

# 디지털 인체 모델 콘텐츠의 개발과 활용

김윤혁 (경희대학교), 박원만 (경희대학교)

## 차례

1. 서론
2. 디지털 인체 모델의 구축 사례 분석
3. 상용 소프트웨어를 통한 인체 모델 활용
4. 해외 디지털 인체 모델의 활용 현황
5. 디지털 인체 모델의 의공학 연구에의 활용
6. 결론

## 1. 서론

사회의 발전에 따른 생활수준의 향상으로 건강 및 삶의 질 향상에 대한 국민적 관심의 증가를 가져왔다. 그 결과 의학뿐만 아니라, 자동차, 생산 설비 시스템 등의 공학 분야에서부터 인테리어, 의류 등의 의식주에 이르기까지 광범위한 분야에서 사람의 몸에 대한 정보를 필요로 하고 있다[1]. 이에 따라 미국을 비롯하여 중국, 일본, 유럽 등 세계 각국에서는 자기 나라의 표준 또는 기준 인체 모델을 개발하였거나, 혹은 개발하기 위한 연구가 진행 중이다. 우리나라 또한 이러한 세계적인 추세 속에서 한국과학기술정보연구원 주간 하의 디지털 한국인 프로젝트를 통한 디지털 한국인(Digital Korean)과, 아주대학교 주관의 가상 한국인(Visible Korean Human : VKH) 등이 개발되었다.

디지털 인체 모델은 magnetic resonance(MR), computerized tomography(CT), 사체 단층 촬영 영상을 이용하여 가상으로 재구성한 한 인체 모델을 말한다. 이러한 인체 모델은 다양한 공학분야의 연구개발의 모델로 활용되어 좁게는 의료계에서 수술예비 계획, 임플란트 등의 의료기기 개발, 차량 충돌 해석, 운동 역학 연구 및 모의 군사 훈련 등에 이르기까지 광범위하게 적용될 수 있다. 아울러 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 발전으로 해석 연구의 비중이 점차 커져가고 있는 현실 속에서, 디지털 인체 모델의 활용은 더욱 더 커질 것으로 전망되고 있다.

현재 인체 모델 및 가상 인체 모델이 활용되는 분야는 크게 의료 분야와 자동차 분야를 들 수 있다. 그런데, 현

재 우리나라에서 활용되는 관련 제품들은 모두 서구의 인체 모델을 기반으로 하여 개발된 제품들이다. 국내에서 사용되고 있는 대부분의 의료용 임플란트는 대부분 서구의 인체를 기준으로 만들어진 제품들이며, 자동차 충돌에서 사용되는 인체 모델 역시 그러하다. 하지만, 우리나라 사람들은 독특한 생활 습관으로 서양인과는 다른 근골격 특징을 가지고 있으며, 이는 때때로 서구인의 체형에 맞게 설계된 제품을 그대로 적용했을 경우 심각한 문제를 야기하기도 한다. 따라서 한국인에게 적합한 제품을 개발하기 위하여 우리나라 고유의 인체 모델이 필요하다[2].

본 논문에서는 국내에서 개발된 디지털 인체 모델의 활용 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 먼저 세계 각국의 디지털 인체 모델 구축사례를 분석하였다. 다음으로 상용 소프트웨어 등에서의 디지털 인체 모델 활용과 해외의 디지털 인체 모델을 이용한 연구 현황을 기술하고, 끝으로 본 연구진에 의해 수행된 디지털 인체 모델의 구체적인 활용 사례 분석을 통해 디지털 인체 모델의 중요성을 제안하였다.

