

20대 정상 성인의 무릎관절 펴근 및 굽힘근에 대한 등속성 운동 평가

유창선¹, 장수경²

¹동국대학교 일산병원 재활의학과, ²안산대학교 물리치료학과

The Isokinetic Evaluation of Knee Extensors and Flexors in the Normal Subjects for Those Twenties

Chang-Seon Yu¹, Soo-Kyung Chang²

¹Department of Physical Therapy, Rehabilitation Medicine of Dong-guk University, ²Department of Physical Therapy, Ansan University

Purpose: To obtain the isokinetic normative data of isokinetic laboratory of department of Rehabilitation Medicine in the normal subjects for those twenties of Korea.

Methods: A total of 228 volunteers participated in this study and isokinetic evaluation of knee extensors and flexors at speed 60°/sec BIODEX System 3 Isokinetic Dynamometer was performed in 128 males and 100 females.

Results: In the normal subjects for those twenties, Normative data were presented. Absolute muscle strength of knee-extensors and knee-flexors, Relative muscle strength, bilateral muscle strength deficit, and flexor/extensor strength ratio were presented.

Conclusion: Those results expect that it will be available for patients with 20's knee diseases to apply as the basic materials for the muscle function improvement of knee extensors and flexors.

Keywords: Absolute muscle strength, Isokinetic, Relative muscle strength

1. 서론

무릎관절은 느슨한 관절주머니(Lax joint capsule)가 정강뼈다리관절(tibiofemoral joint)과 무릎뼈다리관절(patellofemoral joint)을 둘러싸고 있으며 무릎위(suprapatellar), 오금밑(subpopliteal)과 장딴지근주머니(gastrocnemius bursa)가 관절주머니(capsule)로부터 우묵한 곳을 이룬다.⁸ 또한, 무릎

관절은 해부학적으로 불안정한 뼈대 구조를 가지고 있으며 여러 인대와 근육에 쌓여져 있고 자주 심한 스트레스(stress)나 염좌(strain)에 노출되어 있으며,⁹ 만약 근육의 불균형 상태가 발생되면 무릎 관절 주변의 역학적인 변화를 일으켜 넙다리내갈래근 및 넙다리뒤근의 근육을 완전하게 떨어뜨린다고 하였다.⁶

Soderberg와 Cook²⁵은 넙다리내갈래근이 무릎관절 주위의 근육 중에서 가장 중요시되는 근육으로 무릎관절 펴 작용의 작용근이며 기립 자세나 보행시 하지의 안정성, 특히 무릎관절의 안정성을 제공하는데 매우 중요한 근육이라고 하였다. 근력 향상에는 등속성 운동이 더 큰 효과가 있으며,^{14,20} 근력 평가를 측정하는데 객관적이고 정확한 평가를 할 수 있고 전체 운동범위에서 최대의 근력을 발휘 하도록 하여 기능적인

Received March 21, 2013 Revised July 24, 2013

Accepted August 5, 2013

Corresponding author Chang-Seon Yu, kamet@lycos.co.kr

Copyright © 2013 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

동작을 수행하기에 필요한 속도에 맞춰 운동을 진행시킬 수 있다고 하였다.⁵

1967년에 Hislop과 Perrine¹에 의하여 등속성 운동의 개념이 소개되었고, 1970년대 후반에 Thistle²²등에 의하여 근력강화의 효과가 등속성 운동이 등장성 운동이나 등척성 운동보다 뛰어난 효과를 볼 수 있다고 하였으며, 우리나라에서도 등속성 운동을 사용하여 연령별이나 성별에 따른 인체의 관절 주위의 근육들에 대한 근력의 표준화된 정상치를 구하기 위한 연구가 이루어져 왔다.

Kang 등²³과 Yune 등²⁴은 근력에 대한 등속성 운동 검사를 실시하여 표준화하려는 연구의 일환으로 20대 정상 성인을 대상으로 무릎관절 펌근 및 굽힘근의 등속성 평가를 실시하였다.

또한, Kang 등³의 연구에서는 정상 성인을 대상으로 연령에 따른 하지근의 등속성 평가에서 하지 근육의 근력을 유지하기 위하여는 40대 이전부터 적절한 운동이 필요하며, 무릎 관절 근육의 운동이 가장 요구된다고 보고 하였고, Park⁷ 등의 연구에서도 연령 증가에 따른 체력이나 기능적 저하의 현상은 대개 30대에 시작하여 60세 이후에 급속히 저하되는 현상을 나타내고 있다고 하였다.

