대 한 체 질 인 류 학 회 지
Korean J Phys Anthropol
19(4): 245 ~ 253, 2006

사람계측에 의한 넓적다리 근육부피 추정산출 모형의 개발

이재구, 김영규[1], 김창수[2], 이완희[3], 백두진[4]
삼육대학교 생활체육학과, [1]한양대학교 생활체육과학대학 대학원
[2]가톨릭대학교 의과대학 응용해부학교실, [3]삼육대학교 물리치료학과
[4]한양대학교 의과대학 해부・세포생물학교실

간추림 : 본 연구는 CT촬영 분석을 통하여 한국인 넓적다리 근육을 정량화하고, 그 정량값을 기준으로 사람계측변수들을 통하여 넓적다리 근육부피를 추정 산출할 수 있는 모형을 고안하려는 것이다.

따라서 총 20명(남 14명, 여 6명)의 연구대상자들의 넓적다리 부위를 CT촬영한 후, 사람 계측변수들을 계측하였다. 각 개인별 CT영상 자료는 DICOM FILE에 저장되었으며, CT영상분석 소프트웨어(INFINTT, 한국)를 이용하여 정량 분석하였다. 추정식 모형개발을 위한 독립변수들은 22개 이었으며, 이들은 기술통계, 단순회귀분석, 상관분석, 추정 모형고안 및 모형평가 과정을 수행하는데 모두 이용되었다. 그 결과, CT 영상분석에서 산출된 실측 값들(넓적다리 근육둘레 변수들 및 넙다리뼈 부피 변수들)과 사람계측에 의하여 추정된 추정 값들 간의 차이검증(t-test)에서 넓적다리 몸쪽 근육둘레 변수에서만 유의한($P=0.0102$) 차이가 있었고, 나머지 모든 변수들간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서 얻어진 한국인 넓적다리 근육부피 추정 모형 $Y=127.4134*X_1+18.7767*X_2-5998.62$로 고안되었으며, 추정식에 의한 R^2는 97%, SEE는 3.6% ($123\,cm^3$)로 나타났다. 여기서 X_1은 넓적다리 추정 가운데 근육둘레 변수(피부밑지방두께로 보정된)이며, X_2는 넙다리뼈 추정 부피 변수이었다. 이 추정모형에 의하여 얻어진 넓적다리 근육부피와 CT에 의하여 실측된 값 간에는 통계적으로 유의한($P<0.05$) 차이가 없는 것으로 나타났다.

결론적으로, 본 연구에서 얻어진 추정식은 한국 성인의 넓적다리 근육부피를 추정산출하는데 적합한 모형인 것으로 평가되었다.

찾아보기 낱말 : 계측, 넓적다리, 근육부피, 추정산출모형

서 론

노화과정에서 발생하는 근육감소증(sarcopenia)은 체지방으로 대체되고 그로인한 신체활동의 감소와 함께 흔히 대사성 질환을 겪게되는 것으로 인식되어 왔음에도 불구하고, 뼈대근육 부피 또는 면적을 측정 평가할 수 있는 유용한 방법 개발에 있어 중요한 제한점은 과거나 오늘날이나 해부학적 계측자료들이 절대 부족하다는 것이다. Clarys 등(1984)의 보고에 따르면, 지금까지 사람해부에 의해서 제시된 비교 가능한 뼈대근육 부피와 질량은 단지 남성 25구의 검체에 불과할 뿐이다.

따라서 뼈대근육 면적을 평가하기 위한 대부분의 연구들은 간접 측정방법들에 대한 개발과 그 타당성과 신뢰성을 확립하기 위하여 많은 노력을 기울여 왔다. 그러나 이러한 추정 모형 연구들도 결국은 아주 한정적인 사람 해부자료들에 의존해야 했기 때문에 아직도 만족할 만한 결과는 얻지 못했다고 인식되었다.

선행 연구자들(Matiegka 1921, Heymsfield 등 1979)에 의하여 제시된 사람계측에 의한 뼈대근육

교신저자 : 백두진(한양대학교 의과대학 해부・세포생물학 교실)
전자우편 : paikdj@hanyang.ac.kr

면적 산출 추정식들은 교차타당도 검증에서 많은 오차를 나타내어 널리 적용되지 못하였으며, 지금까지 제시된 추정 방정식 모형들 중 Martin 등(1990)이 가장 신뢰할 만한 모형(설명력: R^2=97%, 추정의 오차: SEE=1.55 kg)을 보고하였지만, 대상의 수가 너무 적고, 또한 교차타당성 검증도 문제로 제기되었다.

이렇게 뼈대근육 면적 또는 부피 산출에 관한 연구들이 유용한 결과를 얻지 못하는 것은 현실적으로 신선사체를 통한 해부학적 정량 분석도 쉽지 않을 뿐만아니라, 사람 해부를 대신할 수 있는 것으로 신뢰성과 타당성이 입증된 고급 의료장비들의 적용과 활용에 있어서도 또한 제반문제들이 남아 있기 때문이다.