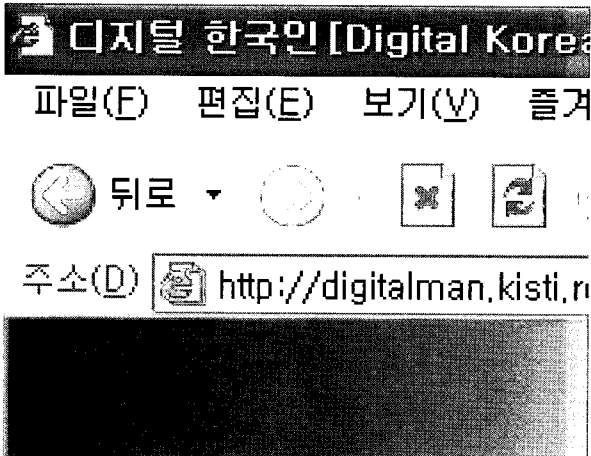
## 2. 디지털 인체 모델의 구축 사례 분석

남성과 여성의 디지털 해부학 사진, CT, MR 이미지에 대한 참고 영상자료 구축을 위한 디지털 인체 모델의 개발은 1990년대 후반 미국의 Visible Human Project (VHP)에 의해 시작되었다. 이 사업은 미국 국립의학도서관의 지원을 받아, Victor Spitzer 박사와 David

Whitlock 박사의 지도아래 콜로라도 대학 건강과학 센터에서 완성되었다. 현재 개발된 VHP 자료들은 해부학 등의 의료용 학습 자료로 재개발되어 다양하게 활용되고 있다[3].

미국 VHP의 연구 목적 및 사례를 표방하여 국내에서는 2001년부터 VKH 프로젝트가 수행되어 한국인 모델이 개발되었고, 그 후 중국의 가상 중국인(Visible Chinese Human : VCH) 프로젝트에 의하여 중국인 모델이 개발되었다[4, 5]. 또한 유럽에서는 Biomed Town이라는 생체공학 관련 연구진 커뮤니티를 생성하고, European Virtual Physiological Human(EU VPH) 개발을 위한 공동 연구가 진행 중이다[6]. 일본에서는 일본자동차연구소에서 자동차 충돌 해석용 인체 모델을 개발하여, 차량 충돌 및 보행자 사고 해석 등에 활용하고 있다.

이와 아울러 국내에서는 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 지원 아래 digital korean 사업이 진행되었다[1]. 남, 녀 각각 50구의 인체 모델을 표본으로 남, 녀 한국인의 표준 골격 형상 모델을 개발하였으며, 현재는 각 골격의 물성 자료에 확보를 위한 연구가 진행 중이다. 개발된 한국인 표준 골격 모델은 구축된 홈페이지를 통하여 공개되어, 국내 모든 생체역학 관련 연구진들이 활용할 수 있도록 하였다(그림 1)[7].

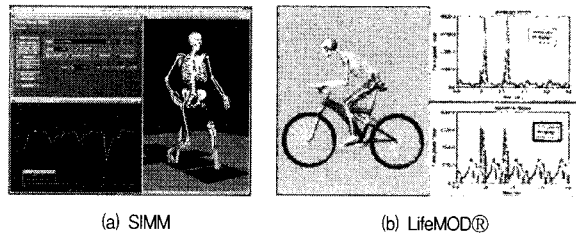


▶▶그림 1. 디지털 한국인 홈페이지[1]

현재 이를 이용한 다양한 연구들이 진행 중이며, 한국인의 경골 형상에 맞는 UKA(Unicondylar knee arthroplasty)용 슬관절 인공 삽입물의 설계 개선을 위한 기초 연구 등이 있다[2].

### 3. 상용 소프트웨어를 통한 인체 모델 활용

현재 생체공학 해석용 인체 모델이 활용되는 대표적인 소프트웨어로는 SIMM(MusculoGraphics Inc., U.S.A)과 LifeMOD®(Biomechanics Research Group Inc., U.S.A)를 들 수 있겠다(그림 2). SIMM은 인체 모션 캡처 시스템과 연동하여 활용되는 인체 해석소프트웨어로 근육, 인대 등이 삽입된 인체 근골격 모델을 이용하여 인체 해석을 수행할 수 있는 소프트웨어이다. LifeMOD®는 동역학 해석 소프트웨어인 MSC.ADAMS®(MSC software, U.S.A)에 Plug-in 되어 다양한 인체 모델링 및 해석을 수행할 수 있도록 개발된 인체 모델링 프로그램이다.