따라서, 근력은 신뢰할만한 측정도구를 고려할 때, 일반적으로 건강의 훌륭한 지표중의 하나이며,² 한국인의 건강한 인구에 대한 표준화된 근력의 자료는 드물거나 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 근력이 최고치인 20대 정상 성인을 대상으로 무릎관절 펌근과 굽힘근에 대한 등속성 운동 평가를 실시하여 20대에 대한 표준화된 근력치를 구하고 연령에 적합한 무릎관절의 평가와 치료 및 무릎관절 주위의 근력을 발달시키는데 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2012년 1월3일부터 12월31일까지 경기도 D병원에 실습 학생을 대상으로 최근 6개월 내에 규칙적으로 운동을 하지 않았으며 무릎 질환이나 운동제한이 없는 20대의 정상 성인 남자 128명, 여자 100명을 대상으로 하였으며, 피검자들에게 실험절차를 충분히 설명한 후 동의서 및 사전 조사를 받았다. 사전 조사에서는 피검자의 나이, 성별, 키, 몸무게를 측정 하였으며 측정된 인체계측치를 활용하여 가장 보편적으로 활용되어온 정보로 체중(kg)을 신장(m)제곱 값으로 나눈 값[신장(kg)/신장(m)²]으로 체질량지수를 측정

하였다(Table 1).

2. 연구방법

1) 운동 방법

무릎관절의 넵다리네갈래근과 넵다리뒤근의 근력을 측정하기 위해서 등속성 운동장비(BIODEX System 3, Biodex Co., 미국)을 이용하였으며,¹⁰ 본 연구를 시작하기 전 피검자는 하지의 각근력을 측정하기 위해 준비운동으로 정상보행 속도에 맞추어 걷기로 트레드밀(treadmill)에서 4.9 km/h로 10분간 실시하였다.¹⁹ 피검자는 측정용 의자에 앉게 한 후 몸통을 15도 펴시킨 자세에서 의자에 연결된 벨트(belt)를 이용하여 몸통, 복부부위, 검사 측의 넵적다리부를 넵적 다리 고정벨트로 고정하였고, 힘점인 무릎관절에서부터 레버 암(lever Arm)을 발목관절 2 cm 위인 지점에 정강이 패드(shin pad)가 오도록 길이를 조절하여 끈(velcro strap)으로 고정하였으며,^{8,18} 부하속도는 근력측정의 프로토콜로 사용되고 있는 60°/sec를 사용하였다.^{10,17} 무릎관절을 중심으로 이루어지는 펌 및 굽힘 운동의 범위를 무릎 굽힘 100°에서 0°범까지를 관절의 가동범위로 통제하였고, 측정시작 자세는 무릎관절 굽힘 100°에서 실시하였으며 중력의 영향으로 인한 종아리의 무게가 염력(torque)에 미치는 영향을 교정하기 위해 중력보정을 실시하였다.⁷ 검사 중에는 피검자가 최대 근력을 발휘하도록 피검자의 양손은 고정된 손잡이를 잡도록 하였으며 청각적 격려를 하였다. 또한, 피검자가 측정 방법에 익숙하게 하기 위해 3~4회의 반복 운동을 실시한 뒤 먼저 우측을 5회 측정하고 나서 5분 뒤 좌측을 5회 측정하였다.

2) 측정변인

등속성 근력 측정에 따른 필요한 측정 변인의 내용은 등속성 근 수축 운동시 무릎관절을 중심으로 발휘되는 펌근과 굽힘근의 운동량을 이용하여 다음과 같은 측정변인을 설정하였다.

- (1) 절대근력(Absolute strength; Peak torque; Nm): 체중을 고려하지 않고 부하속도 60° /sec 에서 5회 반복시 발휘된 염력(torque) 중 펌근과 굽힘근 운동시 발휘된 최대값
- (2) 상대근력(Relative strength; Peak torque %BW; %): 부하속도 60° /sec 에서 5회 반복시 발휘된 펌근 및 굽힘근 운동시 발휘된 최대값을 개인별 체중으로 나눈 값
- (3) 좌·우 결손률: 좌·우의 펌근과 굽힘근의 절대근력 값의 차

Table 1. The general characteristics of the study subjects.

