한국정밀공학회 2006년도 춘계학술대회논문집 pp. 177~178 KSPE 06S157

긴뼈의 형상 평균화 기법

곽대순*, 이우영, 한승호(가톨릭대학교 의과대학 응용해부연구소 · 해부학교실)
최광남, 김태중(한국과학기술정보연구원)

The Geometric Averaging Technique for Long Bone

Dai-Soon Kwak, U-Young Lee, Seung-Ho Han(CIAA · Dept. of Anatomy, Catholic Univ.)
Kwang-Nam Choi, Tae-Joong Kim(Korea Institute of Science and Technology Information)

ABSTRACT

Many authors issued the feature-preserving averaging technique according to positioning and scaling process using landmarks, which represent the geometric characteristics of three dimensional surface models. Such a technique should be done by manual procedure, choosing and marking the landmarks on each bone surface before averaging process. In this study, we produced another averaging technique without having to use such manual procedure, and made averaging models from three dimensional surface data that were reconstructed from computerized tomography images of Digital Korean Project. The bone models were subjected to orthogonal coordinator system. These models were transformed to coincide mass center and to align principal axis. Then, bone models were scaled according to average length data of sample bone models on all axis(x, y, z). After establishing voxellar hexahedron space which contain all sample bone models, we counted the number of overlapping for each voxel. We generated the three dimensional average surface by displaying the voxels that have more overlapping number than boundary number. The boundary number was decided when the average volume of each bone equal to the volume of bone that would be averaged. Using this technique, we can make a feature-preserving averaging volume of bones.

Key Words : Average Technique (평균화 기법), Long Bone (긴뼈), Human Model (인체 모델), Shape Average (형상평균화)

1. 서론

사람의 뼈는 다양하고 복잡한 형상을 가지고 있어 이를 평균화하여 다수의 특성을 반영하는 형상을 제작하려고 하는 여러 가지 연구가 시도되고 있다. 전형적인 평균화 기법으로는 해부학적 의미가 있는 표지점들을 선정하고 표지점 사이의 길이, 각도, 형상 등의 관계를 측정하여 이를 기반으로 평균화된 뼈 형상을 만들는 방법[1]이 있다. 최근 컴퓨터 그래픽 기술의 발전으로 컴퓨터를 활용하여 해부학적 표지점을 설정하고, 표지점을 기준으로 정렬, 일치, 평균화 과정을 거쳐 평균화된 뼈 형상을 만들거나[2], 컴퓨터 단층 촬영을 이용하여 단면 형상을 평균화하여 3차원 형상을 제작하는 방법[3] 등이 소개되고 있다. 이러한 방법들은 평균화의 기준이 되는 표지점 선정에 있어 객관성을 잃어버리기 쉽고, 다수의 대상을 평균화 할 경우 표지점 선정에 많은 시간과 노력이 필요하다. 이 연구에서는 사람의 뼈는 하중을 지지하면서 움직임에 적합한 형상으로 진화되어 왔고, 같은 부분의 뼈는 비슷한 형상을 가지고 있다는 판단으로 질량중심과 관성주축 방향을 이용한 새로운 평균화 기법을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

컴퓨터 단층 촬영 영상에서 얻어진 다수의 3차원 형상 모델은 공간상의 위치가 모두 다르므로 위치를 일치시키는 과정이 필요하다. 본 평균화 기법에서는 평균화 대상 모델의 질량 중심을 계산하여 모델의 질량 중심을 원점으로 이동시키는 방법으로 위치를 통일하는 작업을 먼저 실시하였다. 위치가 일치된 모델은 각 부위별로 특징적인 형상을 가지고 있으므로, 이 형상을 기준으로 방향 정렬이 필요하게 된다. 본 평균화 기법에서는 정렬의 기준으로 관성주축을 사용하였는데 이는 가장 안정적인 자세를 취할 수 있는 축으로 생각할 수 있기 때문이다. 관성 주축 방향으로 정렬한 결과 길고 짧음 그리고 특정 돌출 형상을 가지고 있는 뼈의 형상에 대해서 각 모델별로 일치하는 방향을 얻을 수 있다. 특히 본 연구의 주된 관심 대상이 된 긴뼈는 Fig. 1 과 같이 특징 방향이 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 방향이 일치된 평균화 대상 뼈들은 길이(superior-inferior), 폭(anterior-posteri

or, medial-lateral) 방향의 축척 과정을 거치게 된다.