그럼에도 불구하고 Lonn 등(1999)은 CT를 이용하여, 또한 Ross 등(1992)은 MRI를 이용하여 생체상태로(*in vivo*) 근육량 및 근육부피를 분석평가하였으며, 영상분석과 직접해부를 통하여 얻어진 조직부피간의 유의한 차이는 없었다고 주장하였다. 더구나 영상분석에 의한 자료들은 사체 분석자료와 달리 생체상태이기 때문에 더 유용한 자료일 수 있을 것으로 생각되었다.

사람조직의 생체상태 분석방법에 대한 신뢰성과 타당성이 확립됨에 따라 CT 또는 MRI 영상분석에 의한 사람의 뼈대근육 부피 값을 기준으로, 계측에 의한 근육부피 추정모형 개발에 관한 연구들, 즉 CT (Mitsiopoulos 등 1998)와 MRI (Ross 등 1992), BEI (Fuller 등 1999, Elia 등 2000), DEXA (Going 등 1993), UCrn (Lee 등 2000)를 활용한 연구들이 진행되었다. 그러나 뼈대근육 면적 추정산출을 위한 계측부위로 팔을 이용한 경우, 15% 이상의 오차발생이 보고(Heymsfield 등 1979)되었는데 이는 뼈대근육의 적은 분포부위를 기준으로 전신의 근육부피를 추정했기 때문인 것으로 인식되었다. 그리고 BEI 또는 UCrn에 의한 방법을 사용한 경우에는 그 오차범위가 매우 크게 나타났다. 그러나 MRI 분석법의 경우 안정적이며 제반문제가 거의 없는 것으로 인식되지만 분석비용을 무시할 수는 없는 것이다. 역시 CT나 DEXA방법을 이용하면 비교적 안정적인 자료를 확보할 수 있지만, 전신의 뼈대근육 면적을 분석할 경우, 방사선 노출 문제를 고려하지 않을 수 없다.

따라서 본 연구에서는 뼈대근육 분포가 가장 큰 넓적다리 부위의 근육부피를 연구대상 국소부위로 이용하고자 하였다. 또한 일반적으로 추정식은 동일 특성의 대상에서 유도되었을 때, 가장 적합하기 때문에 본 연구는 한국사람 넓적다리 근육조직을 CT로 분석 정량화하고, 그 값을 기준으로 사람계측에 의한 넓적다리 근육부피를 추정할 수 있는 모형을 고안 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상

연구대상자들은 총 20명(남자 14명, 여자 6명)이었으며, 그들의 평균연령은 29.6±8.66세이었다. 평균신장은 170.7±6.14 cm, 평균체중은 67.08±8.89 kg이었다. 피검자들은 참여 시점까지 의료적으로 최근 6개월 내 전혀 이상소견이 없는 건강한 자들이었으며, 모두 자발적으로 본 연구에 참여하였다.

2. 사람계측

모든 계측 변인들은 Lohman 등(1988)의 사람 계측방법에 따라 마틴식 계측기로 수행하였다. 모든 계측은 3회 측정하여 동일 값 또는 평균 값을 적용하였다.

1) 사람계측의 직접 측정변인 및 위치

넓적다리 몸쪽 둘레: 샅고랑인대와 넓적다리 안쪽이 서로 접선하는 지점에서, 넓적다리 가운데 둘레: 넓적다리 몸쪽과 먼쪽 계측지점의 가운데에서, 넓적다리 먼쪽 둘레: 무릎뼈 위쪽으로 1 cm 지점에서, 각각 계측하였다. 넓적다리 길이는: 몸쪽 둘레에서 먼쪽 둘레까지의 길이를 측정하였으며, 넙다리뼈 폭(breadth)은: 가쪽과 안쪽위관절융기를 계측하였다. 넙다리뼈 뼈몸통 평균부피는: 넙다리뼈의 1/3, 2/3, 3/3 지점의 부피를 평균하여 산출하였다. 한편 넓적다리 피부밑 지방 두께는 넓적다리 가운데의 앞면에서 계측하였다(Table 1).