(N=228)

group variables	Male	Female
	Number	128
BMI (kg/m ²)	23.95 ± 3.51	22.73 ± 4.39
Age (years)	25.46 ± 2.08	23.92 ± 2.41
Height (cm)	174.20 ± 4.83	163.19 ± 5.07
Weight (kg)	72.80 ± 11.83	60.31 ± 11.31

* Values are Mean ± SD, BMI: Body mass index

이를 비율로 나타낸 값

(4) 굴신 근력비 (Hamstring/Quadriceps ratio; %): 무릎관절의 펴근 최대 등속성 근력에 대한 무릎관절 굽힘근의 최대 등속성 근력의 비율

3. 자료분석

본 연구는 윈도우용 SPSS for windows version 18.0 통계 프로그램(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반적인 특성은 빈도 및 평균 (표준편차)로 제시하였다. 결과 측정값의 정규분포를 검정하기 위하여 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 사용하였다.

III. 결과

1. 무릎 펴근과 굽힘근의 절대근력 비교

무릎 펴근과 굽힘근의 절대근력은 다음과 같이 나타났다 (Figure 1). 남자인 그룹의 우측 펴근의 절대근력은 215.11 ± 33.00 Nm이고, 여자인 그룹의 우측 펴근의 절대근력은 121.22 ± 22.01 Nm로 나타났으며, 남자인 그룹의 좌측 펴근의 절대근력은 210.40 ± 32.50 Nm이고, 여자인 그룹의 좌측 펴근의 절대근력은 115.52 ± 21.45 Nm로 나타났다. 또한, 남자인 그룹의 우측 굽힘근의 절대근력은 111.92 ± 21.32 Nm 이고, 여자인 그룹의 우측 굽힘근의 절대근력은 57.16 ± 12.09 Nm로 나타났으며, 남자인 그룹의 좌측 굽힘근의 절대근력은 107.47 ± 18.69 Nm이고, 여자인 그룹의 좌측 굽힘근의 절대근력은 56.54 ± 12.24 Nm로 나타났다.

2. 무릎 펴근과 굽힘근의 상대근력 비교

무릎 펴근과 굽힘근의 상대근력은 다음과 같이 나타났다 (Figure 2). 남자인 그룹의 우측 펴근의 상대근력은 298.94 ± 32.91 Nm이고, 여자인 그룹의 우측 펴근의 상대근력은 202.65 ± 39.58 Nm로 나타났으며, 남자인 그룹의 좌측 펴근의 상대근력은 291.65 ± 31.59 Nm이고, 여자인 그룹의 좌측 펴근의 상대근력은 193.18 ± 35.47 Nm로 나타났다. 또한, 남자인 그룹의 우측 굽힘근의 상대근력은 153.99 ± 23.78 Nm이고, 여자인 그룹의 우측 굽힘근의 상대근력은 97.53 ± 20.69 Nm로 나타났으며, 남자인 그룹의 좌측 굽힘근의 상대근력은 148.66 ± 23.34 Nm이고, 여자인 그룹의 좌측 굽힘근의 상대근력은 94.49 ± 18.60 Nm로 나타났다.

3. 무릎 펴근과 굽힘근의 좌우 결손률 차이

무릎 펴근과 굽힘근의 결손률의 차이는 다음과 같이 나타났다 (Figure 3). 펴근의 좌·우 결손률은 남자인 그룹에서는 1.88 ± 7.71%이고, 여자인 그룹에서는 4.19 ± 8.00%로 나타났으며, 굽힘근의 좌·우 결손률은 남자인 그룹에서는 2.74 ± 9.27% 이고, 여자인 그룹에서는 1.23 ± 12.86%로 나타났다.

4. 무릎 굴신의 근력비 차이

무릎 굴신의 근력비의 차이는 다음과 같이 나타났다 (Figure 4). 남자인 그룹에서는 우측 굴신비는 52.24 ± 9.63% 이고, 여자인 그룹에서의 우측 굴신비는 46.64 ± 7.33%로 나타났으며, 남자인 그룹에서는 좌측 굴신비는 50.93 ± 8.33% 이고, 여자인 그룹에서의 좌측 굴신비는 48.62 ± 7.63%로 나타났다.

