N=259/260)		t-value	본 3차원 측정자료 ScanWorx program (N=25)		
	Mean	S. D.		Mean	S. D.		Mean	S. D.	
	높이	키	170.7	5.4	-2.45*	173.4	5.6	-2.19*	170.9
어깨높이		138.3	4.7	-1.25	139.5	5.2	-1.60	137.9	4.9
겨드랑높이		128.6	5.3	-0.74	129.4	4.9	-2.61**	126.9	4.7
허리높이		104.6	4.0	-2.33*	106.5	4.5	-0.95	105.9	3.1
배꼽수준허리높이		98.3	4.0	-4.29***	101.8	4.1	-4.40***	98.3	3.9
둘레	목둘레	39.5	2.7	4.90***	36.8	2.7	3.53**	38.6	2.5
	겨드랑둘레	41.3	2.3	4.90***	39.0	3.0	9.49***	45.2	3.2
	가슴둘레	97.9	5.6	-0.87	98.9	6.5	-1.38	97.3	5.7
	허리둘레	78.6	5.8	0.68	77.8	7.7	0.51	78.4	5.8
	배꼽수준허리둘레	80.9	5.9	0.42	80.4	8.2	0.33	80.8	6.0
	엉덩이둘레	97.8	5.4	2.63**	94.9	5.7	1.84*	98.1	8.5
	앞중심길이	32.8	2.0	-5.88***	35.2	2.6	-4.67***	33.2	2.1
길이	등길이	39.6	1.8	-7.08***	42.2	2.4	-5.31***	39.6	2.4
	어깨길이	13.4	1.2	-4.49***	14.5	1.2	-2.45*	13.8	1.4
	겨드랑앞벽사이길이	35.4	2.2	-6.90***	38.5	2.0	-7.96***	34.6	2.4
	겨드랑뒤벽사이길이	36.6	2.4	-9.59***	41.3	2.5	-10.73***	36.7	2.1
너비	어깨너비	39.5	2.2	-2.00*	40.4	1.8	-4.05***	38.0	2.9
	가슴너비	34.7	1.8	-3.81***	36.1	2.2	-3.27**	34.5	2.4
	허리너비	28.1	1.9	-0.77	28.4	2.3	-1.40	27.8	2.1
	배꼽수준허리너비	29.4	1.8	-0.82	29.7	2.5	-1.17	29.2	2.1
두께	겨드랑두께	12.7	1.3	1.13	12.4	1.5	-0.41	12.3	1.2
	가슴두께	21.9	1.7	-0.58	22.1	2.1	-1.63	21.4	2.1
	허리두께	21.1	2.2	1.56	20.4	2.7	0.70	20.7	2.1
	배꼽수준허리두께	20.9	1.7	1.44	20.4	2.5	-0.61	20.2	1.6

*p<.05, **p<.01, ***p<.0005

용한 결과에서만, 허리높이항목은 3DM을 이용한 결과에서만 유의차가 나타났다. 또한 목둘레, 엉덩이둘레, 어깨길이, 어깨너비, 가슴너비항목에 나타난 유의차의 정도가 프로그램에 따라 다를 수 있었다.

전반적으로 살펴보면 높이항목과 길이항목, 너비항목에서는 본 연구치가 제5차 인체치수조사 결과치보다 작게 나타났으며 가슴둘레를 제외한 둘레항목은 반대의 경향을 보였다. 이는 본 연구와 제5차 한국인 인체치수조사시 3차원 측정자세 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 후자의 3차원 측정자세는 기본 선 자세, 응용 선 자세, 응용 앉은 자세로 이루어지며, 이때 양발 엄지발가락의 간격을 키에 따라 20cm, 18cm, 16cm로 구분하고 몸통과 손목의 간격도 20cm, 18cm, 15.5cm로 달리하여 측정되었다. 따라서 몇몇 항목을 제외한 높이, 둘레, 너비, 두께측정치보다 체표를 따라서 측정되는 길이항목에서 자세의 영향을 더 크게 받은 것으로 생각되며, 또 둘레항목에서 가슴부위의 측정치와 허리부위의 측정치 간 상반된 경향을 보여 본 연구 대상자가 상대적으로 상반신 드롭치가 작은 체형인 것으로 짐작된다. Mckinnon and Istook(2002)은 다양한 발의 위치와 호흡정도에 따라서 측정치수의 차이가 있음을 언급하였다.

