

무릎뼈 높이에 대한 도수측정방법의 신뢰도와 타당도

김문환¹, 윤성준¹, 원종혁²

¹원주 세브란스 기독교병원 재활의학과, 연세대학교 대학원 물리치료학과, ²중부대학교 관광보건대학 물리치료학과

Reliability and Validity of the Manual Measurement Method for Patellar Height

Moon-hwan Kim¹, MSc, PT, Sung-joon Yun¹, MSc, PT, Jong-hyuck Weon², PhD, PT

¹Dept. of Rehabilitation Medicine, Wonju Severance Christian Hospital,

Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Yonsei University,

²Dept. of Physical Therapy, College of Tourism & Health Science, Joongbu University

Abstract

This study was to determine the reliability and validity of manual measurements of patellar height to standard radiographic measurements in 30 knees of 15 subjects. Patellar height was measured using manual and radiographic methods. The manual measurements were performed by two examiners using digital vernier calipers with the subject sitting and the knees in 30° of flexion. The radiographic measurements were performed in the same position. The reliability of the manual measurements was assessed by means of intraclass correlation coefficients [ICC(3,1)], and the validity was investigated using the Pearson's product-moment correlation coefficient and an independent t-test. The intra- and inter-rater reliabilities of the manual measurement of patellar height were excellent (ICC=.86 and .88 respectively). The validity of patellar height measured manually compared to the radiographic method was good (Pearson's r=.69). In conclusion, the manual method is an objective, qualitative measurement of patella height.

Key Words: Alta; Baja; Patellar dysfunction; Patellar height; Patellar instability.

I. 서론

무릎뼈(patella)는 커다랗고, 편평하며, 삼각형 모양으로 생긴 인체에서 가장 큰 종자골(sesamoid bone)로 무릎관절의 앞 부분에서 찾을 수 있으며, 넓다리네갈래근 힘줄(quadriceps femoris tendon)과 무릎 힘줄(patellar tendon) 사이의 가운데 부분에 위치한다(Yiannakopoulos 등, 2008). 무릎관절을 펴는 과정에서 무릎뼈는 관절 축으로부터 근육까지의 내적모멘트 팔(internal moment arm)을 증가시켜서 인체역학적으로 넓다리네갈래근이 더 큰 토크를 발생시킬 수 있도록 중요한 역할을 한다(Krevolin 등, 2004; Wahrenberg 등, 1978). 또한 무릎관절을 구부리고 펴는 동안 무릎뼈는

넓다리 융기고랑(femoral condylar groove)내에서 높이의 변화를 통해서 관절 반발력(joint reaction force)을 제공하며, 이를 통해서 무릎관절이 더 큰 부하를 견딜 수 있게 하는 도르래(pulley) 역할을 하여 기계적인 이득을 준다(Neumann, 2002).

무릎관절을 구부리고 펴는 동안 무릎뼈는 넓적다리 관절 융기고랑 내에서 이동(patellar tracking)하게 되며, 이 과정에서 무릎뼈의 불안정(patellar instability)이 있을 경우, 무릎뼈 아탈구(patellar subluxation), 혹은 탈구(dislocation), 그리고 무릎뼈넓다리뼈 통증(patellofemoral pain) 등의 증상이 발생하게 된다(Grana와 Kriegshauser, 1985). 그리고 무릎뼈의 불안정성은 도르래 이형성증(trochlear dysplasia),

고위 무릎뼈(patella alta), 저위 무릎뼈(patella baja), 무릎뼈 기울임(patellar tilt) 등의 특성을 가지는 것으로 알려져 있다(Balcerek 등, 2010; Juliusson과 Markhede, 1984; Laurin 등, 1978; Ward 등, 2007). 비정상적인 무릎뼈의 높이(patellar height)는 무릎뼈넙다리뼈 관절(patellofemoral joint)에 영향을 주어 무릎 통증이나 무릎뼈의 불안정성의 원인이 되기도 한다(Phillips 등, 2010).