IV. 고찰

등속성 운동장비(BIODEX System 3, Biodex Co., 미국)를 이

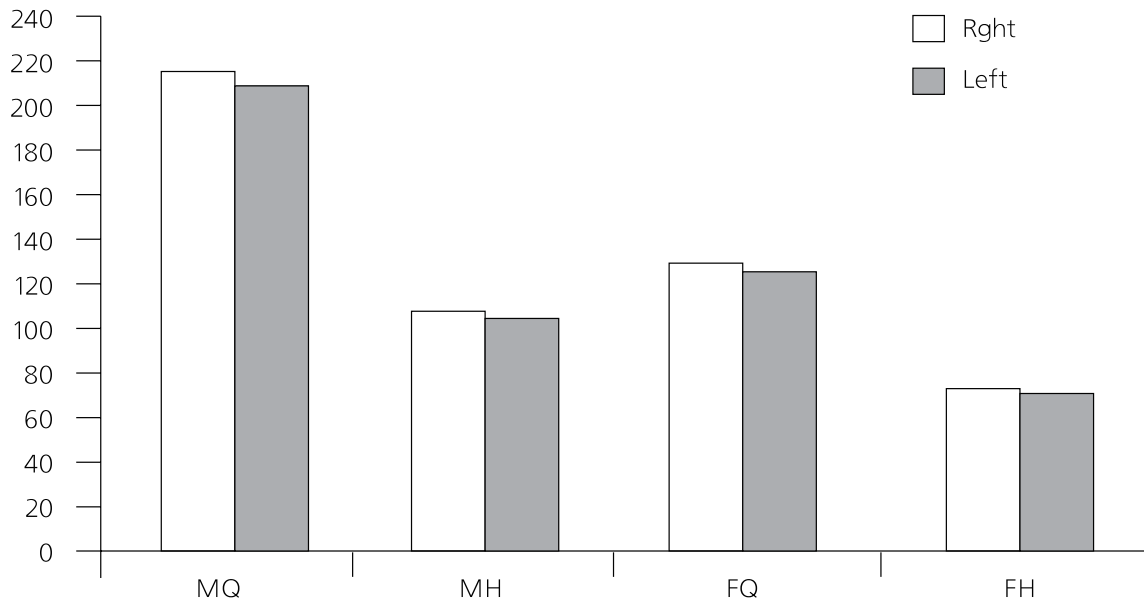


Figure 1. Absolute muscle strengths between knee extensors and flexors by groups. (Nm)
 Male quadriceps, MH:Male hamstring, FQ:Female quadriceps, FH:Female hamstrings
 * Values are Mean ± SD,

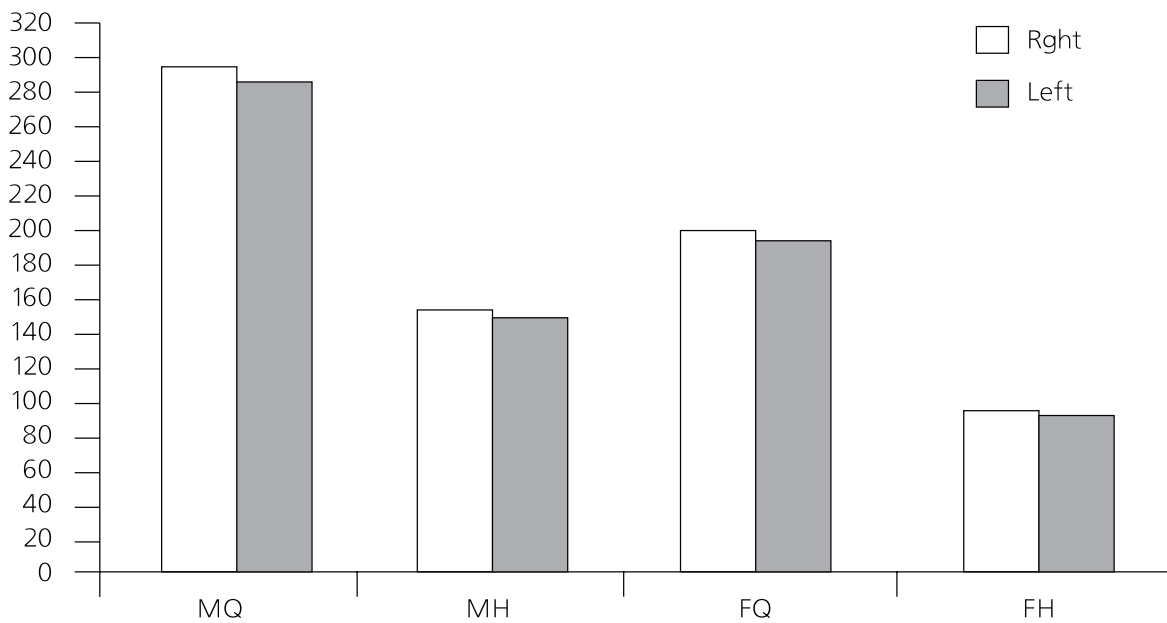


Figure 2. Relative muscle strengths between knee extensors and flexors by groups. (Nm%BW)
 Male quadriceps, MH:Male hamstring, FQ:Female quadriceps, FH:Female hamstrings
 * Values are Mean ± SD,