3. 3차원 바디 스캐너의 인체측정 신뢰도

20대 전반 남성 25명의 3차원 측정치와 직접측정치를 비교하여 본 연구에 사용된 3차원 바디 스캐너의 인체측정 신뢰도를 검증하고 두 측정치간 오차범위를 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 3차원 측정치와 직접측정치 비교

본 연구 자료의 3DM을 이용한 3차원 측정치와 직접측정치간, 그리고 Scanworx를 이용한 3차원 측정치와 직접측정치간 비교한 결과이다(표 5). 반자동측정프로그램인 3DM으로 측정한 결과와 직접측정치간 유의차가 나타난 항목은 허리높이, 배꼽수준허리높이, 등길이, 겨드랑뒤벽사이길이, 가슴너비, 겨드랑두께, 가슴두께, 허리두께, 배꼽수준허리두께의 9개 항목이었으나, 자동측정프로그램인 Scanworx와의 결과에서는 모든 높이항목, 목둘레를 제외한 둘레항목 등 16개 항목에서 차이가 나타남을 알 수 있었다.

20대 미국 여성을 대상으로 Polyworx 프로그램과 직접인체측정치를 비교한 Lee and Ashdown(2005)의

연구결과를 살펴보면 목밑둘레를 제외한 모든 둘레항목에서 측정치간 유의차가 나타나지 않았으나, 본 연구에서는 Cyberware 기기에서 촬영한 3차원 스캔 데이터의 호환을 위해 Geomagic studio 프로그램을 거치는 과정에서, 또 자동으로 인체의 랜드마크를 설정하는 자동프로그램의 특성을 고려하여 볼 때, 랜드마크의 위치 등이 완벽하게 일치되지 못한 결과로 사료된다. 높이항목 중 허리높이항목에 대해서는 직접 측정시 앞허리점을 기준으로 측정하였으나, 연구에 사용된 3DM 3차원 측정프로그램에서는 왼쪽허리점을 기준으로 허리선을 설정하여 그 오차가 있을 것으로 생각된다. 가슴너비, 가슴두께 등 겨드랑점 위치와 관련이 있는 항목에서 나타난 유의차는 3차원 인체측정시 겨드랑이나 살 등 감춰진 부위에서 기준점 자동 인식 시 오류가 발생하여 정확한 측정에 한계가 있으며, 본 연구에서와 같이 3DM을 이용하여 측정기준점을 수동으로 지정하여 기준점 인식시 발생할 수 있는 오류 가능성을 줄인 경우에도 겨드랑 주변 부위에 대한 정확한 측정에 한계가 있음을 확인한 이정임 외(2004)의 결과와 유사하다. 본 연구대상인 남성의 경우 겨드랑 부위의 체모 등으로 인한 오류도 있을 것으로 사료된다.