고위 무릎뼈는 무릎뼈와 넙다리내갈래근 힘줄의 염증, 무릎뼈 연화증(chondromalacia patella)과 무릎뼈넙다리뼈의 불안정성으로 인한 탈구나 아탈구와 관련이 있으며(Grana와 Kriegshauser, 1985; Phillips 등, 2010), 저위 무릎뼈는 Osgood-Schlatter병, 무릎뼈넙다리뼈 관절염(patellofemoral arthritis), 외상, 신경학적 장애(neurological disorder), 전방십자인대의 복원(anterior cruciate ligament reconstruction) 그리고 넙다리내갈래근의 약화와 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Noyes 등, 1991; Tria 등, 1994). 또한 고위 무릎뼈와 저위 무릎뼈에서는 진행성 연골 소실(progressive cartilage loss) 및 기능적 제한과 장애(functional impairment and disability)를 초래할 수 있다고 보고되고 있다(Aparicio 등, 1997; Lee 등, 2012). 그렇기 때문에 무릎뼈의 높이 측정은 임상적으로 무릎뼈 불안정성이나 무릎관절의 구축(knee joint contracture), 아래무릎뼈 구축증후군(infrapatellar contracture syndrome) 등이 있거나 전체 무릎 대체 수술(total knee replacement)을 시행한 환자를 평가할 때 주요하게 사용된다(Seil 등, 2000).

무릎뼈의 높이를 측정하는 방법에는 줄자를 이용한 도수측정 방법과 방사선 촬영(radiography), 컴퓨터 단층 촬영(computed tomography), 자기공명영상(magnetic resonance imaging) 등을 통한 측정방법이 있으며(Konin 등, 2002; Lee 등, 2012), 영상 촬영을 이용한 방법은 다시 직접적인 방법(direct method)과 간접적인 방법(indirect method)으로 나눌 수 있다(Phillips 등, 2010). 직접적인 방법은 무릎뼈와 넙다리뼈(femur)의 위치를 측정하는 것으로, Blumensaat(1938), Bernageau 등(1975), Norman 등(1983) 그리고 Burgess 등(1989) 등이 제시하였으며, 간접적인 방법은 무릎뼈와 정강뼈(tibia)의 위치를 측정하는 것으로 Insall과 Salvati(1971), Blackburne과 Peel(1977), Caton(1982), de Carvalho 등(1985) 그리고 Micheli 등(1986) 등이 제시하였다. 이 중에서 가장 널리 사용하는 방법으로는

간접적인 측정방법인 Insall과 Salvati의 방법을 들 수 있다(Phillips, 2010). Insall과 Salvati의 방법은 무릎 힘줄의 길이(length of patellar tendon; LT)와 무릎뼈의 길이(length of patella; LP)의 비(ratio)를 이용하는 것으로 무릎관절을 20°에서 70° 구부린 자세에서 측정한다(Insall과 Salvati, 1971; Seil 등, 2000). 무릎 힘줄의 길이와 무릎뼈의 길이의 비를 계산하였을 때, 그 비(LT/LP)가 .8에서 1.2사이일 경우는 정상이라 하고, 1.2를 초과하였을 경우는 고위 무릎뼈라 하여 정상보다 무릎뼈의 위치가 높은 것을 의미하고, .8미만일 경우는 저위 무릎뼈라 하며 무릎뼈의 위치가 정상보다 낮은 것을 말한다(Insall과 Salvati, 1971).

Biedert와 Albrecht(2006)는 무릎뼈의 높이 측정을 위해서는 자기공명영상을 이용하는 것이 가장 정확하다고 설명하였으나, 많은 연구들에서는 방사선 촬영을 통해서 무릎뼈의 높이를 측정하고 있다(Biedert와 Albrecht, 2006; Rogers 등 2006; Schlenzka와 Schwesinger, 1990; Yiannakopoulos 등, 2008). 이와 같이 연구를 위해서는 방사선 촬영이나 컴퓨터 단층 촬영, 자기공명영상 등을 통해 무릎뼈의 높이를 측정하는 방법이 사용되고 있지만, 실제로 환자를 치료하는 임상에서는 경제적, 시간적인 이유로 도수측정 방법을 사용하고 있다. 도수측정 방법은 영상 촬영 장비를 이용한 측정 방법과 비교할 때, 비용이나 시간적인 측면에서 쉽게 무릎뼈의 높이를 측정할 수 있으며, 환자가 방사선에 노출되는 위험을 감수하지 않아도 된다는 장점을 가지고 있다.