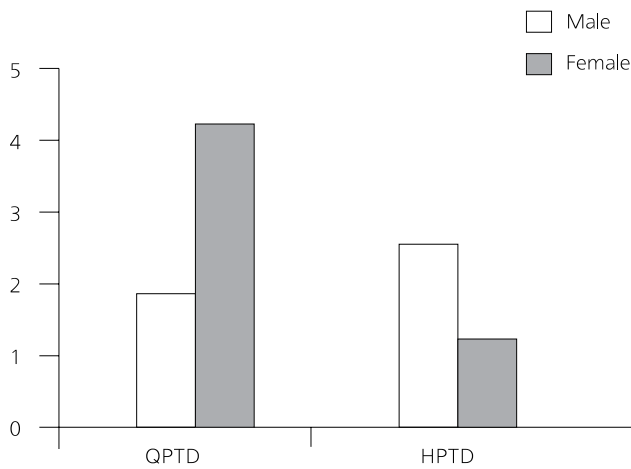


Figure 3. Deficit of peak torque between knee extensors and flexors by groups. (%)

QPTD : Quadriceps peak torque deficit,

HPTD : Hamstring peak torque deficit

* Values are Mean \pm SD,

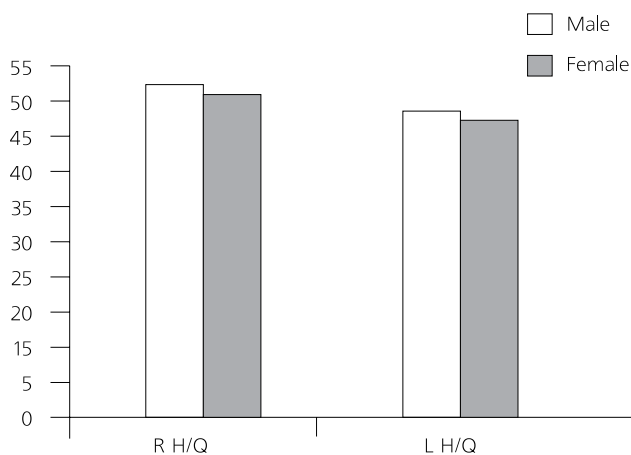


Figure 4. The differences in hamstring/quadriceps muscles ratio by groups. (%)

R H/Q:Right hamstring / quadriceps ratio,

L H/Q : Left hamstring / quadriceps ratio

* Values are Mean \pm SD,

용한 등속성 평가에서는 근력을 토크(torque)으로 표시하고 단위는 Newton meter (Nm)를 사용하며, 토크 중에서 가장 큰 수치가 최대 토크(peak torque)으로 대상근의 근력으로 사용하고 있다. 등속성 운동은 근력 강화 뿐만 아니라 토크를 통하여 근력을 객관성 있고 정확하게 기록할 수 있는 근력 평가 방법의 하나로 널리 이용되고 있다.^{4,23,26}

Fisher와 Pendergast¹¹는 넙다리뒤근과 넙다리네갈래근은

무릎관절을 안정화시키고, 체중을 분산시키는 역할을 하며 근력의 저하는 기능저하를 동반할 수 있으며 무릎의 기능적 능력을 유지하기 위해 근력, 근지구력과 근파워를 증가시켜야 한다고 하였다. 그 중 근력의 평가는 도수근력평가(manual muscle test), 근긴장력 검사(tensiometer), 에르고메트리(ergometry), 근전도(integrated EMG), 등속성 근력검사(isokinetic test) 등 여러 가지 방법에 의하여 시행되고 있는데, 이 중 등속성 운동기구에 의한 검사는 다른 검사법에 비하여 근력의 약화 정도 및 가동범위에 대하여 유효성과 신뢰성이 높다고 보고 되었으며,^{12,13} 등속성 기구는 정상부위나 손상 부위의 객관적인 근력의 평가와 정상치의 표준화에도 매우 유용하게 사용되고 있다고 보고하였다.²⁰