Table 1. Descriptive results on the independent variables

Variables	N	Mean	S.D	Min	Max
thigh.cir.top[1)]	20	57.27	4.03	49.42	66.25
thigh.cir.mid[2)]	20	49.72	4.38	41.63	60.82
thigh.cir.bot[3)]	20	37.23	8.39	3.73	44.91
skin thick[4)]	20	1.41	0.48	0.64	2.74
ct.m.cir.top[5)]	20	50.08	5.81	38.54	59.95
ct.m.cir.mid[6)]	20	46.05	4.87	35.99	55.55
ct.m.cir.bot[7)]	20	35.36	3.38	28.92	41.4
femur length	20	25.85	1.56	22	29
femur breadth	20	8.49	0.5	7.57	9.51
ct.fe.sft.bon[8)]	20	3.56	0.22	3.25	4.04
ct.tot.fe.bon[9)]	20	190.16	19.03	150.3	220
ct.tot.m.vol[10)]	20	3347	679	2094	4833
prd.m.cir.top[11)]	20	52.85	4.10	46.65	62.76
prd.m.cir.mid[12)]	20	45.29	4.610	37.49	57.34
prd.m.cir.bot[13)]	20	32.80	8.28	0.38	41.43
prd.fe.sft.bon[14)]	20	3.56	0.24	3.17	3.99
prd.tot.bon.[15)]	20	190.39	8.35	171.63	204.34
prd.tot.m.vol[16)]	20	3347.9	669.18	2188.59	4951.41

[1)]high circumference top., [2)]thigh.circumference middle., [3)]thigh circumference bottom., [4)]skinfold thickness., [5)]C.T-measured muscle circumference top., [6)]C.T-measured muscle circumference middle. [7)]C.T-measured muscle circumference bottom., [8)]C.T-measured femur shaft bone vol., [9)]C.T-measured total femur length., [10)]C.T-measured total muscle volume., [11)]predicted muscle circumference top., [12)]predicted muscle circumference middle., [13)]predicted muscle circumference bottom., [14)]predicted total shaft bone., [15)]predicted total bone., [16)]predicted total muscle volume.

2) 근육둘레 추정산출

Roche 등(1996)이 제안한 $CM=CA-2\pi\ d$…(1)의 식을 적용하였다. 여기서 CM은 추정 근육둘레(cm)이고, CA는 사람계측에 의한 넓적다리 계측둘레(cm)이며, d는 피부밑지방 두께(cm)이다.

3) 넙다리뼈 부피 추정산출

CT 영상분석에 의하여 얻어진 넙다리뼈 부피를 기준값으로 두고, 계측에 의한 넙다리뼈 폭 값을 통하여 추정 회귀식, $FB=35.5211*(X_1)+2.6225*(X_2)$…(2)의 다중회귀식을 고안고 후 적용하였다. 여기서 FB는 넙다리뼈 추정부피(cm^3)이며, X_1은 뼈몸통부피(Bp)로써, 즉 $Bp=0.43219+0.3701*(X_3)$…(3)의 식으로 산출하였다. 여기서 X_3는 넙다리뼈 폭(FA; cm)이었다. 한편 (2)의 식에서 X_2는 넓적다리 길이(cm)였다.

3. CT 장비 및 촬영조건

CT 촬영장비는 Hitachi Single Spiral (Model: Pronto SE. 2003. Japan) 기종이었으며, 촬영 scan 조건은 관전압 120 kVp, 관전류 200 mA, 조사시간은 1 sec/slice로 하였다. 영상조직의 촬영 두께는 10 mm씩으로 하였으며, scan FOV는 최대 430 mm로 하고, display FOV는 210 mm, 250 mm, 300 mm로 하였다.

1) 영상 자료처리과정

CT영상은 개인에 따라 20～35장 정도이었으며, DICOM 파일로 저장을 하여 CT영상분석 프로그램인 INFINITT (Rapidia 2.8, Korea)로 정량분석할 때 이용되었다.

2) 넓적다리 근육둘레 측정

INFINITT 3D Volume Pass MPR (multiplanner reformation)를 이용하여, 지정된 위치의 축 해부(axial-anatomy) 영상이 최대로 보이도록 display FOV를 200 mm로 하였다. 그리고 각 조직별(뼈, 근육, 지방) threshold value를 부여하였다. 그 다음 curve 측정기능을 이용하여 넓적다리 각 조직성분별 둘레를 측정하였다. 각 조직의 둘레 측정 후, 뼈와 근육의 부피를 산출하기 위하여 2D slice 기능 중 3D growing을 이용하였으며, 각 연구대상자별 뼈와 근육의 부피를 누적 산출하였다.

3) 신선사체 넓적다리 근육조직의 적출부피와 CT 영상분석 부피간의 비교

본 연구에서 적용하고 있는 영상분석 소프트웨어에 대한 타당성과 신뢰성 확인차원에서 신선사체 1구를 이용하였다. 신선사체의 넓적다리 CT영상분석에 의하여 산출된 근육부피(1, 890 cc)가 직접해부로 적출된 근육부피(1,869 cc)보다 1.12% (21 cc) 더 많았지만 거의 차이가 없었다. 따라서 본 연구에서 적용하려는 CT영상분석 소프트웨어는 신뢰성과 타당성이 인정되는 것으로 평가되었다.

4. 자료분석

모든 변수들의 측정값은 평균 및 표준편차로 산출하였다. 넓적다리 근육부피와 각 독립변수들간의

상관관계는 피어슨적률상관 분석으로 하였다. 사람계측에 의한 넓적다리 근육부피 추정모형을 위한 변수선택은 Stepwise 방법을 이용하였다. 모형에 대한 평가는 K-hold cross-validation으로 하였다. 모든 통계자료 분석은 SAS package 9.11를 이용하였으며, 모든 변수에 대한 유의수준은 0.05 이하로 하였다.