<표 6>에서는 3차원 바디 스캐너를 이용한 인체측정 신뢰도 분석을 위해 직접측정결과와 t-test를 실시한 선행연구들을 살펴보았다. Brooke-Wavell et al.(1994)는 영국 LASS(Loughborough Anthropometric Shadow Scanner) 기기를 이용하여 여성 5명, 남성 5명을 대상으로 목둘레, 가슴둘레(남성) 및 젖가슴둘레(여성), 허리둘레, 엉덩이둘레, 허리너비, 허리높이, 허리두께의 7항목을 측정하였다. 그 결과, 여성의 경우에만 허리높이, 목둘레, 젖가슴둘레, 허리너비, 허리두께의 5항목에서 0.05 수준의 유의차를 보였으며 남성의 경우에는 유의차가 없어 전체적으로 LASS를 이용한 신뢰도 높은 3차원 결과를 발표했다. Cyberware WB4로 스캔한 20대 남성 데이터를 Auto CAD 2000을 이용하여 가슴둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레, 겨드랑앞벽사이길이, 겨드랑뒤벽사이길이, 등길이, 목뒤등뼈위겨드랑수준길이, 어깨길이의 8항목에 대해 측정한 결과(서동에, 2001)에서는 6항목에서 유의차를 나타냈으며 의복설계시 주요 부위인 가슴둘레, 허리둘레에서 0.001 수준의 큰 유의차를 보였다. 동일한 스캐너와 연령대의 남성 데이터를 3DM 프로그램으로 측정 한 본 연구결과에서는 둘레항목의 신뢰도를 확인하였

<표 5> 3차원 측정치와 직접측정치 비교

(N=25/단위: cm, °)

항 목	3차원 측정치 (3DM)		t-value	직접측정치 (본 연구자료)		t-value	3차원 측정치 (Scanworx)		
	Mean	S. D.		Mean	S. D.		Mean	S. D.	
높 이	키	170.7	5.4	-1.27	172.6	5.2	-3.61***	170.9	5.6
	어깨높이	138.3	4.7	-0.87	139.4	4.7	-3.34**	137.9	4.9
	겨드랑높이	128.6	5.3	0.23	128.2	4.1	-2.46*	126.9	4.7
	허리높이	104.6	4.0	-3.46**	108.5	3.8	-6.67***	105.9	3.1
	배꼽수준허리높이	98.3	4.0	-3.65**	102.6	4.4	-10.64***	98.3	3.9
둘 레	목둘레	39.5	2.7	-0.57	40.1	4.2	-1.64	38.6	2.5
	겨드랑둘레	41.3	2.3	-1.74	42.6	2.6	3.81**	45.2	3.2
	가슴둘레	97.9	5.6	1.23	95.9	5.5	2.63*	97.3	5.7
	허리둘레	78.6	5.8	0.68	77.5	5.6	2.39*	78.4	5.8
	배꼽수준허리둘레	80.9	5.9	0.82	79.5	6.3	4.07***	80.8	6.0
	엉덩이둘레	97.8	5.4	1.21	96.0	6.3	-	98.1	8.5
길 이	앞중심길이	32.8	2.0	-1.37	33.6	2.2	-1.03	33.2	2.1
	등길이	39.6	1.8	-2.40*	40.9	1.9	-3.51**	39.6	2.4
	어깨길이	13.4	1.2	-0.22	13.5	1.4	1.71	13.8	1.4
	겨드랑앞벽사이길이	35.4	2.2	0.90	34.8	2.8	-0.29	34.6	2.4
	겨드랑뒤벽사이길이	36.6	2.4	-3.00**	39.0	3.3	-4.82***	36.7	2.1
너 비	어깨너비	39.5	2.2	1.35	38.7	2.4	-1.10	38.0	2.9
	가슴너비	34.7	1.8	2.62*	33.3	2.1	4.26***	34.5	2.4
	허리너비	28.1	1.9	1.59	27.3	1.8	1.57	27.8	2.1
	배꼽수준허리너비	29.4	1.8	1.53	28.6	2.0	2.48*	29.2	2.1
두 겹	겨드랑두께	12.7	1.3	2.45*	11.8	1.5	1.99	12.3	1.2
	가슴두께	21.9	1.7	2.36*	20.6	2.0	2.38*	21.4	2.1
	허리두께	21.1	2.2	3.00**	19.4	1.8	4.28***	20.7	2.1
	배꼽수준허리두께	20.9	1.7	2.64*	19.5	1.9	2.86*	20.2	1.6
각 도	오른어깨기울기(°)	20.1	3.2	-0.88	21.2	4.8	0.38	22.8	3.9

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

다. 반면 동일한 스캐너와 프로그램을 사용하였으나 노년여성을 대상으로 측정한 결과(이정임 외, 2004)에서는 겨드랑둘레, 가슴둘레에서 큰 유의차를 나타냈으며, 겨드랑뒤벽사이길이항목은 남성 측정치에서만 유의차를 보였고 등길이에서는 3가지 경우에서 모두 유의차를 나타내었다.

