http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2011.11.10.488

한국인 척추 연구를 위한 형상 / 물성 정보 구축

Geometry and Property Database for Korean Spine Research

이승복*, 이상호*, 한승호**, 곽대순**
한국과학기술정보연구원*, 가톨릭대학교 의과대학 해부학교실/응용해부연구소**

Seung-Bock Lee(sblee@kisti.re.kr)*, Sang-Ho Lee(shlee@kisti.re.kr)*,
Seung-Ho Han(hsh@catholic.ac.kr)**, Dai-Soon Kwak(daisoon@catholic.ac.kr)**

요약

한국과학기술정보연구원과 가톨릭대학교 의과대학 가톨릭응용해부연구소에서는 척추 연구자들이 쉽게 사용할 수 있는 기초 자료를 구축하고 있다. 척추 형상 정보를 제공하기 위해 60-80대 기증시신 20여 표본을 활용하여 고해상도 척추 (whole spine) CT (pixel dimension : 0.4x mm, thickness: 0.6mm)를 촬영하고 이를 3차원 모델링 소프트웨어(Mimics, Ver.14, Materialise, Belgium)를 사용하여 3차원 형상 모델(shell model, STL format)로 구축하고, 목, 등, 허리 척추의 주요 부위를 계측하여 수치화 하였다. 시신 기반 자료의 한계를 극복하기 위해 고령자 호발 질환을 중심으로 대상 환자를 선정하여 X-Ray, CT, BMD 자료를 구축하여 보강하고 있다. 물리적 성질 정보 구축은 기증시신 10여 표본을 활용하여 임상적, 물리적 골밀도를 측정하고, 목척추(cervical), 등척추(thoracic), 허리척추(lumbar) 부분의 굽힘-폄(flexion-extension), 가쪽 굽힘(lateral bending), 회전(torsion), 압축(body/disc compression) 시험을 수행하여 작용력과 굽힘량의 관계를 구축하고 있다. 구축된 물성 시험 결과는 형상 모델과 함께 제공되어 자료의 활용도를 높이고 있으며, 이를 이용하여 한국인 특성이 반영된 척추 관련 연구 및 제품 개발에 활용될 수 있다.

■ 중심어 : | 인체정보 | 한국인 | 의료영상 | 척추 | 뼈 모델 |

Abstract

The Korean spine geometry and property data for researchers were made by KISTI and Catholic Institute for Applied Anatomy. We took whole spine CT, X-Ray, BMD scan for making high resolution cross-sectional spine images using more 20 donated cadavers(60 - 80 years). Then we constructed 3-dimensional volume model using serial CT images by Mimics software. The major morphometric parameters of vertebrae were measured. Mechanical motion and property data were obtained by the same cadavers using the DEXA for BMD and the spine simulator. The Korean spine geometry and property data could be used for research and development of medical device.

■ keyword : | Human Body Information | Korean | Medical Image | Spine | Bone Model |

* 본 연구는 기초기술연구회의 재원으로 2009 국가 아젠다 사업(National Agenda Project)의 지원을 받아 수행되었습니다 (P-09-JC-LU63-C01)

접수번호 : #110715-003
접수일자 : 2011년 07월 15일
심사완료일 : 2011년 09월 28일
교신저자 : 곽대순, e-mail : daisoon@catholic.ac.kr

I. 자료구축의 목적 및 필요성

사람은 인구집단(인종) 별로 피부색, 눈동자, 체형 등 눈으로 구별할 수 있는 확연한 차이가 있다. 가시적으로 드러나는 차이 뿐 만 아니라 인체 각 부분의 비율, 몸속 각종 장기들의 형태에서도 많은 차이를 나타낸다[1][2]. 이러한 차이로 인하여 특정 연구 분야에서는 체형이 우리와 다른 인구집단을 기반으로 얻어진 결과를 그대로 적용할 수 없는 한계점이 존재한다[3-5].

척추질환에 관련된 연구는 생활수준의 향상과 평균 수명의 증가로 고령화 사회로 진행되고 있는 현재 매우 중요한 연구 분야로 부각되고 있다. 일반적으로 병・의원을 통해 얻을 수 있는 척추 정보는 영상정보에 국한되며, 이는 척추질환 환자의 질환을 진단하는 목적으로 생성된 것으로 질환을 발생시키는 원인 부위만 집중적으로 촬영하여 생성되기 때문에 질환의 원인 부위를 포함해 기능적으로 의미 있는 범위를 모델링하고 시뮬레이션 해야 하는 생체공학 연구에 활용할 수 없다.