▶▶그림 2. 인체 모델이 활용되고 있는 상용 소프트웨어

이러한 인체 모델링이 활용되는 상용 소프트웨어에서는, 기본적인 보행 분석 및 운동 분석의 의학, 스포츠 의학 분야에서부터 사고 재현, 재활의학, 무기체계 개발 등 재활, 공학, 보험, 군사 등에 이르기까지 다양한 분야에서 활용되고 있다[8]. 디지털 인체 모델의 다양한 분야에서의 활용은 인체 친화형 설계 개선을 돕는다. 또한 비용 및 환경의 제약 조건으로 인한 실험 연구의 한계를 극복하여, 다양한 상황에서의 사고 예측, 산업 재해 연구 등을 통하여 사고 예방을 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 디지털 인체 모델을 이용한 해석연구의 확대를 통하여 향후 인체 해석 분야의 새로운 직업을 창출 할 수 있을 것으로 기대된다.

### 4. 해외 디지털 인체 모델 활용 현황

디지털 인체 모델의 가장 큰 장점중의 하나는 인간이 직접 수행하기에 어렵거나 위험한 실험을 가능케 한다는 점이다. 또한 동일한 조건에서 다양한 실험의 수행이 가능하며, 인간의 삶과 관련된 다양한 제품들의 설계에 활용 할 수 있다. 그에 따라 활용되는 분야 역시, 무기체계,

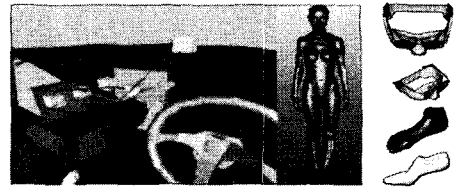
군사훈련 등 인간이 직접 수행하기에는 위험한 분야 뿐 아니라, 차량, 신발, 안경 등 우리의 삶과 밀접한 일상 제품에 이르기까지 다양하다. 본 장에서는 디지털 인체 모델을 이용하여 현재 미국에서 이루어지고 있는 무기체계 군사훈련에 관한 연구, 일본에서 수행되어지고 있는 디지털 인체 모델을 이용한 다양한 연구에 대해 설명하고자 한다.

군인은 다른 어떤 직업보다도 많은 움직임을 요구하는 직업이다. 또한, 무기, 배낭, 방독면, 헬멧 등의 다양한 장비들을 착용한 상태에서 임무를 수행한다. 뿐만 아니라, 총쏘기, 행군, 등반, 줄타기 등 그 임무가 매우 다양하다. 게다가 대부분의 임무에는 위험성이 따르기 때문에 인간에 의해 직접 실험되기에는 한계가 있다. 이에 미국에서는 국방부의 지원 아래 Virtual Soldier Research Program(VSR)이 진행되고 있으며, 현재 VSR 팀에서는 다양한 군사 임무에 대한 군인들의 움직임 등을 예측하여 최적의 임무 수행을 위한 장비, 의복 개발에 활용하고 있다(그림 3)[9].



▶▶그림 3. 디지털 인체 모델을 이용한 가상 군인 연구

미국의 VSR이 일상과는 거리가 먼 특수 분야의 연구라면, 일본에서 이루어지고 있는 연구들은 일상에 가깝다. 일본 산업기술종합연구소(AIST)의 Digital Human Research Center에서는 디지털 인체 모델을 이용하여 자동차, 생산기계 등과 같이 일상에서 쉽게 접할 수 있는 인간과 기계의 상호 작용에서 취약점을 분석한다. 이를 통하여 초보자도 쉽게 사용할 수 있는 제품을 개발하거나 기존의 제품을 보완하는 연구를 진행 중이다. 뿐만 아니라, 디지털 인체 모델을 이용하여 가상 환자를 개발함으로써, 수술 시뮬레이션을 통한 비 숙련의들의 수술 연습을 돕고 있다. 젊은 여성의 평균체형에 기초하여 개발한 인체 모형은 일본인의 체형에 맞는 의류 디자인에 활용되고 있다. 이 외에도 안경, 신발 등의 개발에도 활용되어 보다 편안한 일상생활을 돕고 있다(그림 4)[10]. 이처럼 디지털 인체 모델은 인간의 삶과 관련된 모든 분야의 연구에 활용되고 있다.