이처럼 성별, 3차원 바디 스캐너의 종류, 측정프로그램, 자세 등에 따라 3차원 측정결과에 차이가 있을 것으로 사료된다. Mckinnon and Istook(2001)은 동일한 조건에서 3차원 측정을 하더라도 인대의 크기와 체형특성에 따라 3차원 데이터의 오차범위에 차이가 있음을 밝혔으며, Simmons and Istook(2003)의 연구에서는 3종류의 스캐너(TC², Cyberware, SYMCAD)를 이용하여 21개의 3차원 인체측정치를 비교고찰한 결과, 기기에 따른 차이가 있음을 밝혔다.

따라서 스캔된 3차원 데이터로부터 인체치수를 추

출해 내는 프로그램, 연구대상의 체형특성에 따라 차이를 보여 3차원 관련 프로그램의 신뢰도를 높이는 반면 체형특성에 따른 적합한 3차원 측정기준이 확립되어야 할 것이다.

2) 3차원 측정치와 직접측정치간 차의 분포

3차원 측정치의 오차범위를 확인하기 위해 3차원 측정치와 직접측정치간의 평균값 차를 분석하여 그 결과를 <표 7>에 제시하였다.

두 측정치간 차의 절대값이 40mm 이상을 나타낸 항목은 배꼽수준허리높이의 1항목이며, 20mm 이상 40mm 미만의 오차를 나타낸 항목은 허리높이, 겨드랑뒤벽사이길이이며 겨드랑둘레는 Scanworx의 경우에만, 가슴둘레는 3DM의 경우에만 해당되었다. 그 외의 항목에서는 두 측정치간 차의 절대값이 20mm 미만인 것으로 나타났다. 두 측정치간 차의 절대값 범위는

<표 6> 본 연구와 선행연구간 3차원 결과 비교

3차원 바디 스캐너	본 연구(2005)		서동애(2001)		이정임 외(2004)		Brooke-Wavell et al.(1994)	
	Cyberware WB4	Scanworx	Cyberware WB4	Auto CAD 2000	Cyberware WB4	3DM	LASS	LASS
3차원 측정프로그램	3DM	Scanworx	Cyberware WB4	Auto CAD 2000	Cyberware WB4	3DM	LASS	LASS
연구대상(수)	20-24세 남성(N=25)	20-24세 남성(N=25)	20-29세 남성(N=28)	20-29세 남성(N=28)	노년 여성(N=19)	노년 여성(N=19)	22-27세 여성(N=5)	28-33세 남성(N=5)
3차원 측정자세(별립치수)	팔60°다리30cm	팔60°다리30cm	팔60°다리30cm	팔60°다리30cm	팔30cm/다리30cm	팔30cm/다리30cm	5항목/7항목	0항목/7항목
유의차 항목/총 측정항목수	9항목/25항목	9항목/25항목	6항목/8항목	6항목/8항목	19항목/56항목	19항목/56항목	5항목/7항목	0항목/7항목
높이	키	D			D	D		
	어깨높이	D	B**		D	D		
	겨드랑높이	D	C*		C*	C*		
	허리높이	B**			D	D	C*	D
	배꼽수준허리높이	B**			D	D		D
둘레	목둘레	D	D				C*	D
	겨드랑둘레	D	B**					
	가슴둘레	D	C*			B**		D
	허리둘레	D	C*			D	D	D
	배꼽수준허리둘레	D				D	D	D
길이	엉덩이둘레	D	-		D	D	D	D
	앞중심길이	D	D			C*		
	등길이	C*	B**					
	어깨길이	D	D		D	D		
	겨드랑앞벽사이길이	D	D			D	D	
너비	겨드랑뒤벽사이길이	B**			C*	D		
	어깨너비	D	D			D		
	가슴너비	C*						
	허리너비	D	D				C*	D
	배꼽수준허리너비	D	C*			C*	C*	
두께	겨드랑두께	C*	D					
	가슴두께	C*	C*					
	허리두께	B**						
	배꼽수준허리두께	C*	B**					C*
	오른어깨기울기(°)	D	D			D	D	