척추분야에 관한 연구 중 척추의 퇴행성 변화와 움직임 등에 관한 생체역학적 연구를 수행할 때 컴퓨터 시뮬레이션을 활용한 연구가 주로 활용된다. 컴퓨터 시뮬레이션을 활용한 연구에는 척추의 형상을 나타내는 형상정보, 물리적 성질을 나타내는 물성정보가 필요하며, 제작된 시뮬레이션 모델의 유효성 검증에 척추 운동특성에 대한 시험결과가 필요하게 된다. 현재 국내에서는 첨단 영상의학 진단 기술의 보급과 범용 인체정보의 구축[6][7]으로 한국인 척추의 형상 정보 습득은 비교적 용이한 반면, 실험을 통해서 얻어야 하는 물리적 성질 정보와 운동 특성 시험결과는 전무한 실정이다.

본 논문에서는 한국과학기술정보연구원과 가톨릭대학교 의과대학 가톨릭응용해부연구소가 공동으로 구축하고 있는 한국인 척추의 고해상도 연속 척추 영상 자료, 3차원 모델, 주요 부분 수치 정보, 물성 정보 및 운동 특성 시험 결과 자료를 소개하고자 한다.

II. 자료구축 과정 및 방법

1. 구축 대상 자료

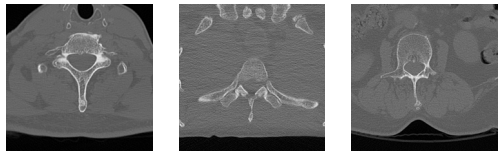
척추 연구에 활용될 수 있는 한국인 척추 모델을 제작하는데 사용하기 적합한 대상을 선정한다. 구축 대상은 50세 이상 85세 이하의 기증시신을 기반으로 한국인 평균 신장의 25분위에서 75분위 범위를 만족하며[8], 육안 및 영상의학적 검사에서 외상이 없고 사망진단서의 사망원인이 뼈의 형상 및 물성에 심각한 영향을 미칠 가능성이 있는 질환을 보유하고 있는 표본은 제외한다. 구축된 표본은 총 20표본으로 여성 13 표본, 남성 7 표본으로 구성되어 있다[표 1].

표 1. 구축 대상 표본

항목	여성	남성
표본수	13	7
나이	68 (54-81)	62 (52-67)
키(cm)	157.7 (150-165)	165.4 (163-174)
몸무게 (kg)	49.8 (36-70)	57.3 (43-65)

2. 영상 자료 구축

선정된 기증시신을 컴퓨터 단층촬영(CT, computed tomography)하여 단면 영상을 구축한다. 현재 구축되고 있는 단면 영상은 해상도(pixel dimension) 0.5mm 이하, 촬영 간격(thickness) 0.75mm 이하의 기준을 적용하여 최고 수준의 영상 품질을 유지하고 있으며, 1번 목뼈(C1)부터 엉치뼈(sacrum)를 포함, 꼬리뼈(coccyx) 끝 까지 척추 전체를 촬영하고 있다. 촬영된 영상은 의료영상 표준 포맷인 dicom 형식으로 제공된다[그림 1].



목척추 등척추 허리척추

그림 1. 척추 영상 자료

3. 영상 구역화 및 3차원 모델링

영상구역화 작업은 컴퓨터 단층촬영 영상에서 척추뼈가 차지하고 있는 영역을 구분하는 작업으로서 영역의 구분이 명확해야만 정확한 형상과 치수의 3차원 척

추뼈 모델 생성이 가능하다. 영상구역화 작업과 척추뼈의 3차원 모델 생성 작업은 해부학, 영상의학 전문가의 감독하에 단면영상기반 3차원 모델링 소프트웨어(mimics, Ver.14.0, Materialise, Belgium)를 사용하였으며, 3차원 척추뼈 모델은 범용 3차원 형식인 STL 형식으로 구축하였다[그림 2].