Kim과 Kim⁴도 등속성 운동은 운동 속도를 미리 정하여 운동시 운동속도가 변화함에 따라 근육이 받는 저항이 달라 지도록 고안된 운동방법으로서 등장성 운동에서 볼 수 있는 관성의 영향을 받지 않기 때문에 관절운동의 구간을 통하여 어떠한 시점에서든 근육이 최대의 힘을 낼 수 있다고 보고 하였고, Park⁷은 건강검진이나 체력 평가시 하지에 대한 근기능을 정확하게 측정하기 위해서는 성인에 대한 각근력 기준치 설정이 우선적으로 이루어져야 한다고 보고 하였으며 20대를 기준으로 무릎관절 펌근인 넙다리네갈래근의 절대 근력은 30대 이후로 계속 감소한다고 보고 하였다.

이에 본 연구에서는 근력이 최고치인 20대 정상 성인을 대상으로 무릎관절의 펌근과 굽힘근의 근력에 대한 표준화된 근력치를 제공하고자 남녀의 체질량지수를 측정하였고, 무릎 관절 주위의 중요한 근육인 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근의 절대근력 및 상대근력, 좌·우 근력 결손률, 굴신 근력비의 차이를 측정하였다.

Perrin¹⁵은 각속도 60°/sec 는 무릎넙다리관절(patellofemoral joint)의 가장 안전한 각속도 중 하나이며, 등속성 장비인 biodex를 이용한 60°/sec 는 무릎관절 주위의 근육 강도를 안전하게 반복할 수 있도록 측정 할 수 있다고 하였고,¹⁰ 운동속도가 60°/sec 의 저속 일 때, 본 연구에서 20대 남자와 여자의 무릎관절 펌근의 절대근력의 최대 토크는 남자인 그룹에서 우측 펌근의 절대근력은 215.11 \pm 33.00 Nm 이고, 여자인 그룹에서 우측 펌근의 절대근력은 121.22 \pm 22.01 Nm 나타났으며, 남자인 그룹의 좌측 펌근의 절대근력은 210.40 \pm 32.50 Nm이고, 여자인 그룹의 좌측 펌근의 절대근력은 115.52 \pm 21.45 Nm로서 20대 여자에서 우측 펌근의 절대근력 104.8 \pm 20.71 Nm, 좌측 펌근의 절대근력이 105.0 \pm 20.33 Nm이라는 Park⁷의 보고와 Sun 등²⁷의 20대 남자인

그룹의 우측 편근의 절대근력이 197.7±37.00 Nm, 여자인 그룹의 우측 편근의 절대근력은 103.7±21.6 Nm, 남자인 그룹의 좌측 편근의 절대근력은 196.3±36.3 Nm, 여자인 그룹의 좌측 편근의 절대근력이 103.2±20.9 Nm라는 보고 보다는 본 연구에서 절대근력의 최대 염력이 높았다.

또한, 60°/sec 에서 20대 남자와 여자의 무릎관절 굽힘근의 절대근력의 최대 염력은 남자인 그룹의 우측 굽힘근의 절대근력은 111.92±21.32 Nm이고, 여자인 그룹의 우측 굽힘근의 절대근력은 57.16±12.09 Nm, 남자인 그룹의 좌측 굽힘근의 절대근력은 107.47±18.69 Nm, 여자인 정상 그룹의 좌측 굽힘근의 절대근력은 56.54±12.24 Nm로서 20대 여자에서 우측 굽힘근의 절대근력 46.1±10.43 Nm, 좌측 굽힘근의 절대근력이 45.9±10.33Nm이라는 Park⁷의 보고와 Sun 등²⁷의 20대 남자인 그룹의 우측 굽힘근의 절대근력은 93.2±21.6 Nm, 여자인 그룹의 우측 굽힘근의 절대근력은 45.3±11.0 Nm로 나타났으며, 남자인 그룹의 좌측 굽힘근의 절대근력은 92.1±21.2 Nm, 여자인 그룹의 좌측 굽힘근의 절대근력이 45.1±10.8 Nm라는 보고 보다는 본 연구에서 절대근력의 최대 염력이 높았다. 이는 Park⁷의 보고와 Sun 등²⁷의 보고인 연구대상기간이 2004년과 2005년이며 연구 대상자는 검진센터를 방문하여 건강 검진 및 체력측정을참가한 20대라는 점, 여자의 체중이 54.3±7.58 kg이라는 Park⁷의 보고와 20대 여자의 체중이 54.5±7.4 kg인 Sun 등²⁷의 보고와 비교해서는 본 연구 기간과 연구 대상자에서 차이가 있었으며, 본 연구의 대상자의 특성인 20대 여자의 체중은 60.31±11.31 kg, 체질량지수는 22.73±4.39으로 본 연구의 여자인 그룹에서 체중이 높게 나타났으며, 이는 정상인 그룹보다 과체중 및 비만인 그룹에서 무릎관절 편근과 굽힘근의 절대근력비교에서 과체중 및 비만인 그룹에서 절대 근력이 증가하였다는 Yu²¹의 보고와는 비슷하였다.