D : 유의차가 없는 항목 C* : p≤.05 유의차 항목 B** : p≤.01 유의차 항목 A : p≤.001 유의차 항목

<표 7> 3차원 측정치와 직접측정치간 차의 분포

(단위: mm, °)

연구대상 (수)	본 연구 (2005)	한국인 인체치수 조사자료(2005)	이정임 외 (2004)			서동애 (2001)	Brooke-Wavell et al. (1994)		
	20-24세 남성 (N=25)	20-24세 남성 (N=259/260)	노년 여성 (N=19)	젊은 여성 (N=3)	여성 인대 (N=3)	20-29세 남성 (N=28)	22-27세 여성 (N=5)	28-33세 남성 (N=5)	
3차원 바디 스캐너		Cyberware WB4					LASS		
3차원 인체측정프로그램		3DM	Scanworx				Auto CAD	LASS	
높이	키	-19	-17	-4	-3	2			
	어깨높이	-11	-15	-8	-9	14	-5		
	겨드랑높이	4	-12	3	-29	0	-8		
	허리높이	-39	-25	-10	-3	2	2	-7	-2
	배꼽수준허리높이	-13	-11	-7	12	8	-1		
둘레	목둘레	-6	-14	-3				11	28
	겨드랑둘레	-13	25	-39	48	25	34		
	가슴둘레	20	14	38	42	36	11	-34	-10
	허리둘레	11	9	1	25	39	16	11	4
	배꼽수준허리둘레	14	14	7	-19	15	13		
	엉덩이둘레	-11	-	3	0	35	15	26	-6
길이	앞중심길이	-8	-4	4	-17	2	-23		
	등길이	-13	-13	3	-29	-29	-10	-11	
	어깨길이	-1	5	7	-3	-5	0	-1	
	겨드랑앞벽사이길이	6	-2	19	4	-3	-9	31	
	겨드랑뒤벽사이길이	-24	-23	7	0	0	8	-7	
너비	어깨너비	8	-7	2	3	-3	2		
	가슴너비	14	12	48	26	11	12		
	허리너비	8	5	48	19	19	5	5	2
	배꼽수준허리너비	8	6	12	12	28	7		
두께	겨드랑두께	9	5	7	18	9			
	가슴두께	13	7	15	16	15	4		
	허리두께	17	12	4	8	8	4	9	14
	배꼽수준허리두께	14	7	7	-1	21	7		
각도	오른어깨기울기(°)	-1.9	0.5		0.2	2.3	3.6		

- : 3차원 측정값이 직접측정값보다 작은 경우
 ■ : 두 측정치간 차의 절대값이 40mm 이상인 항목
 ■ : 20mm 이상 40mm 미만인 항목

높이항목에서 4~43mm, 둘레항목에서는 6~20mm, 길이항목에서는 1~24mm, 너비항목 5~14mm, 두께항목 5~17mm으로 최소 1mm에서 최대 43mm의 오차값을 보였다.