이와 같이 도수측정방법은 임상에서 많은 치료사들에 의해 사용되고 있고, 영상 촬영 장비를 이용한 측정방법에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있음에도 불구하고, 아직까지 측정방법의 신뢰도나 타당도에 대한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 Insall과 Salvati가 제시한 간접적인 방법으로 버니어 캘리퍼를 이용한 도수측정 방법의 검사자간, 검사자내 신뢰도를 평가하고, 버니어 캘리퍼를 이용한 도수측정 방법과 방사선 촬영을 통한 영상의 측정간의 타당도를 알아보려고 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 연세대학교에 재학 중인 성인 15명을 대상으로 하였다. 모든 대상자들은 연구에 앞서 실험의

목적과 방법에 대해 충분히 설명을 들었으며, 자발적으로 실험에 참여하였다. 실험은 대상자들의 좌, 우 무릎관절을 대상으로 하여 모두 30개의 무릎관절에 대해 실시하였다. 실험대상자는 최소 3개월 동안 무릎관절에 통증이 없었던 자로 이전에 무릎관절염, 무릎뼈 탈구 그리고 무릎관절의 골절이나 무릎 힘줄 파열(patellar tendon tear)이 있었던 자, 무릎뼈의 높이를 변화시킬 수 있는 앞십자인대 수술(anterior cruciate ligament surgery), 정강뼈 뼈자름술(tibial osteotomy) 그리고 전체 무릎 대체 수술(total knee replacement)을 시행한 경험이 있는 자, 무릎관절의 가동범위에 제한이 있는 자, 그리고 다리에 신경학적 증상이 있는 자는 연구 대상에서 제외하였다. 연구 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험과정과 실험방법

본 연구의 실험은 무릎관절의 방사선 촬영과 촬영된 영상의 측정, 도수측정으로 구성되었다. 방사선 촬영은 원주 소재 정형외과 의원에서 방사선 장비(Diagnostic table - KOB, DongA X-ray, Geumsan-gun, Korea)를 이용하여 촬영되었으며, 도수측정은 방사선 촬영 후, 1주일 이내에 두 명의 검사자가 디지털 버니어 캘리퍼(digital vernier caliper, Gansu Henglong Industrial Products Co., Shanghai, China)를 이용하여 측정하였다. 방사선 촬영 영상은 원주 소재 대학병원에 근무하는 영상의학 전문의에게 의뢰하여 Insall과 Salvati 방법으로 무릎뼈의 길이와 무릎 힘줄의 길이를 측정하도록 하였다(Figure 1).

방사선 촬영은 방사선 촬영장치 플랫폼(platform)의 받침대에 앉은 자세에서 시행하였으며, 각도기(goniometer)를 이용하여 대상자의 측정하고자 하는 무릎관절을 30° 구부린 자세로 유지시킨 후 촬영하였다. 이 때, 넙다리네갈래근의 수축은 무릎뼈의 위치에 영향을 줄 수 있으므로, 촬영 시 근수축이 일어나지 않도록 대상자에게 잘 설명하고, 근육이 이완된 것을 확인한

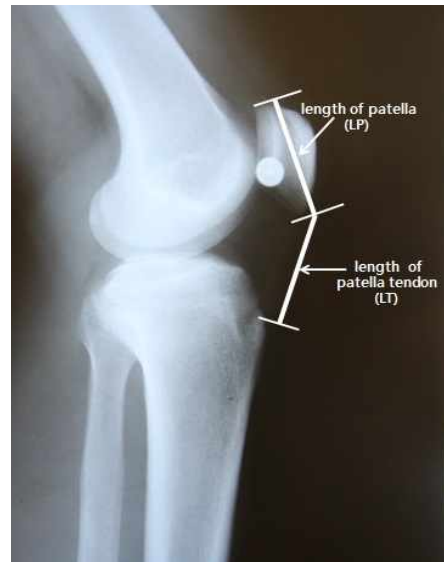


Figure 1. Radiographic measurement.

후 촬영을 실시하였다. 반대쪽의 무릎관절도 동일한 방법으로 방사선 촬영을 실시하였다.