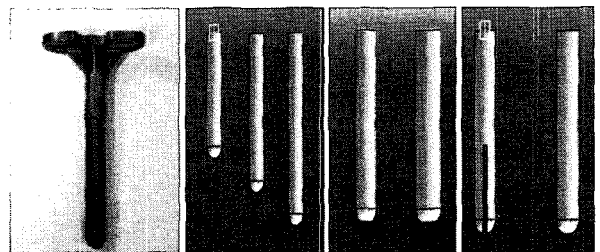
▶▶그림 4. 디지털 인체 모델의 일상 생활에의 활용

## 5. 디지털 인체 모델의 의학과 공학의 공동연구에의 활용

디지털 인체 모델의 다양한 활용 방법 중에서 활용이 가장 용이한 분야는 의료 분야이다. 이번 장에서는 본 연구진이 수행하였던 슬관절(무릎 관절), 척추 등의 인체 부위에 대해 활용된 인체 모델 적용 사례에 대해 논하고자 한다.

### 5.1 슬관절 인공 삽입물 설계인자 변화가 경골에 미치는 영향

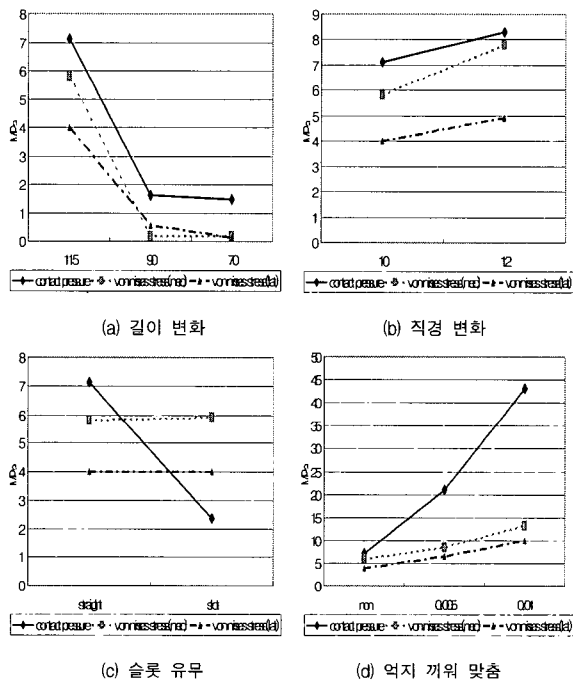
슬관절 연구에 사용된 인체 모델은 디지털 한국인 개발에 사용된 CT 이미지 중 디지털 한국인의 골격과 유사한(부피 및 주요 크기 90% 이상 부합) 한 인체의 CT 이미지를 이용하였다. 슬관절 재치환술(슬관절 전치환술 후 환자의 통증, 삽입물의 해리, 인체 삽입물의 파손 등으로 삽입물을 교체하는 수술)에 사용되는 인체 삽입물의 다양한 설계 인자가 인체에 미치는 영향을 해석 연구를 통하여 분석하였다(그림 5). 이를 위해 경골 삽입물 하단부(이하 stem)의 길이를 70, 90, 115mm로, 직경을 10, 12mm로, 슬롯(slot)의 유무를 각각 변화시키며 stem의 형상이 경골에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 0.005, 0.01mm의 억지끼워맞춤(press-fit)이 경골에 미치는 영향을 분석하였다[11].