결 과

1. 독립변수들에 대한 차이

넓적다리 계측둘레는 몸쪽이 57.3±4.02 cm로 가운데 둘레 49.7±4.38 cm보다는 7.6 cm (16%), 먼쪽 둘레 37.2±8.38 cm보다는 20.1 cm (35%) 더 크게 나타났다. 또한 CT분석에 의한 넓적다리 근육둘레의 경우도 몸쪽이 50.1±5.81 cm로 가운데의 46.05±4.86 cm보다 약 4 cm (8%), 먼쪽의 35.4±3.37 cm보다는 14.7 cm (30%) 더 크게 나타났다. 그러나 계측 둘레와 CT분석 근육둘레간의 차이를 각각 비교한 결과, 넓적다리 몸쪽 둘레에서의 차이가 가장 큰 폭(57.3 cm에서 50.1 cm)인 7.2 cm로 나타났으며, 가운데에서는 3.65 cm, 먼쪽에서는 1.8 cm로 나타났다. 넓적다리 길이는 25.85±1.56 cm, 넙다리뼈 폭은 8.49±0.57 cm, 그리고 넙다리뼈 뼈몸통의 평균 부피는 3.56±0.21 cm^3으로 나타났다. 또한 이 변수들을 토대로 산출된 넙다리뼈 총부피는 190.16±19.03 cm^3으로 나타났다. 최종적으로 CT분석에 의하여 정량적으로 산출된 넓적다리 총 근육부피는 3,347±679 cm^3이었다.

한편, 넓적다리 근육둘레를 추정하기 위하여 넓적다리 가운데 앞면에서 계측된 피부밑지방 두께는 1.40±0.48 cm로 나타났다. 따라서 피부밑지방 두께로 보정되어 추정된 넓적다리 근육둘레는 몸쪽 52.84±4.10 cm, 가운데 45.29±4.61 cm, 먼쪽 32.80±8.28 cm로 각각 나타났다. 가운데와 먼쪽 둘레 값들은 몸쪽 둘레보다 각각 7.55 cm (13.5%)와 20.04 cm (38.5%)가 작은 것으로 나타났으며, 이러한 차이는 CT에 의하여 계측되었던 근육둘레들간의 차이와 비슷하였다. 이는 Table 2에서 나타난 바와 같이, CT계측에 의한 실측 값들과 사람계측에 의한 추정값들간의 차이검증(t-test)에서, 몸쪽 둘레에서만 유의한(P=0.01) 차이가 인정되었을 뿐, 그 외 모든 변수들에서는 유의한 차이가 없었다.

Table 2. The t-tests on the differences between CT-measured value and predicted value by anthropometry

Differences	DF	t	Pr
ct.m.cir.top/prd.m.cir.top	19	2.85	0.0102
ct.m.cir.mid/prd.m.cir.mid	19	−1.45	0.1639
ct.m.cir.bot/prd.m.cir.bot	19	−1.37	0.1869
ct.fe.sft..bon/prd.fe,sft.bon	19	0.09	0.9298
ct.tot.bon/prd.tot.bon	19	−0.07	0.9415
ct.tot.m.vol/prd.tot.m.vol	19	0	0.9991

The abbreviations are same as Table 1.

Table 3. Correlations between thigh muscle volume and each variables

Parameters	Correlations	P
height	0.434	0.0001
weight	0.710	0.0001
thigh cir.top	0.766	n.s
thigh cir.mid	0.887	0.0001
thigh cir.bot	0.403	0.0716
femur. length	−0.144	0.027
femur.breadth	0.737	0.0001
skinfold thickness	−0.365	0.0088
ct.m.cir.top	0.728	0.0001
ct.m.cir.mid	0.881	0.0001
ct.m.cir.bot	0.825	0.0001
ct.fe.sft.bon	0.319	0.0001
prd.m.cir.top	0.886	0.0001
prd.m.cir.mid	0.963	0.0001
prd.m.cir.bot	0.474	0.028
prd.fe.sft.bon.	0.342	0.0001
prd.tot.bon	0.411	0.0001
ct.tot.bon	0.423	0.0001

The abbreviations are same as Table 1.

2. 상관관계

CT에 의하여 산출된 넓적다리 근육부피와 각 독립변수들간의 상관은 Table 3에 나타난 바와 같이 둘레 변수들에서 높게 나타났으며, 양의 상관관계를 보였다. 그 중에서도 넓적다리 가운데 변수들은 모두 높은 상관(r=0.881～0.963)이 있었는데, 특히 넓적다리 추정 근육둘레가 0.963 (P=0.001)으로 가장 높게 나타났다. 반면 넓적다리 길이(r=−0.144)와

Table 4. Estimation model for thigh muscle volume by anthropometry

	Unstandardized coefficient		Standardized coefficient	t	P
	B	SEE	β		
constant	−5998.62	644.7555		−9.30371	4.4116E-08
prd.m.cir.mid	127.4134	6.765085	0.864903	18.83396	7.9692E-13
prd.tot.bon	18.77676	3.735249	0.230848	5.02691	0.00010358

The abbreviations are same as Table 1.