도수측정은 각각 5년과 12년의 물리치료사 임상경력을 가진 두 명의 검사자에 의해 이루어졌다. 이들은 디지털 버니어 캘리퍼를 이용하여 무릎뼈의 높이를 측정하는 방법을 숙지하였고, 여러 차례 연습하였다. 또한 본 실험에서 두 검사자는 서로의 결과 값을 알 수 없도록 각각 다른 장소에서 측정을 실시하였다. 도수측정은 방사선 촬영 시의 자세와 동일하게 의자에 앉은 자세에서 수행되었으며, 무릎관절을 30° 구부려 유지시키고 넙다리네갈래근이 수축하지 않도록 한 후, 디지털 버니어 캘리퍼로 무릎뼈의 길이와 무릎 힘줄의 길이를 측정하였다. 측정에 사용된 디지털 버니어 캘리퍼는 길이를 측정하는 장비로써 .01 mm까지 측정가능하고 측정오차는 ±0.02 mm이며 측정값은 디지털로 표시되었다(Figure 2).

도수측정 시 검사자는 무릎뼈의 길이를 측정하기 위하여 무릎뼈의 상단(superior pole)과 하연(inferior pole)을 촉진(palpation)하고 정확한 위치에 컴퓨터용

Table 1. General characteristics of subjects

(N=15)

	Mean±SD	Range
Age (year)	22.6±2.2	20~26
Height (cm)	169.9±7.4	155~183
Weight (kg)	63.5±11.3	43~80
BMI ^a (kg/m ²)	21.9±2.5	17.9~26.1

^abody mass index.



Figure 2. Digital vernier caliper.



Figure 3. Manual measurement using a digital vernier caliper.

사인펜으로 표시한 후, 표시된 상단부터 하연까지의 길이를 디지털 버니어 캘리퍼로 측정하였다. 무릎 힘줄의 길이 측정은 정강뼈 결절(tibial tuberosity)의 가장 돌출된 부분을 컴퓨터용 사인펜으로 표시한 후, 검사자가 무릎뼈의 하연부터 정강뼈 결절까지의 길이를 측정하도록 하였다(Figure 3). 두 명의 검사자들이 대상자들의 좌, 우 무릎관절을 각각 측정하였으며, 순서는 무작위로 실시하였다. 도수측정은 모두 2회씩 실시하였는데, 1회 측정이 끝난 후, 1일 이상의 시간이 지난 뒤 다시 1회를 더 측정하였다. 한 검사자의 측정이 끝난 후에는 다른 검사자가 무릎뼈의 높이를 측정하기 위해 표시한 흔적을 알아볼 수 없도록 깨끗하게 지웠으며, 2회 측정시의 기록지도 새 것으로 바꾸어 검사자가 이전 기록을 알 수 없도록 하였다.

3. 분석방법

방사선으로 촬영된 영상의 측정치와 검사자 1에 의해 도수측정된 무릎뼈의 길이와 무릎 힘줄의 길이를 각각 평균±표준편차로 나타내었으며, 무릎뼈의 높이에 대한 방사선 촬영을 통한 측정과 도수측정 간의 타당도와 도수측정의 검사자간, 검사자내 신뢰도는 무릎뼈의 길이(LP)와 무릎 힘줄의 길이(LT)의 비(LT/LP)를 구하여 분석하였다. 무릎뼈 높이에 대한 도수측정의 검사자간, 검사자내 신뢰도를 검정하기 위하여 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficients; ICC)와 측정의 표

준 오차(standard error of measurement; SEM), 95% 신뢰구간의 평균차이를 이용하였다(Shrout과 Fleiss, 1979). 또한 방사선 촬영을 통한 측정과 도수측정 간의 타당도를 확인하기 위하여 독립 t-검정(independent t-test)과 피어슨 상관 계수(Pearson correlation coefficients)를 이용하였다. 모든 측정값들은 SPSS ver. 18.0 프로그램을 이용하여 통계 처리하였으며, 통계학적 유의 수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 결과

검사자 1에 의해 도수측정된 무릎뼈의 길이와 무릎 힘줄의 길이는 각각 52.78 ± 6.19 mm, 47.07 ± 4.87 mm였고, 방사선으로 촬영된 영상의 측정치는 무릎뼈의 길이와 무릎 힘줄의 길이가 각각 45.93 ± 4.73 mm, 48.66 ± 4.28 mm였으며, 도수측정과 방사선으로 촬영한 영상의 측정치에서 무릎뼈의 길이 및 무릎뼈의 길이와 무릎 힘줄의 길이의 비에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 2). 검사자 1에 의해 2회 측정된 무릎뼈 높이의 검사자내 신뢰도[ICC(3,1)]는 .86으로 나타났고(Table 3), 검사자 1과 검사자 2가 측정된 무릎뼈 높이의 검사자간 신뢰도[ICC(3,1)]는 .88로 나타났다(Table 4). 방사선 영상의 무릎뼈 높이의 비와 검사자 1의 도수측정을 통한 무릎뼈 높이의 비를 비교한 결과, 피어슨 상관계수 .69로 양