본 연구의 무릎관절 편근과 굽힘근의 결손률의 차이는 편근의 좌·우 결손률은 남자인 그룹에서는 1.88±7.71%이고, 여자인 그룹에서는 4.19±8.00%로 나타났으며, 굽힘근의 좌·우 결손률은 남자인 그룹에서는 2.74±9.27%이고, 여자인 그룹에서는 1.23±12.86%로서 20대 여자의 편근의 좌·우 결손률인 8.3±6.34%와 굽힘근의 좌·우 결손률 9.8±6.88%라는 Park⁷의 보고와는 정상범주인 10% 범위에서 비교해 본다면 본 연구의 여자인 그룹에서 굽힘근의 좌·우 결손률에서 차이가 있었으나, Sun 등²⁷의 보고인 여자의 굽힘근의 좌·우 결손률이 12.9%로 나타나 본 연구와는 비슷하였으며, 또한, 남자인 굽힘근의 좌·우 결손률의 차이에서는 11.5%로 본

연구의 정상범위인 10%의 범위와는 차이가 있었다.

Aagaard 등¹⁶에 의하면 30°, 60°, 180°/sec 에서 굴신 근력비(Hamstring/Quadriceps ratio; H/Q ratio)는 무릎관절의 편근 최대 등속성 근력(isokinetic peak muscle strength of knee extensor)에 대한 무릎관절 굽힘근의 최대 등속성 근력(isokinetic peak muscle strength of knee flexor)의 비율로서 무릎관절의 근력 상태를 기술하기 위해 흔히 쓰이는 변수라고 하였으며, 본 연구의 각속도 60°/sec 에서 우측에 대한 좌측의 굴신 근력비의 차이에서는 남자인 그룹에서는 52.24±9.63%, 여자인 그룹에서는 46.64±7.33, 좌측에 대한 우측의 굴신 근력비의 차이에서는 남자인 그룹에서는 50.93±8.33, 여자인 그룹에서는 48.62±7.63로서 20대 여자의 우측 굴신비인 44.2±7.22%, 좌측 굴신비인 44.0±6.88로 Park⁷의 보고와 Sun 등²⁷의 보고인 우측에 대한 좌측의 굴신 근력비의 차이에서는 남자인 그룹에서 47.2%, 여자인 그룹에서는 44.0%, 좌측에 대한 우측의 굴신근력비의 차이에서는 남자인 그룹에서 47.1%, 여자인 그룹에서는 44% 와도 다소 차이가 있었다. 따라서, 굽힘근의 주동근인 넙다리뒤근과 편근의 주동근인 넙다리네갈래근의 근력비율에 대한 평가는 무릎관절 주위 근육의 균형적인 발달 정도를 관찰하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

이 연구를 통하여 나타난 결과들은 향후 임상에서 무릎관절의 질환을 가진 20대 남녀 성인에 맞는 평가 및 치료와 근기능 향상을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료되며, 본 연구는 측정전 사전 조사에서 근육량이나 체지방량, 체지방률 및 운동습관 등을 고려하지 않았으며, 추후 연구에서는 이러한 체성분을 측정하여 우리나라에 성인에 맞는 연령대별, 성별에 대한 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근의 절대 근력 및 상대근력, 좌·우 근력 결손률, 굴신 근력비 차이에 대한 등속성 근력치 비교 연구들이 추가적으로 이루어져야 한다고 생각된다.

