

The Effect of Pain on Muscle Performance of Knee Extension and Flexion in Elite Athletes

Tak Yong Yoon^a, Yongwoo Lee^b, Doochul Shin^{b*}

^aDepartment of Physical Therapy, The Graduate School, Sahmyook University, Seoul, Republic of Korea

^bDepartment of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University, Seoul, Republic of Korea

Objective: In this study, we compared the key indices of isokinetic tests for knee joint extension and flexion according to the presence or absence of pain in elite athletes with past knee and thigh injuries.

Design: Crossed-sectional study

Methods: This study was conducted on 33 elite athletes. The elite athletes who participated in this study were divided into a group with pain and a group without pain due to past knee and thigh injuries. The subjects in each group performed an isokinetic muscle strength test for knee joint extension and flexion. After the isokinetic muscle strength test, the main indices of the isokinetic test were compared between the pain group and the non-pain group.

Results: In the comparison of the pain group and the non-pain group for 60°/s knee flexion and extension in elite athletes, there was a significant difference only in the torque max average/kg for knee extension. However, there was no statistically significant difference in all other variables. The comparison of the pain group and the non-pain group for 240°/s also showed a significant difference in the torque max average/kg for knee extension, and there was no statistically significant difference in all other variables.

Conclusions: In subjects who have experienced previous knee or thigh injuries and have mild pain during strong isokinetic strength tests, torque average/kg is affected, but other strength variables are not affected. Therefore, it would be good to consider this aspect and use it as a basis for testing and training elite athletes.

Key Words: Torque, Power, Knee joint, Musculoskeletal pain, Athletes

Introduction

넙다리네갈래근과 뒤넙다리근은 다리의 주요 근육군으로, 각각 넙다리의 앞쪽과 뒤쪽에 위치한다. 넙다리네갈래근은 주로 무릎 관절을 펴는 역할을 하며, 넙다리곧은근은 엉덩관절을 굽히는 기능도 수행한다[1]. 뒤넙다리근은 주로 무릎 관절을 굽히고 엉덩관절을 펴는 역할을 하며, 무릎의 회전 기능도 일부 담당한다[2]. 두 근육의 이러한 기능들은 보행, 달리기, 점프 등의 다양한 활동에서 중요한 역할을 한다[3, 4].

넙다리네갈래근과 뒤넙다리근은 서로 반대되는 작용을 하면서도 보완적인 기능을 수행한다. 넙다리네갈래근이 무릎을 펴고 엉덩관절을 굽히는 동안, 뒤넙다리

근육은 무릎을 굽히고 엉덩관절을 펴는 역할을 한다[1, 2]. 특히, 보행과 같은 반복적인 동작에서는 넙다리네갈래근이 다리를 앞으로 밀어주는 역할을 하고, 뒤넙다리근이 다리를 뒤로 당겨주는 역할을 한다. 이는 하체의 동적 안정성을 유지하는데 필수적이다[5].

넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 기능 평가에서 근력은 중요한 지표로 간주된다[6]. 해당 근육의 근력평가는 운동 성능 향상, 부상 예방, 그리고 일상생활의 기능적 독립에 있어서 중요하다[7, 8]. 또한 두 근육의 균형 잡힌 근력은 하체의 동적 안정성을 유지하는데 필수적이다. 넙다리네갈래근이나 뒤넙다리근 중에서 한 근육군의 과도한 약화는 다른 근육군의 과도한 사용을 초래해 부상의 위험을 높일 수 있다[9].

Received: Jun 2, 2024 Revised: Jun 26, 2024 Accepted: Jun 27, 2024

Corresponding author: DooChul Shin (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8873-9541>)

Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University, 815, Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul, 01795 Republic of Korea
Tel: +82-2-3399-1632 Fax: +82-2-3399-1639 E-mail: icandox@syu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2024 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

이처럼 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근육은 다리의 주요 근육군으로 다리의 기능에 핵심적인 역할을 한다. 이 두 근육은 다리에서 주요하게 손상되는 근육 중에 하나이며[10], 해당 근육의 통증은 근육을 위축시키고, 근력 저하가 발생한다. 통증으로 인한 근력저하는 척수와 뇌의 반사적 기전이 활성화되어 해당 부위의 근육활동을 억제할 수 있다. 이는 통증으로 인해 근력이 감소하는 주요 원인 중에 하나이다. 또한 통증은 심리적인 스트레스와 불안을 유발하여 통증을 일으키는 행동을 회피하게 만들어 결과적으로 근력감소와 나아가 근육의 위축을 발생시키기도 한다.