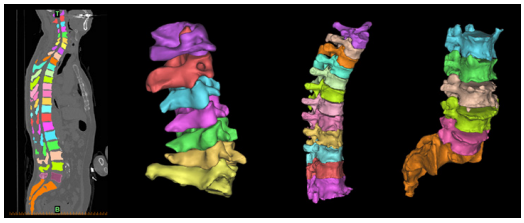
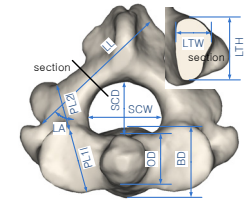
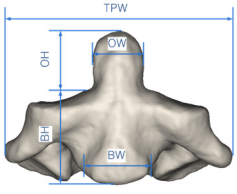


그림 2. 척추 3차원 모델

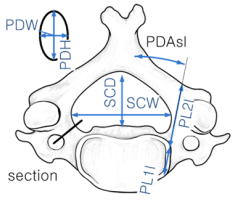
4. 치수 측정 및 수치정보 구축

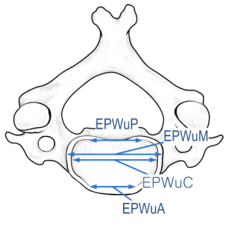
척추뼈의 형상 및 특징을 표현하는데 중요하거나, 한국인 체형에 맞는 척추 관련 의료제품 설계에 중요한 요소로 판단되는 부분은 관련 문헌[9-11]을 참고하여 직접 계측하고 이를 수치 정보로 구축하였다. 표본당 481개소의 수치 측정 정보가 구축되었으며, 측정 위치의 선정의 예를 [그림 1]에(목뼈 2번) 나타냈다.

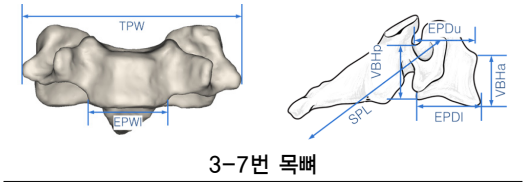




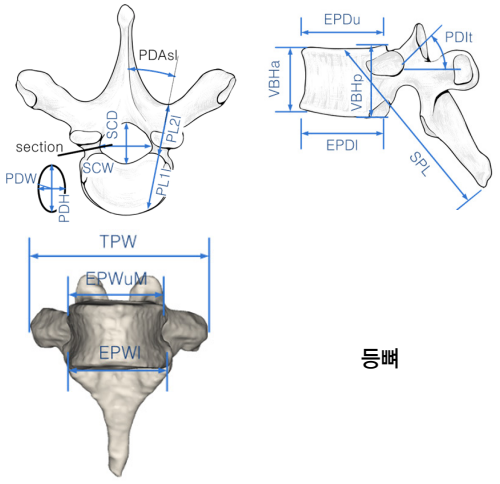
2번 목뼈



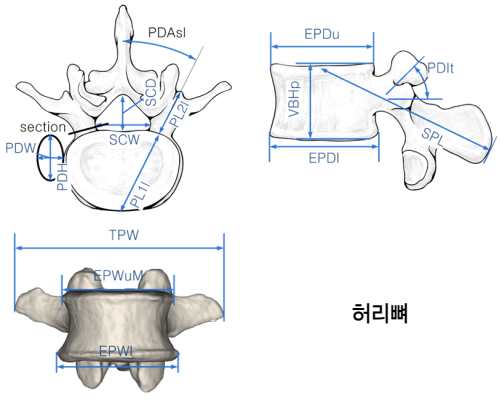




3-7번 목뼈



등뼈



허리뼈

그림 3. 치수 측정 위치

5. 골밀도 정보 구축

뼈에 대한 밀도는 단위 부피당 질량을 표현하는 물리적 골밀도가 있고, 임상적으로 골다공증 진단에 활용되는 골밀도가 있다. 골다공증 진단에 활용되는 골밀도는 X선을 이용한 이중에너지흡수법(DEXA) 등으로 진단되며 단위면적당 강도 값으로 표현된다. 두 종류의 골밀도는 서로 다른 단위를 가지며 다른 용도로 사용되므로 두 가지 정보 모두 구축이 필요하여, 물리적 골밀도

정보는 CT 영상의 Hu 값을 밀도로 환산하는 방법을 사용하여 구축하였으며[12][13], 임상적 골밀도는 DEXA 장비를 활용하여 임상적 골밀도 검사 방법을 적용하여 측정하여 구축하였다.