참고문헌

1. Hislop JH, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther.* 1967;47(2):114-17.
2. Danneskiold-Samsøe B, Bartels EM, Bülow PM et al. Isokinetic muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol.* 2009;197(673):1-68.
3. Kang SY, Kim YT, Choi IW. Isokinetic evaluation of the lower extremity muscles with aging in healthy adults. *J Korean Acad Rehab Med.* 1988;12(1):96-110.

4. Kim JH, Kim SB. Isokinetic evaluation of the knee extensors and flexors in the normal korean adult. *J Korean Acad Rehab Med*. 1987;11(2):173-81.
5. Kang SW, Seok H, Kang YS et al. Interlimb interaction at different angular velocity in isokinetic knee evaluation. *J Korean Acad Rehab Med*. 2003;27(2):255-59.
6. Na YM, You SW, Ji SW et al. Electromyographic analysis of the concentric & eccentric contraction in the isokinetic exercise. *J Korean Sports Med*. 2001;19(2):403-11.
7. Park MH. Changes of quadriceps and hamstring strength ratio in women of different ages. *J Kor Soc Phys Ther*. 2006;13(3):75-83.
8. Kisner C, Colby L. *Therapeutic exercise*. 5th ed, Seoul, Yeong Mun Publishing Company, 2010:802-07.
9. Lippert, L. *Clinical kinesiology for physical therapist assistants*. Philadelphia, F. A. Davis Company, 2003:213-22.
10. Aquino MA, Garcez Leme LE, AmatuZZi MM et al. Isokinetic assessment of knee flexor/extensor muscular strength in elderly women. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo*. 2002;57(4):131-34.
11. Fisher NM, Pendergast DR. Reduced muscle function in patients with osteoarthritis. *Scand J Rehab Med*. 1997;29(4):213-21.
12. Rantanen P, Airaksinen O, Penttinen E. Paradoxical variation of strength determinants with different rotation axes in trunk flexion and extension strength tests. *Eur J Appl Physiol Occup Physio*. 1994;68(4):322-26.
13. Kim YH, Kim JS. The isokinetic strength evaluation of trunk flexors and extensors by contraction type. *J Kor Soc Phys Ther*. 1998;10(2):57-69.
14. Han SW, Lee JW. Effects of isokinetic exercise on muscular performance and thickness of the quadriceps muscle. *J Kor Soc Phys Ther*. 2010;22(4):49-55.
15. Perrin DH. *Isokinetic exercise and assessment*. Champaign, Illinois, Human Kinetics Publishers, 1993:57-65.
16. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP et al. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med*. 1998;26(2):231-37.
17. Celes R, Brown LE, Pereira MC et al. Gender muscle recovery during isokinetic exercise. *Int J Sports Med*. 2010;31(12):866-9.
18. Han TR, Kim IS, Kim JH et al. Normative Data of Functional Hamstring/Quadriceps Ratios by Age Based. *J Korean Acad Rehab Med*. 2003; 27(5): 764-73.
19. Han TR, Bang MS et al. *Rehabilitation medicine*. 3rd ed. Seoul, Koonja Publishing INC, 2009:71-80.
20. Park SY, Kim CS, Kim JW et al. Assessment of isokinetic muscle strength in the knee extensor through the ankle joint angles. *J Kor Soc Phys Ther*. 2011;23(1):13-19.
21. Yu CS. A comparative study of isokinetic muscle strength according to body mass index in normal subjects. Hallym University. Dissertation of Master's Degree, 2011.
22. Thistle HG, Hislop HJ, Maffroid M et al. Isokinetic contraction: A new concepts of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil*. 1967;48(6):279-82.
23. Kang SY, Chung YK, Ahn YP. Isokinetic test of the knee extensors and flexors in the healthy twenties. *J of Korean Acad of Rehab Med*. 1986;10(2):116-23.
24. Yune SH, Nam MH, Kim YL et al. Isokinetic evaluation of the knee extensors and flexors of the medical students in chungnam national university. *J Korean Acad Rehab Med*. 1990;14(2):268-76.
25. Soderberg GL, Cook TM. An electromyographic analysis of quadriceps femoris setting and straight leg raising. *Phys Ther*. 1983;63(9):1434-8.
26. Gilliam TB, Sady S, Freedson P et al. Isokinetic torque levels of high school football players. *Arch Phys Med Rehabil*. 1979;60(3):110-14.
27. Sun SK, Jung DC, Lee KK et al. A research to set a standard norm of the knee extensor and flexor on muscular strength for adult population to ages. *KSR*. 2006;17(6):287-95.