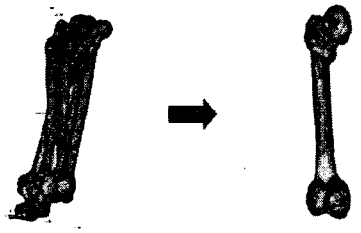

Fig. 1 Coincide mass center and align direction

위치, 방향, 크기의 평균화 작업이 완료되면 형상 평균화 작업을 수행하게 된다. 형상 평균화 작업은 중첩되어 있는 체적의 최외측 면을 따라 가장 큰 체적을 기준으로 가상 체적을 생성한 후, 가상 체적 내부에 육면체의 격자를 생성시키게 된다. 격자의 크기는 컴퓨터 단층 촬영시 픽셀 크기와 동일한 크기로 설정하였고, 격자의 높이는 촬영 간격과 같은 높이로 산정하였다. 격자 분할된 가상체적 공간의 각 격자 요소가 몇 개의 모델에 중첩되어 등장하게 되는지 모든 격자에 대하여 중첩수를 계산한다. 평균화된 체적의 생성은 특정 중첩수 이상을 가지고 있는 격자 요소만을 화면에 표시하는 방법으로 평균화 체적이 생성된다. 이 연구에서 중첩수의 산정은 평균화 이전 각 모델의 체적 평균과 평균화 되어 생성될 모델의 체적과 가장 근사한 값을 가지게 되는 중첩수를 사용하였다.

3. 평균화 결과물 검증

이 연구의 평균화 결과물의 적합성을 검증하기 위해 디지털 코리안 인체 모델[4]에서 대표적인 긴뼈인 넙다리뼈(femur)와 정강뼈(tibia) 각 50개 모델을 사용하여 평균화된 넙다리뼈와 정강뼈를 생성한 후, 넙다리뼈(femur) 6개소와 정강뼈(tibia) 3개소의 측정부위를 선정하여, 평균화 이전 개별 뼈에서 측정하여 수치적으로 평균화한 값과 생성된 평균 뼈에서 측정한 값을 비교하였다.

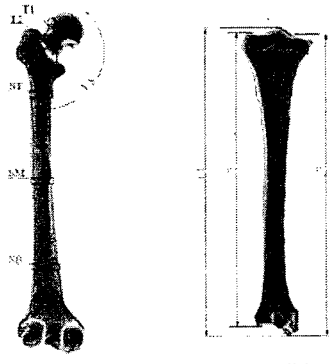

Fig. 2 Measurement of femur & tibia

Table 1에 50개의 개별 뼈에서 측정하여 평균한 값과 평균화 기법에 의해 생성된 뼈의 계측값을 비교하였다. 비교 결과 각각의 평균 계산값과 평균화 기법으로 재구성된 평균화 형상이 나타낸 값의 크기는 거의 유사한 값을 나타냈다.

Table 1 Compare average value of each bone with reconstructed model

Components		Averaged value	Recon. model*
Femur	T1[mm]	47.35±2.64	47.50
	T2[mm]	34.89±2.49	34.97
	TA[deg]	131.56±5.78	130.10
	ST[mm^2]	777.78±100.09	784.03
	SM[mm^2]	582.24±48.08	589.70
	SB[mm^2]	667.89±62.83	662.23
Tibia	L1[mm]	353.18±19.22	352.53
	L2[mm]	338.39±17.99	338.57
	L3[mm]	346.21±18.59	345.46

Recon. model*: Reconstruction model by this averaging technique

4. 결론

이 연구에서 제시한 기법으로 생성된 평균화 결과물은 평균화 이전 대상 뼈의 평균적인 크기와 뼈의 해부학적 특징을 잘 반영하고 있다. 이 기법을 사용하여 평균화된 뼈 형상은 한국인 다수의 특성이 포함된 형상으로 의료용 보철기구 개발, 정형외과적 진단 및 수술, 평균화된 형상을 기준으로한 생체공학 연구 등 다양한 분야에 활용될 수 있을것으로 생각된다.

후기

이 연구는 정보통신부 후원, 한국과학기술정보연구원 주관의 지식정보사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Viceconti, M., Casali M., Massari B., Cristofolini, L., Bassini S. and Toni, A., "The Standardized femur program. Proposal for a reference geometry to be used for the creation of finite element models of the femur," J. Biomech., Vol.29, No.9, pp.1241, 1996
2. Dean D, Bookstein FL, Koneru S, Lee JH, Kamath J, Cutting CB, Hans M, Goldberg J.,"Average African American three-dimensional computed tomography skull images: the potential clinical importance of ethnicity and sex," J Craniofac Surg., Vol.9, No.4, pp.348-58, 1998
3. Keyoung Jin Chun, Ho Jung Lee and Dong Teak Chung, "A Study of the Standardization in the Mandibular First Premolar of the Middle Aged Korean," J. KSME, Vol.23, No.2, pp.154-163, 2006
4. Digital Korean Homepage, http://digitalman.kisti.re.kr