6. 시험체 준비

선정된 기증시신으로부터 물성 변화에 영향을 미칠 가능성이 있는 방법을 배제하고 순수 외과적 방법으로 척추를 적출하였다. 척추의 안정성을 담당하는 앞세로인대(anterior longitudinal ligament), 뒤세로인대(posterior longitudinal ligament), 황색인대(ligament flava), 가시사이인대(interspinous ligament), 가시끝인대(supraspinous ligament)를 제외한 연조직은 최대한 제거했으며[15][16], 시험체의 확실한 고정을 위해 3개 이상의 나사못을 사용하여 고정 후 충분한 강도를 나타내는 레진으로 고정부위를 제작하였다. 나사못을 이용한 고정이 척추관절의 움직임에 영향을 미치지 않게 제작된 모든 시험체는 X선 검사를 시행하여 이상 유무를 확인 후 시험을 실시하였다.

7. 강도 / 물성 / 운동 시험

척추의 강도, 물성, 운동 시험은 선행된 연구와 비교를 위해 다수의 참고문헌[14-16]을 검토하여 공통적인 시험 조건을 선정하여 적용하였다[표 2]. 시험은 4 자유도의 척추 전용 시험기(spine simulator, MTS)와 경사센서, 전자기 방식 위치 추척 센서(Liberty, Polhemus) 등을 사용하였다[그림 4]. 척추를 목뼈(C3-C7), 등뼈(T1-T6, T7-T12), 허리뼈(L1-S1) 영역으로 구분하여 각 부분의 굽힘-폄 시험, 가쪽 굽힘시험(왼쪽, 오른쪽), 비틀림 시험(왼쪽, 오른쪽), 척추 원반의 압축 시험, 척추 몸통의 압축시험을 수행하여 시험 결과를 구축하였다.

표 2. 운동 시험 조건

Region	Max. Moment	Load Step	Holding Time	Reference
Cervical	1-2Nm	4	30 sec	[6]
Thoracic	4-6Nm	4	30 sec	[7]
Lumbar	8Nm	4	30 sec	[8]

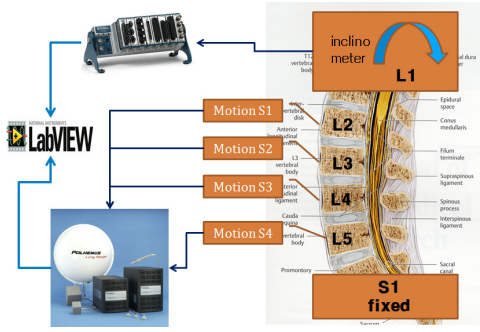


그림 4. 척추 운동 시험 장치 구성

Ⅲ. 결론

한국과학기술정보연구원에서는 가톨릭의대 응용해부연구소와 함께 한국인 척추 연구에 활용할 수 있는 고해상도 척추 컴퓨터 단층 촬영 영상정보를 구축하고 있으며, 구축된 단층 촬영 영상정보를 구역화 하여 3차원 척추뼈 모델을 구축하였다. 구축된 3차원 척추뼈 모델을 활용하여, 척추 연구 및 척추 관련 제품 설계에 중요하다고 판단되는 부분을 측정하여 수치자료화 하였다. 형상자료가 구축된 표본을 시험하여 강도, 물성, 운동 특성에 관한 자료를 추가하여 한국인 척추 연구에 활용할 수 있는 형상 및 물성 정보를 구축하였다. 구축된 자료는 한국인 척추 관련 각종 연구개발에 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] W. M. Krogman and M. Y. Iscan, *The Human Skeleton in Forensic Medicine*, Charles Thomas Pub., 1986.

[2] D. S. Kwak, S. Han, C. W. Han, and S. H. Han, "Resected femoral anthropometry for design of the femoral component of the total knee prosthesis in a Korean population," Anatomy and Cell Biology, Vol.43, No.3, pp.252-259, 2010.

[3] B. Yue, D. S. Kwak, M. K. Kim, S. O. Kwon,

and S. H. Han, “Morphometric trajectory analysis for the C2 crossing laminar screw technique,” European Spine Journal, Vol.19, No.5, pp.828-832, 2010.

[4] D. S. Kwak, C. W. Han, and S. H. Han, “Tibial intramedullary canal axis and its influence on the intramedullary alignment system entry point in Koreans,” Anatomy and Cell Biology, Vol.43, No.3, pp.260-267, 2010.

[5] D. S. Kwak, S. Surendran, Y. H. Pengatteeri, S. E. Park, K. N. Choi, P. Gopinathan, S. H. Han, and C. W. Han, “Morphometry of the proximal tibia to design the tibial component of total knee arthroplasty for the Korean population,” Knee, Vol.14, No.4, pp296-300, 2007.

[6] 이상호, 이승복, “KISTI에 있어서 한국인 인체정보의 생산과 활용”, 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제5호, pp.416-421, 2010.