▶▶그림 5. 연구에 사용된 다양한 경골 삽입물의 설계 변화[11]

Stem의 길이를 변화시키며 경골의 Von-mises 응력과 접촉압력을 분석한 결과 경골 삽입물의 길이가 길어질수록 경골에서의 최대 접촉압력 및 최대 응력이 증가하였지만 90mm와 70mm에서의 변화는 미미하였다. 12mm의 직경을 가지는 stem이 10mm 직경의 stem 보다 높은 최대 응력 및 최대 접촉 압력을 보였지만 그 차이는 미미하였다.

또한 슬롯이 있는 경우의 경골 삽입물은 없는 경우와 비교하여 최대 응력에서는 거의 변화가 없었으나 최대 접촉 압력이 60% 이상 감소하였다. 억지끼워맞춤을 적용한 경우, 억지끼워맞춤의 정도가 심할수록 최대 접촉 압력 및 내·외측의 최대 응력이 증가함을 보였다. 특히 경골 외측 최대 응력은 최대 4배 이상 증가함을 보였다(그림 6). 지나치게 큰 경골 삽입물의 길이, 직경 그리고 억지끼워맞춤은 경골 삽입물의 고정력은 증가시킬 수 있으나 인체에 심각한 통증을 유발할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 슬롯의 적용이 경골 삽입물에 의한 통증유발에 대처할 수 있는 좋은 방법임을 알 수 있었다.

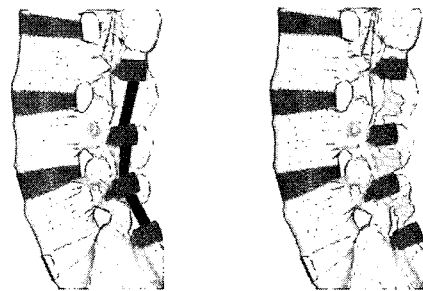


▶▶그림 6. 설계 변화가 경골 내외측 응력에 미치는 영향[11]

### 5.2 동적 척추 고정기기의 생체역학적 평가

슬관절 연구에 사용된 인체와 동일한 인체의 CT 이미지를 이용하여 새롭게 개발된 척추 고정기기의 생체역학적 평가를 수행하였다[12]. 이를 위해 CT 이미지를 이용

하여 척추의 추체들 모델을 개발하고, 기존의 연구방법에서 알려진 방법으로 CT 이미지로 개발할 수 없는 추간판, 인대 등을 모델링하였다. 개발한 척추모델에 티타늄 로드로 이루어진 일반적인 척추 고정기기와 새로이 개발된 동적 척추 고정기기를 각각 삽입하고 굽힘, 신전, 측면 굽힘, 비틀림에 대한 정적 해석을 수행하여 그 결과를 정상 척추 모델의 해석 결과와 비교하였다(그림 7).



(a) 일반 척추 고정기기 (b) 동적 척추 고정기기

▶▶그림 7. 척추 고정용 인체 삽입물의 성능 평가[12]

일반적인 척추 고정기기를 삽입한 모델은 정상 척추에 비하여 4가지 하중조건에서 모두 높은 강성도(주어진 하중을 회전량으로 나눈 값)를 나타내었다. 이에 반해 동적 척추 고정기기를 삽입한 모델은 일반적인 척추 고정기기를 삽입한 모델에 비해 상대적으로 낮은 강성도를 보였다. 또한 일반 척추 고정기기가 삽입된 분절의 인접분절에서 정상에 비해 높은 회전을 보인데 반해, 동적 척추 고정기기를 삽입한 모델에서는 정상 모델에 가깝게 나타났다. 일반 척추 고정기기와 동적 척추 고정기기를 비교하였을 때, 동적 척추 고정기기는 척추 거동을 정상에 가깝게 유도하였다. 이와 같은 연구의 결과를 이용한다면, 동적 안정성을 최적화하는 척추 고정 기기를 개발할 수 있을 것이다.