피부밑지방두께 (r=−0.365) 변수들과는 낮은 음의 상관이 나타났다.

3. 넓적다리 근육부피 추정모형

사람계측에 의한 넓적다리 근육부피 추정모형은 넓적다리 가운데 근육둘레와 넙다리뼈 추정 부피 변수를 통하여 고안되었다(Table 4). 즉 넓적다리 근육부피 추정식, $Y=127.4134*X_1+18.7767*X_2-5998.62$ …(3)의 식으로 나타났다. 여기서 X_1는 넓적다리 가운데의 추정 근육둘레이며, X_2는 넙다리뼈 추정 부피이다. (3)의 추정식은 97%의 설명력(R^2)을 나타내면서도 추정된 근육부피의 추정의 오차(SEE)는 3.6% (123 cm^3)로 아주 낮게 나타났으며, 유의수준도 0.000이었다. 여기서 X_2인 넙다리뼈 추정 부피, $Y=31.69*X_3+3.00*X_4$…(4)식에 의하여 산출된 값이다. 추정식(4)에서 X_3는 넓적다리 길이며, X_4는 추정된 넙다리뼈 뼈몸통의 평균부피이었다. 또한 추정식(4)에 대한 R^2는 99%로 매우 높았으며, 추정의 오차도 7.5% (14.32 cm^3)로 비교적 낮게 나타났고, 유의수준은 0.000이었다. 그리고 X_4는 $0.419*X_5$…(5)의 식에 의하였으며, 여기서 X_5는 넙다리뼈 폭이었다. 이 단순회귀식에 대한 R^2는 99%였으며, SEE는 5.8%로 아주 작은 변동율을 보였으며, 유의수준은 0.03으로 나타났다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 넓적다리 근육부피 추정 값들은 거의 직선상에 산점되어 아주 잘 적합된 것으로 나타났다.

4. 독립변수들에 대한 다중공선성

추정식에 대한 다중공선성 통계량 분석결과(Table 5), 분산팽창인자는 1.219이었으며, 공차한계는 0.820으로 나타났다. 분산팽창인자가 10 이하이며, 공차한계 또한 0.1 이상이므로 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다. 또한 다중공선성 검증결과(Table 6)에서도 상태지수가 10 이상이면 의심하고 100 이상이면 심각한 다중공선성이라고 할 수 있다. 본 추정식은 상태지수가 60 이하이므로 다소 다중공선성이 인식된다고 할 수는 있으나, 전체적으로 고려할 때

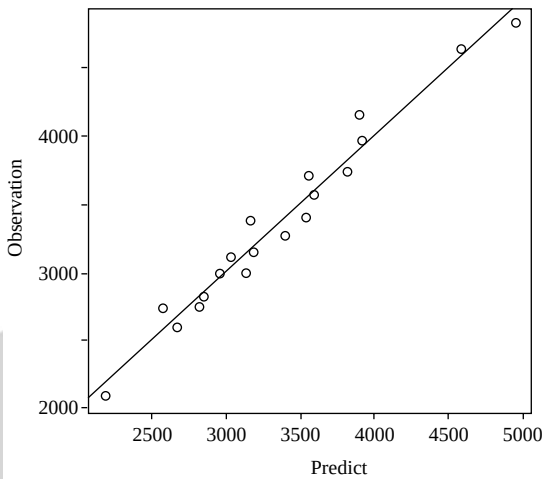

Fig. 1. CT-measured thigh muscle volumes vs. predicted volumes by estimation model.

Table 5. Collinearity diagnostics on the estimation model

Tolerance	VIF (variance inflation factor)
Constant	–
0.820	0.820
1.219	1.219

Table 6. The tests for multicollinarity

Dimen-sion	Eigen value	Condition index	Variance ratio		
			Constant	X_1	X_2
1	2.993465	1	.000203	.000889	.00016683
2	0.005677	22.96301	.074207	.929208	.02883112
3	0.000858	59.05379	.92559	.069903	.97100205

X_1: predicted mid-thigh muscle., X_2: predicted femur bone volume

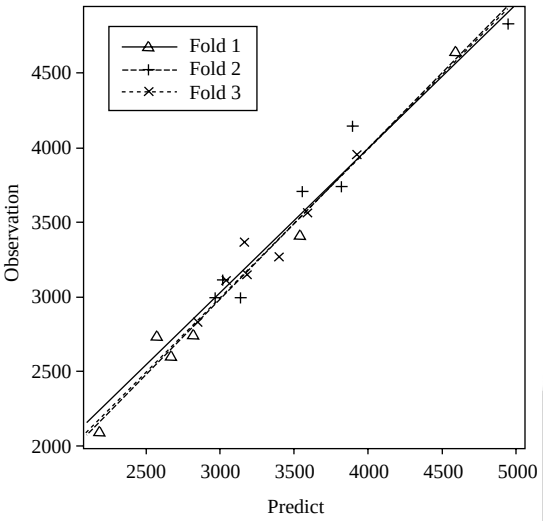

Fig. 2. K-fold cross validaton.