[7] 이상호, 이승복, 정민석, “한국인 인체정보의 활용사례 소개”, 한국콘텐츠학회지, 제7권, 제3호, pp.44-52, 2009.

[8] http://sizekorea.kats.go.kr

[9] M. M. Panjabi, J. Duranceau, V. Goel, T. Oxland, and K. Takata, “Cervical human vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions,” Spine, Vol.16, No.8, pp.861-869, 1991.

[10] M. M. Panjabi, K. Takata, V. Goel, D. Federico, T. Oxland, J. Duranceau, and M. Krag, “Thoracic human vertebrae. Quantitative three - dimensional anatomy,” Spine, Vol.16, No.8, pp.888-901, 1991.

[11] M. M. Panjabi, V. Goel, T. Oxland, K. Takata, J. Duranceau, M. Krag, and M. Price. “Human lumbar vertebrae. Quantitative three - dimensional anatomy,” Spine, Vol.17, No.3, pp.299-306, 1992.

[12] R. J. McBroom, W. C. Hayes, W. T. Edwards, R. P. Goldberg, and A. A. White, "Prediction of Vertebral Body Compressive Fracture using Quantitative Computed Tomography," Journal of Bone and Joint Surgery, Vol.67-A, No.8, pp.1206-1214, 1985.

[13] J. Y. Rho, M. C. Hobatho, and R. B. Ashman, "Relations of Mechanical Properties to Density and CT Numbers in Human Bone," Medical Engineering and Physics, Vol.17, No.5, pp.347-355, 1995

[14] M. M. Panjabi, J. J. Crisco, A. Vasavada, T. Oda, J. Cholewicki, K. Nibu, and E. Shin, "Mechanical properties of the human cervical spine as shown by three - dimensional load - displacement curves," Spine, Vol.15, No.24, pp.2692-2700, 2001.

[15] M. M. Panjabi and R. A. Jr. Brand, A. A. 3rd. White, "Mechanical properties of the human thoracic spine as shown by three - dimensional load - displacement curves," J Bone Joint Surg Am., Vol.58, No.5, pp.642-652, 1976.

[16] I. Yamamoto, M. M. Panjabi, T. Crisco, and T. Oxland, "Three-dimensional movements of the whole lumbar spine and lumbosacral joint," Spine, Vol.14, No.11, pp.1256-1260, 1989.

저 자 소 개

이 승 복(Seung-Bock Lee) 정회원

- 1991년 2월 : 계명대학교 전산학과(공학사)
- 2007년 8월 : 충남대학교 전산학과(공학석사)
- 1991년 4월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

<관심분야> : 그룹웨어, 소프트웨어 공학, 인체정보, 과학데이터, 소셜네트워크

이 상 호(Sang-Ho Lee) 종신회원

- 1982년 2월 : 충북대학교 화학공학과(공학사)
- 1984년 2월 : 충북대학교 화학공학과(공학석사)
- 1993년 4월 : 동경농공대학 응용화학과(공학박사)
- 2001년 3월 ~ 2005년 12월 : 청운대학교 신소재응용화학과 겸임교수
- 2004년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 겸임교수
- 1983년 7월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원

<관심분야> : 과학기술 데이터베이스, 인체정보, 의료정보학, 사실정보, 과학데이터

한 승 호(Seung-Ho Han) 정회원

- 1988년 2월 : 가톨릭대학교 의학과(의학사)
- 1991년 2월 : 가톨릭대학교 의학과(의학석사)
- 1996년 2월 : 가톨릭대학교 의학과(의학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 가톨릭대학교 의과대학 해부학교실 교수, 응용해부연구소 소장
- 2001년 10월 ~ 현재 : 가톨릭대학교 의과대학 응용해부연구소 소장

<관심분야> : 육안해부학, 인체재건술, 응용해부학

곽 대 순(Dai-Soon Kwak) 정회원

- 1998년 2월 : 경희대학교 기계공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 경희대학교 기계공학과(공학석사)
- 2006년 8월 : 경희대학교 기계공학과(공학박사)
- 2008년 8월 : 가톨릭대학교 의학과(의학박사)
- 2008년 9월 ~ 2011년 6월 : 홍익대학교 기계,시스템디자인공학과 겸임교수
- 2007년 8월 ~ 현재 : 가톨릭대학교 응용해부연구소 연구교원

<관심분야> : 응용해부학, 인체계측학, 생체공학