이처럼 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 근력평가는 하체의 기능 및 일상생활에서 중요한 지표로 작용한다. 이 두 근육의 근력을 평가하는 방법으로는 등척성 근력 측정, 등속성 근력 측정, 그리고 기능적 검사가 있다[11]. 등척성 근력 측정은 근육의 정적인 힘을 측정하는 방법으로, 특정 관절 각도에서 최대 근력을 측정한다. 이는 두 근육의 상대적인 강도를 평가하는데 유용할 수 있다. 등속성 근력 측정은 일정한 속도로 움직이는 동안 근력을 측정하는 방법으로, 근육의 기능적 힘을 평가할 수 있다. 이는 근육의 피로도 와 회복 능력을 평가하는데 도움을 준다[11]. 기능적 검사는 스쿼트, 런지, 레그 프레스 등과 같은 운동을 통해 근력을 평가하는 방법으로 실제 생활에서의 근육 기능을 평가하는데 유용하다[12].

넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 근력 평가 방법들 중에서 하체의 높은 기능을 요구하는 운동선수들은 등속성 근력 측정 방법을 주로 사용한다. 등속성 근력 측정은 근육이 일정한 속도로 수축할 때 생성되는 힘을 측정하는 방법으로, 운동 및 재활 분야에서 널리 사용되고 있다[13]. 등속성 근력 측정 방법은 다양한 장점을 제공하며, 근력 평가와 훈련 프로그램 설계에서 중요한 도구로 사용된다. 정확성과 일관성, 전 범위 운동 평가, 근력-속도 관계 분석, 양측 비교, 안전성, 근육 피로도 평가, 운동 패턴 분석, 재활 진행 모니터링 등의 장점은 운동 선수, 재활 환자, 일반인의 근력 평가에 유용하게 활용될 수 있다[14, 15]. 이러한 장점을 최대한 활용하여, 개인의 특성과 목표에 맞춘 맞춤형 운동 및 재활 프로그램을 설계함으로써 최적의 운동 성과와 건강을 달성할 수 있을 것이다.

넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 등속성 근력평가에 대하여 많은 연구들이 이루어졌지만 엘리트 운동선수들을 대상으로 무릎관절 등속성 검사 시 통증이 없는 대상자와 통증이 있는 대상자들에서 등속성 근력평가의 주요 지표들은 어떠한 차이가 나는지에 대한 연구는 아직 부족하다. 통증이 있는 엘리트 운동선수들은 통증으로 인해 근력저하가 나타날 수 있다. 이러한 통증으로

인한 근수행력저하는 근력평가와 근지구력 평가에서 어떠한 영향을 미치는지 알아본 연구 또한 부족하다. 이에 본 연구에서는 엘리트 운동선수들을 대상으로 과거 무릎과 넙다리의 손상으로 인하여 무릎관절 펌과 굽힘에 대한 등속성 검사 시 통증 유무에 따라서 등속성 검사의 주요 지표들을 근력과 근지구력에서 평가하고 비교하여 임상에서 주요하게 작용할 수 있는 지표를 알아보고자 한다.

Methods

Study design

본 연구는 단면적 조사 연구로 엘리트 운동선수들을 대상으로 무릎관절의 등속성 검사 시 통증 유무에 따라서 그들의 근력 및 근지구력의 근수행력을 단면적으로 조사하였다.