전체적인 3차원 측정치와 직접측정치간 본 연구결과를 보면, 높이항목에서는 음의 오차값이, 목둘레, 겨드랑둘레, 엉덩이둘레항목을 제외한 둘레항목, 어깨

너비를 제외한 너비항목, 두께항목에서는 양의 오차값이 나타났다. 이러한 경향은 20~24세 남성 제5차 한국인 인체치수조사자료의 3차원 측정과 직접측정결과 평균치 차의 결과와 비슷하다. 따라서 20대 남성을 대상으로 Cyberware WB4의 스캔 데이터를 3DM으로 측정한 결과, 높이항목은 직접측정치가, 둘레, 너비, 두께항목에서는 3차원 측정치가 큰 경향을 보인다

하겠다. 겨드랑높이, 겨드랑둘레항목에서 다른 경향을 보이는 것은 3차원 스캔 후 겨드랑부분의 에디팅으로 인하여 겨드랑높이는 작게, 겨드랑둘레는 크게 측정된 것으로 생각되며 길이항목에서는 일관적인 경향을 보이지 않았다.

Auto CAD를 이용하여 3차원 인체측정을 한 경우(서동애, 2001)에는 엉덩이둘레, 겨드랑앞벽사이길이를 제외한 전 항목에서 3차원 측정치가 크게 추출되었다. LASS를 사용한 결과(Brooke-Wavell et al., 1994)에서는 목둘레와 가슴둘레(남성)항목을 제외하고 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

<표 8>은 선행연구들의 3차원 바디 스캐너 및 프로그램에 대하여 비교한 결과이다. Paquette et al. (1998)은 Cyberware WB4 스캐너 및 Natick-Scan 소프트웨어와 Hamamatsu BL 스캐너, 소프트웨어를 이용한 3차원 측정기에 대한 신뢰도 결과, 바디 스캐너의 기종에 따라 항목간 차이가 나타났다. Mckinnon and Istook(2001)은 TC²의 2T4(Image Twin)과 3T6에 의해 10항목에 대한 측정치를 비교한 결과 새 버전인 2T4가 정확하다고 하였으며, Simmons and Istook(2003)은 21개의 인체측정치에 대해 3종류의 스캐너(TC², Cyber-ware, SYMCAD)에 대한 표준절차를 확인한 결과, TC²스캐너가 인체측정치에 있어서 최상의 값을 나타내어 어패럴 적용에 더 적합하다고 밝혔다.

의류산업에서 3차원 스캐닝 기술 적용을 위해서는 기존의 인체측정 기술보다 더 정확하고 재연가능한 3차원 인체측정이 이루어져야 한다. 겨드랑과 살부위와 같은 그림자에 의해 발생하는 미싱 데이터, 헤어, 체모나 스킨 칼라에 의한 빛의 흡수, 호흡과 움직임에 의한 불일치, 데이터 처리 등의 문제점들을 최소화하기 위한 시스템 개발자들의 노력이 필요하다. 또한

상용적으로 가능한 어패럴 CAD 시스템, 추출한 측정치간의 호환과 관련된 연구들, 소프트웨어에 따른 테스트, 평가를 통한 신뢰도 확립이 선행되어야 할 뿐만 아니라 가상외복, 가상착용을 지원할 수 있는 기술에 관한 연구도 앞으로 개발되어야 할 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 3차원 바디 스캐너를 이용한 의류산업의 발전이 기대되는 현시점에서 3차원 바디 스캐너에 대한 신뢰도 검증을 위하여 20~24세 남성을 대상으로 3차원 및 직접인체측정치를 비교고찰하였다. 그 결과, 25개의 남성 상반신 인체측정항목 중 9개 항목에서 3차원 인체측정치와 직접인체측정치간 유의차를 나타내었다. 3차원 측정치의 오차범위는 두 측정치간 절대값이 40mm 이상이 1항목, 20mm 이상 40mm 미만의 오차가 3항목에서 나타났으며 그 외의 항목에서는 두 측정치간 차의 절대값이 20mm 미만인 것으로 나타났다. 전체적으로 높이항목에서는 직접항목의 수치가, 둘레, 너비, 두께항목에서는 3차원 측정치가 컸으나, 이러한 경향은 3차원 바디 스캐너 및 측정프로그램의 종류, 연구대상의 체형특성에 따라 차이가 있을 수 있음을 확인하였다. 3차원 인체측정치와 직접인체측정치간 유의차가 크게 나타난 항목에 대해서는 다수의 피험자들에 의해 검증이 필요할 것이며, 기기, 프로그램, 성별에 따른 차이도 규명되어야 할 것이다.