추정식 독립변수들에 대한 다중공선성은 나타나지 않았다.

5. 추정된 모형에 대한 평가

교차타당성 검증은 K-fold cross-validation으로 수행하였다. 본 연구에서는 3개의 적합세트 모형을 만들었으며, Fold 1은 관측수(n)=6를 통하여 SS=88011, MS=14668로 나타났으며, Fold 2는 N=7, SS=132052, MS=18865, 그리고 Fold 3에서는 N=7, SS=65584, MS=9369인 결과(Fig. 2)를 얻었다. 즉 3개의 적합모형의 관측값에서 적합 관측값을 뺀 값들도 250을 넘지 않았다. 또한 분산(ss)도 (88011+132052+65584)/20 (n)=14282.35로 나타났는데, 원자료(CT)의 분산도 13579로 큰 차이가 없었다. 따라서 이 모형은 넓적다리 근육부피 추정에 적합하였다.

고 찰

본 연구는 사람 근육조직의 최대 분포부위이며, 체중에서 차지하는 비율 또한 약 12%인 넓적다리의 근육조직을 사람계측을 통하여 간단히 추정할 수 있는 모형을 고안하고자 하였다. 이는 지금까지 사람 근육부피 또는 면적을 추정하는 주요 선행 연구들이 팔의 계측 변인에 의한 모형(Heyms-field 등 1982b) 또는 팔·다리에서의 계측에 의한 근육면적 추정모형들(Clarys과 Marfell-Jones 1994, Martin 등 1990)을 제안해 왔으나, 아직도 일반적으로 현장에 적용할 수 있는 안정된 추정모형을 제시하고 있지 못하였기 때문이다. 물론 그러한 이유 중의 하나가 추정식 고안을 위한 관측 값으로 적용할 수 있는 자료에 대한 질적 및 양적인 제한점이 항상 문제였다는 것도 간과 할 수는 없다.

따라서 본 연구에서는 사람계측을 통하여 추정모형을 고안할 수 있는 실측 자료를 얻기위하여 넓적다리 부위를 먼저 CT촬영 분석하고 근육조직 부피를 정량화하였다. 그리고 추정식 모형의 독립변수로서의 타당성을 확보하기 위하여 CT 분석에 의하여 얻어진 넓적다리 근육부피와 각 독립변수들간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과(Table 3), 넓적다리 가운데 계측 둘레와 상관이 0.887, CT로 측정된 넓적다리 가운데 근육둘레와 상관이 0.881이었던 반면, 넓적다리 피부밑지방 두께가 보정된 넓적다리 가운데 근육둘레에서 오히려 더 높은 상관(r=0.963, P=0.000)이 있었다. 이는 Martin 등(1990)이 사체 12구의 몸전체 뼈대근육량과 넓적다리 가운데 둘레간의 상관이 0.94이었다는 보고보다 약간 더 높게 나타났다. 또한 일반적으로 넓적다리 가로 면적(cross-sectional area)을 계측할 때 선행연구들에서 주로 넓적다리 가운데 부위를 선택하여 왔기 때문에 본 연구의 넓적다리 근육부피 추정식을 위한 독립변수로서 넓적다리 가운데 추정 근육둘레의 선택은 타당한 것으로 인식되었다. 반면 넙다리뼈에 관련한 독

립변수들의 경우는 대체로 낮은 상관들을 보였다. 그렇지만, 순수 넓적다리 근육부피만을 추정해낼 수 있는 모형을 고안하기 위해서는 반드시 넙다리뼈 부피를 제해 주어야 하기 때문에 넙다리뼈 추정 부피를 모형의 독립변수로 채택하는 것이 타당하다고 판단되었다. 결과적으로 본 연구에서 넓적다리 근육부피 추정식은 다음과 같이 고안되었다.

즉 $Y=127.4134*X_1+18.7767*X_2-5998.62$이었으며, 여기서 X_1은 [넓적다리 가운데에서 추정된 근육둘레], X_2는 [추정된 넙다리뼈 부피]이었다. 이 추정식에 의한 설명력(R^2)은 97%이었으며, 추정의 오차(SEE)는 3.6%(123 cm^3)로 나타났다.