Table 2. Comparison of patellar length and patellar tendon length measured by digital vernier caliper and radiography (N=15)

	Digital vernier caliper	Radiography	p
LP ^a (mm)	52.78±6.19 ^b	45.93±4.73	<.001
LT ^c (mm)	47.07±4.87	48.66±4.28	.187
LT/LP ratio	.91±.11	1.03±.12	.003

^alength of patella, ^bmean±standard deviation, ^clength of patellar tendon.

Table 3. Intra-rater reliability of the manual measurement method of patellar height (N=15)

	Tester 1
ICC ^a (3,1) (95%CI ^b)	.86 (.73~.93)
SEM ^c	.09

^aintra-class correlation coefficient, ^bconfidence interval, ^cstandard error of measurement.

Table 4. Inter-rater reliability of the manual measurement method of patellar height (N=15)

	Test session 1
ICC ^a (3,1) (95% CI ^b)	.88 (.75~.95)
SEM ^c	.08

^aintra-class correlation coefficient, ^bconfidence interval, ^cstandard error of measurement.

Table 5. Correlation between manual measurement method and radiographic measurement (N=15)

	Manual measurement	Radiographic measurement	Pearson r	p
LT ^a /LP ^b ratio	.91±.11 ^c	1.03±.12	.69	.003

^alength of patella, ^blength of patellar tendon, ^cmean±standard deviation.

호한 상관관계를 보였으나, 두 가지 측정방법에 의해 측정된 값 사이에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05)(Table 5).

IV. 고찰

본 연구는 무릎뼈의 높이를 평가하기 위한 도수측정 방법의 검사자간, 검사자내의 신뢰도와 도수측정과 방사선 촬영을 통한 측정과의 타당도를 알아보기 위하여 실시하였다. 그 결과, 도수측정 방법의 검사자간, 검사자내 신뢰도는 우수한 신뢰도를 보였고, 도수측정과 방사선 촬영을 통한 측정과의 타당도는 양호한 상관관계가 나타났다. 무릎뼈의 높이를 측정하는 방법은 여러 가지가 있는데, 본 연구에서는 1971년에 발표되어 지금까지 무릎뼈의 높이를 측정하는 방법으로 많이 사용되고 있는 Insall과 Salvati 방법을 사용하였다(Chen 등, 2010; Kadakia와 Ilahi, 2003; Schlenzka와 Schwesinger, 1990). Schlenzka와 Schwesinger(1990)는 방사선 촬영을 통한 무릎뼈의 높이 측정 시 Insall과 Salvati 방법을 사용하는 것이 타당하다고 주장하였고,

특수 검사(special tests)의 하나로 Insall과 Salvati 방법을 사용하여 무릎뼈의 높이를 도수측정을 하는 것이 소개되기도 하였다(Konin 등, 2002).

본 연구에서 도수측정 방법의 검사자간 신뢰도는 .88, 검사자 1의 검사자내 신뢰도는 .86으로 우수한 신뢰도를 보였다. 그리고 도수측정 방법과 방사선 촬영 영상측정 방법간의 타당도도 Pearson 상관계수 .69로 양호한 상관관계를 보였다. 또한, 방사선 촬영을 통해 측정된 무릎뼈 높이의 비는 1.03±.12로 나타났는데, 이것은 Insall과 Salvati(1971)가 정상인을 대상으로 실시한 연구에서 보고된 1.02±.13와 비슷한 결과이다.