아직까지는 과도기적 성격을 띠고 있으며 다양한 3차원 기기 및 전문프로그램 개발과 같은 기술의 발전, 대중화를 위한 많은 노력들이 요구되나, 3차원 바디 스캐너를 이용한 인체측정을 시작으로 의류산업에서 다양하고 적극적으로 활용될 수 있는 지속적인

<표 8> 3차원 바디 스캐너간 측정치 비교연구

연구자 (연도)	비교 3차원 바디 스캐너 및 인체측정프로그램	비교방법	측정항목수	측정대상
Paquette et al. (1998)	Cyberware WB4 & Natick-Scan software	직접인체측정치와 비교	11	체형별 사이즈별 인대 10개
	Hamamatsu's BL			
Mckinnon and Istook (2001)	TC ² 's 2T4	직접인체측정치와 비교	10	남성 인대 5개 여성 인대 5개
	TC ² 's 3T6			
Simmons and Istook (2003)	TC ²	3차원 스캐너의 측정치간 비교	21	-
	Cyberware			
	Telmat SYMCAD			

연구들이 필요할 것이다. 이러한 3차원 기술의 적극적인 활용이 의류산업에서의 피트니스, 치수체계의 해소와 함께 대량의 개별맞춤 고객화를 실현시킴으로써 소비자에게 최상의 서비스를 제공할 수 있으리라 기대되어진다.

참고문헌

- 남윤자, 최경미, 정의승, 윤명환. (2004). Size Korea 3차원 인체측정방법 표준화. *패션정보와 기술*, 1, 6-19.
- 서동애. (2001). *삼차원 인체 레이저 스캔 데이터를 이용한 남성 재킷 원형 설계방법에 관한 연구*. 연세대학교 대학원 박사학위 논문.
- 윤승현, 현대은, 김명수. (2004). 3차원 인체치수측정과 형상 변형 기술. *패션정보와 기술*, 1, 45-54.
- 이정임, 주소령, Susan P. Ashdown. (2004). 노년 여성 체형의 표준화된 3차원 측정 데이터 추출을 위한 기초 연구. *한국의류학회지*, 28(2), 344-353.
- 산업자원부 기술표준원. (2004). *인체표준용어집*. 과천: 사이즈코리아, 기술표준원.
- 산업자원부 기술표준원. (2005). *제5차 한국인 인체치수조사 자료*. 과천: 사이즈코리아, 기술표준원.
- Brooke-Wavell, K., 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(6), 571-577.
- Istook, C. L. & Hwang, S. (2001). 3D body scanning systems with application to the apparel industry. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 5(2), 120-132.
- Lee, J. & Ashdown, S. P. (2005). Upper body surface change analysis using 3D body scanner. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(12), 1595-1607.
- Mckinnon, L. & Istook, C. L. (2001). Comparative analysis of image twin system and the 3T6 body scanner. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 1(2), 1-7.
- Mckinnon, L. & Istook, C. L. (2002). Body scanning. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 6(2), 103-121.
- Paquette, S., Brantley, J. D., Corner, B. D., Li, P., & Oliver, T. (2000). Automated extraction of anthropometric data from 3D images. *Proceedings of the XIVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association and 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society, San Diego, USA*, 6, 727-730.
- Simmons, K. P. & Istook, C. L. (2003). Body measurement techniques. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 7(3), 306-332.