Miyatani 등(2003)이 초음파를 이용하여 넙다리네갈래근의 부피만을 추정할 수 있는 중다회귀식, $Y=(MT*311.732)+(L*53.346)-2058.529$을 고안하였는데, 이 회귀식의 R^2는 82.4%, SEE는 173.7 cm^3인 10.6%로 나타났으며, 이는 본 연구에서 보다 추정범위가 더 적음에도 불구하고 설명력은 더 적고, 변동율은 오히려 더 크게 나타났다.

반면 Martin 등(1990)은 12구의 사체를 이용하여 몸전체의 뼈대근육량을 추정할 수 있는 추정식, $Y=STAT(0.0553*CTG^2+0.0987*FG^2+0.0331*CCG^2)-2445$를 고안하였는데, 이 추정식에 대한 설명력은 97%로 아주 높았으며, 추정의 오차 또한 1.53 kg으로 비교적 낮았기에 전신의 뼈대 근육량을 잘 추정할 수 있는 것으로 인식되었다. 그러나 이 추정식은 교차타당성 검증이 이루어지지 않았기 때문에 실제로 현장에 적용할 경우 그 적합성과 오차범위를 알 수 없는 것으로 평가되었다.

한편, Heymsfield 등(1979)은 CT분석 값을 기준으로 하여 위팔에서 계측을 통한 근육부피 추정시 15～25%까지 과대평가가 나타났다고 보고하였다. 그리고 그들의 후속연구(1982b) 에서 팔의 뼈부피를 보정한 경우에도 여전히 7～8%의 오차는 발생된다고 하였다. Clarys and Marfell-Jones (1994)이 사체자료를 이용하여 사람계측으로 뼈대근육량을 추정할 수 있는 모형을 제시하였는데, 그 설명력은 84%로 높지않은 편이였으며, 추정의 오차는 5% 이상으로 나타났다. Kuriyan and Kurpad (2004)은 3일간의 뇨크레아틴 분석을 기준으로 위팔 둘레 변수를 이용하여 추정식, $Y=(1.641*MAC)-15.580$을 고안하였는데, 추정식의 설명력은단지 72% 수준이었으며, 추정의 오차는 2.91 kg으로 나타나 설명력은 적고, 오차는 큰 것으로 평가되었다. 또한 Poortmans 등(2005)도 DEXA을 통하여 얻어진 몸전체 뼈대근육량을 기준으로 사람계측에 의한 추정식과 뇨크레아틴에 의한 추정식을 고안하여 상호 비교한 결과, 사람계측법이 뼈대근육량을 상대적으로 더 정확히 추정한다고 주장하였다.

이상으로 볼 때, 본 연구를 통하여 얻어진 넓적다리 근육부피 추정식은 지금까지 가장 신뢰할만한 것으로 평가되고 있는 Martin 등(1990)이 고안한 몸전체 뼈대근육량 추정식보다는 국소부위 추정식이며, 또한 설명력과 추정의 오차에 있어서 약간 낮은 것으로 비교되었지만, Martin 등(1990)의 경우는 사체에 의한 추정 모형이고 교차 타당성 검증을 통한 모형의 적합성 평가도 이루어지지 않았기 때문에 본 연구에서 고안된 추정식 모형과 오히려 비교 자체가 곤란한 것으로 생각된다. 다른 한편 본 연구는 그들의 연구에서 보다 더 많은 생체 상태의 연구대상을 이용하였으며, 사람에서 가장 많은 뼈대근육이 분포된 넓적다리를 선택하여 더 정확하고 신뢰성이 높은 추정식을 제시하여 현장적용 가능성을 더욱 높였다는 것이 가장 큰 차이라고 할 수 있다. 더구나 본 연구의 추정식에서는 지금까지 선행의 연구들에서 언급되지 않았던 공차한계, 분산팽창인자, 상태지수들을 모두 종합해서 볼 때(Table 5, 6), 추정식에 대한 다중공선성도 나타나지 않았었다. 그러므로, 본 연구에서 얻어진 넓적다리 근육부피 추정식은 선행의 연구들보다도 연구적으로나 실제적으로나 더 유용한 가치가 있는 것으로 생각된다. 결론적으로 본 연구에서 제시한 넓적다리 근육부피 추정 모형은 특히 한국인을 대상으로 한 넓적다리 근육부피에 대한 정량적 평가가 요구되는 제 분야에 현장적용이 가능하다고 생각된다.

참 고 문 헌

Clarys JP, Martin AD, Drinkwater DT : Gross tissue weights

in the human body by cadaver dissection. Human Biol 56: 459-473, 1984.

Clarys JP, Marfell-Jones MJ : Soft tissue segmentation of the body and fractionation of the upper and lower limbs. Ergonomics 37: 217-229, 1994.

Elia M, Fuller NJ, Hardingham CR, Graves M, Screaton N, Dixon AK, Ward LC : Modeling leg sections by bioelectrical impedance analysis, dual-energy X-ray absorptiometry, and anthropometry: assessing segmental muscle volume using magnetic resonance imaging as a reference. Ann NY Acad Sci 904: 298-305, 2000.