그러나 도수측정 방법으로 측정된 무릎뼈 높이의 비는 .91±.11로 방사선 촬영을 통한 측정치 보다는 낮은 결과 값을 보였다. Table 2에 나타난 것처럼 무릎뼈의 길이는 방사선 촬영을 통한 측정보다 도수측정 시 6.85 mm 더 길게 측정되었으며, 두 측정값은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 그와 반대로 무릎 힘줄 길이는 방사선 촬영을 통한 측정보다 도수측정 시 1.59 mm 더 짧게 측정되었지만, 통계학적인 유의한 차이는 없었다(p>.05). 도수측정 시 무릎뼈의 길이가 방사선 촬영을 통한 측정보다 길게 측정된 이유는 무릎뼈 길이

의 도수측정 시 무릎뼈 뿐만 아니라 무릎뼈를 덮고 있는 피부와 결합조직(connective tissue), 지방조직(fat tissue) 등이 함께 측정되었기 때문에 방사선 촬영을 통해서 무릎뼈의 길이만 정확하게 측정된 길이보다 길게 측정된 것으로 사료되며, 이로 인해 무릎뼈의 도수측정에 있어 편향(bias)된 측정값을 보였으리라 판단된다. 때문에 방사선 촬영을 통한 측정과 도수측정간의 타당도에서 Pearson 상관계수는 .69로 양호한 상관관계를 보였지만, 두 측정치 사이에는 통계학적인 유의한 차이($p < .05$)가 있었던 것으로 생각된다.

실제로 본 연구에서는 무릎뼈 길이의 도수측정 시 나타날 수 있는 편향을 보정하기 위하여 도수측정 방법으로 측정된 무릎뼈 길이를 10%삭감하는 보정작업을 한 후, 다시 분석하여 보았다. Table 6에서 보는 바와 같이 도수측정된 무릎뼈 길이를 10%를 줄여 분석하였을 때, 방사선 촬영을 통한 측정과 도수측정 사이에 무릎뼈 길이의 측정값이 거의 일치하며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였던 무릎뼈의 길이와 무릎뼈 높이의 비도 통계학적인 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 이러한 결과는 도수측정 방법이 무릎뼈의 높이를 측정하는 방법으로 타당한 방법이지만, 결과의 해석에 있어서는 약간의 보정이 필요하다는 것을 의미한다. 따라서 무릎뼈의 높이를 도수측정 할 때에는 측정된 무릎뼈 길이를 10%삭감하는 보정을 한 후, 해석하는 것이 정확한 측정을 위해 필요하다고 사료된다.

Hepp(1983)는 무릎뼈 높이를 측정하는 방법으로 Insall과 Salvati 방법이 유용하지만 무릎 힘줄이 정강뼈에 부착(insertion)되는 위치를 판단할 때 다소 정확하지 못한 단점이 있기 때문에 직접적인 방법인 Blumensaat 방법을 사용한다고 언급하였다. 본 연구에서도 무릎 힘줄의 길이를 측정할 때 정강뼈 거친면(tibial tuberosity)의 측진이 어려운 경우가 있었는데, 이러한 경우에는 등척성으로 넙다리네갈래근을 수축시켜 무릎 힘줄의 부착 위치를 정확하게 확인하여 무릎 힘줄의 길이를 측정하도록 하였기 때문에 방사선 측정

과 비교하여 양호한 상관관계를 얻을 수 있었다.

무릎뼈의 높이를 측정하는 방법에 있어서, Insall과 Salvati(1971)는 무릎관절을 20°에서 70°굴곡한 상태에서 무릎뼈의 높이를 측정하도록 제시했다. 무릎관절의 굽힘 각도에 대한 연구들이 있었는데, Berg 등(1996)은 무릎관절을 30°굴곡했을 때와 50°굴곡했을 때 무릎뼈의 높이는 유의한 차이가 없었다고 설명하였고, 여러 연구에서 Insall과 Salvati 방법으로 무릎뼈 높이를 측정할 때 무릎관절을 20° 혹은 30°굽힘 자세에서 측정하였다(Berg 등 1996; Phillips 등, 2010; Seil 등, 2000; Shabshin 등 2004). 또한 체중을 지지한 상태로 넙다리네갈래근을 수축하였을 때, 무릎뼈의 위치가 유의하게 변화한다는 보고도 있었다(Yiannakopoulos 등, 2008). 따라서 본 연구에서는 측정 시의 자세를 앉은 자세로 하여 넙다리네갈래근을 최대한 느슨하게 하였고, 대상자 교육과 검사자의 확인을 통하여 넙다리네갈래근이 잘 이완된 상태에서 측정을 실시하였다. 측정시 무릎의 굽힘 각도는 여러 연구에서 사용되었던 것처럼 각도기를 이용하여 30°굽힘 상태를 유지하도록 하였다.