## 6. 결론

본 논문에서는 현재 연구되어지고 있는 의료콘텐츠 중에서 디지털 인체 모델에 대해 알아보았다. 미국, 중국, 유럽, 우리나라 등 세계 각국에서 자국의 실정에 맞는 디지털 인체 모델을 개발하고 있는 이유는 삶의 질 향상에 따른 인체 정보의 중요성 때문이다. 따라서 개발된 디지털 인체 모델은 좁게는 의료 산업에서부터, 넓게는 공학의 전 분야에 걸쳐 다양하게 적용되고 있다. 뿐만 아니라,

미국을 중심으로 하여 개발된 디지털 인체 모델을 이용한 상용 소프트웨어를 개발함으로써, 여러 연구 분야에서 디지털 인체 모델이 보다 편리하게 사용되고 있다. 이러한 연구 추세는 향후에도 계속해서 진행될 것으로 판단되며, 그 활용 영역은 더욱 확대될 것으로 기대된다. 따라서 개발된 디지털 인체 모델의 중요성을 인식하고, 이를 활용할 수 있는 연구 분야에 대한 개척이 필요하며, 보다 많은 연구 분야로 활용될 수 있도록 개발된 디지털 인체 모델의 보완이 이루어져야 하겠다.

### 참고문헌

- [1] 한승호, 광대순, 이우영, 최광남, 김태중, “디지털 코리안 인체 모델 구축”, 한국정밀공학회 생체공학부문 학술대회논문집, 2006년.
- [2] S. Surendran, D. S. Kwak, U. Y. Lee, S. E. Park, P. Gopinathan, S. H. Han, and C. W. Han, “Anthropometry of the Medial Tibial Condyle to Design the Tibial Component for Unicondylar Knee Arthroplasty for the Korean Population”, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Vol. 15, No. 4, Sep. 2006
- [3] J. C. Deutsch, “Applications of the Colorado Visible Human Project in Gastroenterology”, *Clinical Anatomy*, Vol. 19, No. 3, Apr. 2006
- [4] J. S. Park, M. S. Chung, S. B. Hwang, B. S. Shin, and H. S. Park, “Visible Korean Human: Its Techniques and Applications”, *Clinical Anatomy*, Vol 19, No. 3, Apr. 2006
- [5] S. X. Zhang, P. A. Heng, and Z. J. Liu, “Chinese Visible Human Project”, *Clinical Anatomy*, Vol. 19, No. 3, Apr. 2006
- [6] Biomed Twon Homepage : <http://biomedtwon.org>
- [7] 디지털 한국인 홈페이지 : <http://digitalman.kisti.re.kr>
- [8] S. P. McGuan, “Achieving Commercial Success with Biomechanics Simulation”, 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, 2006년
- [9] 미국 아이오와 주립대학교 가상 군인 연구센터 : <http://www.digital-humans.org>
- [10] 일본 산업기술종합연구소, 디지털 휴먼 연구센터 : <http://www.dh.aist.go.jp/research>
- [11] 김윤혁, 권오수, 박시문, “슬관절 재전치환술용 경골 삽입물 형상이 주대 말단부의 접촉압력과 응력 분포에 미치는 영향”, 한국정밀공학회지, Vol. 23, No. 11, 2006년
- [12] 김윤혁, 박원만, 김경수, 박형균, 주중우, 박경우, “척추고정용 형상기억합금 동적안정기기의 생체역학적 성능 평가”, 한

국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 2006년

### 저자소개

#### ● 김 윤 혁(Yoon Hyuk Kim)

정회원



- 1992년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 졸업 (공학사)
- 1994년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 졸업 (공학석사)
- 2000년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 졸업 (공학박사)

• 2002년 9월 ~ 2006년 8월 : 경희대학교 테크노공학대학 전임강사

• 2006년 9월 ~ 현재 : 경희대학교 테크노공학대학 조교수

<관심분야> : 생체역학, 의료용 로봇, 의료콘텐츠

#### ● 박 원 만(Won Man Park)

비회원



• 2004년 2월 : 경희대학교 기계공학과 졸업(공학사)

• 2006년 9월 : 경희대학교 섬유공학과 졸업(공학석사)

• 현재 : 경희대학교 기계공학과 박사과정 재학

<관심분야> : 생체역학, 의료콘텐츠