Fuller NJ, Hardingham CR, Graves M, Screaton N, Dixon AK, Ward LC, Elia M : Predicting composition of leg sections with anthropometr and bioelectrical ompedance analysis, using magnetic resonance imaging as reference. Clin Sci (Lond) 96: 647-657, 1999.

Going SB, Masett MP, Hall MC : Detection of small changes in body composition by dual-energy x-ray absorptiometry. Am J Clin Nutri 57: 845-850, 1993.

Heymsfield SB, Mcmannus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW : Anthropometric nmeasurements of muscle mass: Revised equations for calculating bonefree arm muscle area. Am J Clin Nutri 36: 680-690, 1982.

Heymsfield SB, Olafson RP, Kutner MH, Nixon DW : A radiographic method of quantifying protein-calorie undernutiition. Am J Clin Nutri 32: 693-702, 1979.

Kuriyan R, Kurpad AV : Prediction of total body muscle mass from simple anthropometric measurements in young indian males. Indian J Med Res 119: 121-128. 2004. (Abastact)

Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB : Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. Am J Clin Nutri Sep 72: 796-803. 2000.

Lohman TG, Roche AF, Martorell R : Anthropometric standardization reference manual, Champaign, IL: Human Kinet Co, pp 35-47, 1988.

Lonn L, Starck G, Alpsten M, Ekholm S, Sjostrom L : Determination of tissue volumes. A comparison between CT and MR imaging. Acta Radiol 40: 314-321,1999.

Martin AD, Spenst LF, Drinkwater DT, Clary P : Anthropometric estimation of muscle mass. Medicine and Science in Sports Exerc 22: 729-733, 1990.

Matiegka J : The testing of phsysical efficiency. AM J. Anthropol 4: 223-230, 1921. cited from「Cattrysse E, Zinzen E, Caboor D, Duquet W, Van Roy P, Clarys JP : Anthropometric fractionation of body mass: Matiegka revisited. J Sports Sci 20: 717-723, 2002.」

Mitsiopoulos N, Baumgartner R, Heymsfield SB, Wyons L, Gallagher D, Ross R : Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. J Appl Physiol 85: 115-122, 1998.

Miyatani M, Hiroaki K, Kazumi A, Shinya K, Fukunaga N : Site-related Differences in Muscle Loss with Aging. International J Sport Health Sci 1: 34-40, 2003.

Poortmas JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S : Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. Med Sci Sports Exerc 37: 316-322, 2005.

Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG : Human Body Composition. Human Kinetics, pp 109-128, 1996.

Ross RL, Leger D, Morris V, Guise J, Guardo R : Quantification of adipose tissue by MRI: Relationship with anthropometric variables. Journal of Applied Physiology 72: 787-795, 1992.

Korean J Phys Anthropol
19(4): 245 ~ 253, 2006

Abstract

Estimation Regression of Thigh Muscle Volume by Anthropometry

Jae-Koo Lee, Young-Kyu Kim[1], Chang-Soo Kim[2], Wan-Hee Lee[3], Doo-Jin Paik[4]

Department of Leisure and Sports, Sahmyook university
[1]*Department of Leisure and Sports, College of Physical Education, Hanyang University*
[2]*Research Institute for Applied Anatomy, College of Medicine, Catholic University*
[3]*Department of Physical Therphy, Sahmyook University*
[4]*Department of Anatomy and Cell Biology, College of Medicine, Hanyang University*

The purpose in this study is to make a regression model for the prediction of skeletal muscle volume in thigh. For this purpose, men,14 and women,6 were included in this study. They were measured 22 independent variables by CT and anthropometry methods. CT Image analysis were performed with INFINITT, Rapidia 2.8, Korea.

The results in this study are as following. There were not significant (P=.000) between CT-measured variables and predicted variables by anthropometry, excepting the difference (P=0.01) at thigh top muscle circumference. Therefore, many of variables could be applied with parameters for estimation equation by anthropometry.

The estimation equation, obtained for thigh muscle volume using the predicted mid-thigh muscle circumference corrected by skinfold thickness and predicted total femur bone volume, was $Y(Mtot) = 127.4134 * (X_1) + 18.7767 * (X_2) - 5998.62$. Where, X_1 is predicted mid-thigh muscle circumference and X_2 is predicted total femur bone volume. R^2 in this model is .97, and SEE is 123 mL, CV 3.6%.

In conclusion, the determination of skeletal muscle volume in thigh can be highly validated with estimaton model in this study. Therefore it also be apply to predicting thigh muscle volume in korean adults.

Key words : Anthropometry, Thigh muscle, Estimation model

Correspondence to : Doo-jin Paik (Departmen of Anatomy and Cell Biology, College of Medicine, Hanyang University)
E-mail : paikdj@hanyang.ac.kr