도수측정 시 기존 문헌에서는 줄자를 이용하여 측정하였지만(Konin 등, 2002), 줄자는 무릎뼈의 돌출 정도에 따라 측정치가 크게 달라지는 단점이 있었고, 이를 보완하기 위하여 디지털 버니어 캘리퍼를 이용하였다. 디지털 버니어 캘리퍼는 물체의 길이, 깊이, 내경등을 측정하는 장비로 100 mm이내에서는 측정오차 ± 0.02 mm이며, 측정값을 디지털로 확인할 수 있기 때문에 일반 버니어 캘리퍼에서 측정값을 잘못 확인하여 생길 수 있는 오차를 줄일 수 있었다.

본 연구는 정상 성인만을 대상으로 하였기 때문에 연구 결과를 일반화시키기에는 제한이 있다. 또한 본 실험은 22세 전, 후의 젊은 대학생들을 대상으로 실시하였기 때문에, 무릎뼈 높이의 도수측정 방법을 뼈의 성장이 완전히 이루어지지 않은 아동이나, 무릎뼈 주위에 결합조직이나 지방조직이 많은 비만 성인에게 적용할 경우에는 주의가 필요할 것이다. 앞으로의 연구에서

Table 6. Comparison of LT/LP ratio measured by digital vernier caliper and radiography after correction (N=15)

	Digital vernier caliper	Radiography	p
LP ^a (mm)	47.50±5.57 ^b (reduce 10%)	45.93±4.73	.244
LT ^c (mm)	47.07±4.87	48.66±4.28	.187
LT/LP ratio	1.03±.13	1.03±.12	.897

^alength of patella, ^bmean±standard deviation, ^clength of patellar tendon.

는 고위 무릎뼈와 저위 무릎뼈를 가진 환자를 대상으로 무릎뼈의 높이를 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 무릎뼈의 높이를 측정하기 위한 방법으로 도수측정의 검사자간, 검사자내의 신뢰도와 도수측정과 방사선 측정과의 타당도를 알아보기 위하여 실시되었다. 도수측정방법으로 이전에 사용하던 줄자 대신 측정의 정확도를 높이기 위한 디지털 버니어 캘리퍼를 이용하여 15명을 대상으로 양쪽의 30개의 무릎관절을 측정하였다. 연구결과 검사자간 신뢰도[ICC(3,1)]는 .88, 검사자내 신뢰도[ICC(3,1)]는 .86으로 높은 상관계수를 나타내었다. 무릎뼈의 길이를 도수측정 할 때 나타나는 편향을 줄이기 위해서 무릎뼈의 길이에 10%를 줄여 보정한 결과, 방사선 측정과 도수측정간의 유의한 차이는 없었으며($p > .05$), Pearson의 상관계수는 .69로 양호한 상관관계를 보였다. 따라서 임상에서 무릎뼈 높이를 도수측정 할 때 디지털 버니어 캘리퍼를 이용하여 측정된 무릎뼈 길이를 10%를 줄여서 보정한다면 무릎관절의 높이를 객관적으로 정확한 측정을 할 수 있을 것이라 사료된다.

References

Aparicio G, Abril JC, Calvo E, et al. Radiologic study of patellar height in osgood-schlatter disease. *J Pediatr Orthop.* 1997;17(1):63-66.

Balcarek P, Jung K, Ammon J, et al. Anatomy of lateral patellar instability: Trochlear dysplasia and tibial tubercle-trochlear groove distance is more pronounced in women who dislocate the patella. *Am J Sports Med.* 2010;38(11):2320-2327.

Berg EE, Mason SL, Lucas MJ. Patellar height ratios. A comparison of four measurement methods. *Am J Sports Med.* 1996;24(2):218-221.

Bernageau J, Goutallier D, Debeyre J, et al. New exploration technic of the patellofemoral joint. Relaxed axial quadriceps and contracted quadriceps. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar*

Mot. 1975;61suppl 2:286-290.

Biedert RM, Albrecht S. The patellotrochlear index: A new index for assessing patellar height. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(8):707-712.

Blackburne JS, Peel TE. A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint Surg Br.* 1977;59(2):241-242.

Blumensaat C. Die lageabweichungen und verrenkungen der kniescheibe. *Ergeb Chir Orthop.* 1938; 31:149-223.

Burgess RC. A new method of determining patellar position. *J Sports Med Phys Fitness.* 1989; 29(4):398-399.

Caton J, Deschamps G, Chambat P, et al. Patella infera. A propos of 128 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1982;68(5):317-325.

Chen HC, Lin CJ, Wu CH, et al. Automatic insall-salvati ratio measurement on lateral knee x-ray images using model-guided landmark localization. *Phys Med Biol.* 2010;55(22): 6785-6800.

de Carvalho A, Holst Andersen A, Topp S, et al. A method for assessing the height of the patella. *Int Orthop.* 1985;9(3):195-197.

Grana WA, Kriegshauser LA. Scientific basis of extensor mechanism disorders. *Clin Sports Med.* 1985;4(2):247-257.

Hepp WR. *Radiologie Des Femoro-Patellargelenkes.* Stuttgart, Enke, 1983:92-117.

Insall J, Salvati E. Patella position in the normal knee joint. *Radiology.* 1971;101(1):101-104.

Juliusson R, Markhede G. A modified hauser procedure for recurrent dislocation of the patella. A long-term follow-up study with special reference to osteoarthritis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1984;103(1):42-46.

Kadakia NR, Ilahi OA. Interobserver variability of the insall-salvati ratio. *Orthopedics.* 2003;26(3):321-323;discussion 323-324.

Konin JG, Wiksten DL, Isear JA, et al. *Special Tests For Orthopedic Examination.* 2nd ed. Thorofare,

- NJ, SLACK, 2002:193.
- Krevolin JL, Pandy MG, Pearce JC. Moment arm of the patellar tendon in the human knee. *J Biomech.* 2004;37(5):785-788.
- Laurin CA, Lévesque HP, Dussault R, et al. The abnormal lateral patellofemoral angle: A diagnostic roentgenographic sign of recurrent patellar subluxation. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(1):55-60.
- Lee PP, Chalian M, Carrino JA, et al. Multimodality correlations of patellar height measurement on X-ray, CT, and MRI. *Skeletal Radiol.* 2012;41(10):1309-1314.
- Micheli LJ, Slater JA, Woods E, et al. Patella alta and the adolescent growth spurt. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(213):159-162.
- Neumann DA. *Kinesiology Of The Musculoskeletal System: Foundations for rehabilitation.* 1st ed. ST. Louis, Mosby, 2002:437.
- Norman O, Egund N, Ekelund L, et al. The vertical position of the patella. *Acta Orthop Scand.* 1983;54(6):908-913.
- Noyes FR, Wojtys EM, Marshall MT. The early diagnosis and treatment of developmental patella infera syndrome. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(265):241-252.
- Phillips CL, Silver DA, Schranz PJ, et al. The measurement of patellar height: A review of the methods of imaging. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(8):1045-1053.
- Rogers BA, Thornton-Bott P, Cannon SR, et al. Interobserver variation in the measurement of patellar height after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(4):484-488.
- Schlenzka D, Schwesinger G. The height of the patella: An anatomical study. *Eur J Radiol.* 1990; 11(1):19-21.
- Seil R, Müller B, Georg T, et al. Reliability and interobserver variability in radiological patellar height ratios. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8(4):231-236.
- Shabshin N, Schweitzer ME, Morrison WB, et al. MRI criteria for patella alta and baja. *Skeletal Radiol.* 2004;33(8):445-450.
- Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.* 1979; 86(2):420-428.
- Tria AJ Jr, Alicea JA, Cody RP. Patella baja in anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(299):229-234.
- Wahrenberg H, Lindbeck L, Ekholm J. Knee muscular moment, tendon tension force and EMG during a vigorous movement in man. *Scand J Rehabil Med.* 1978;10(2):99-106.
- Ward SR, Terk MR, Powers CM. Patella alta: Association with patellofemoral alignment and changes in contact area during weight-bearing. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(8):1749-1755.
- Yiannakopoulos CK, Mataragas E, Antonogiannakis E. The effect of quadriceps contraction during weight-bearing on four patellar height indices. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(7):870-873.

This article was received July 1, 2013, was reviewed July 1, 2013, and was accepted July 25, 2013.