Participants

본 연구의 대상자는 2022년 1월 부터 2023년 12월까지 무릎관절의 기능 향상을 위하여 검진과 치료를 위해 서울시 S병원에 내원한 엘리트 운동선수를 대상으로 하였다. 대상자 모집을 위하여 병원 게시판 및 홍보 전단을 이용한 직접 모집 방법을 사용하여 모집하였다. 연구의 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 실험 참여에 동의한 자들로 선정하였다. 본 연구의 대상자 선정기준은 무릎관절과 넙다리의 손상을 경험한 엘리트 선수이면서, 등속성 검사를 위한 충분한 근력과 검사장비에 맞는 신장을 가진 자를 대상으로 하였다. 제외 기준은 최근 1년내 신경계 및 호흡기계의 병력이 있는 자, 등속성 검사에 필요한 무릎관절의 가동범위가 부족한 자 그리고, 무릎관절을 포함한 기타 하지 관절에 병리학적 손상이 있는 자, 그리고 근력에 영향을 줄 수 있는 약을 복용하는 자는 제외하였다.

Procedures

본 연구에 앞서 대상자는 연구를 이해하고 협조할 수 있도록 연구의 목적, 절차, 기대 결과, 그리고 검사 중 발생할 수 있는 잠재적 위험을 설명하였다. 대상자는 설명을 들은 후, 동의서를 작성하여 자발적으로 검사에 참여함을 확인하였다. 대상자가 착용하고 있는 시계, 팔찌, 목걸이 등과 같은 액세서리를 제거하도록 요청 후 움직임이 자유롭고, 측정에 방해되지 않는 편안한 운동복과 착용하도록 하였다. 대상자는 검사를 시작하기 전에 10분간 자전거 타기로 워밍업을 하여 강한 근육 운동에

대비하도록 하였다. 검사 중 수행할 동작, 속도, 횟수 등을 자세히 설명하여 피험자가 검사 절차를 명확히 이해하도록 설명한 후 안전을 위하여 검사 중 주의할 점과 안전 수칙을 주지하였다.

대상자들의 좌·우 양쪽의 무릎관절 굽힘과 폼의 근력은 (CON-TREX MJ; CMV AG, Dubendorf, Switzerland, 2009)를 사용하여 측정하였다. 정확한 데이터 수집을 위해 등속성 장비의 동력계의 보정을 실시하였다. 대상자가 장비에 앉으면 무릎관절 굽힘근의 유연성과 안락함을 고려하여 등받이의 기울기와 안장의 앞뒤 길이를 조절하였다. 무릎관절의 해부학적 축과 측정 장비의 축을 일치시킨 후 무릎관절 굽힘근과 폼근 외의 다른 신체부위의 개입을 최소화하기 위해 벨트와 스트랩을 이용하여 몸통과 넙다리를 고정하고 금속 로드(rod)를 이용하여 측정 반대측 아래다리를 고정하였다. 측정범위는 무릎관절 각도 5°에서 85°사이로 설정하였고 각속도 60°/s에서 240°/s에서 근지구력을 측정하였다. 측정 모드는 무릎관절 폼과 굽힘 모두 구심성 수축 모드를 이용하였고 측정 구간과 속도의 적응을 위하여 각각의 각속도에서 2회 연습 후 10초 휴식한 이후, 본 측정을 60°/s 각속도에서 5회, 240°/s 각속도에서 15회 측정하였다. 각 각속도별 측정간 휴식은 1분 동안 실시하였다[16].

검사 후 숫자통증평가척도를 통하여 무릎관절의 통증 강도를 평가하였다. 등속성 검사 후 통증그룹과 비통증 그룹에 대하여 무릎관절 굽힘과 폼에 대한 최대 토크(torque max), 최대 토크 평균(Torque max average), 토크 평균/체중(Torque max average/kg), 최대 파워(max power), 파워 평균(power average), 총 작업(total work), 최대 토크 평균 H/Q비율(torque max average H/Q ratio), 그리고 최대 토크 평균에 대한 좌/우 비율을 비교하였다.

최대 토크(Torque Max)

등속성 검사에서 최대 토크는 일정한 속도로 움직일 때 근육이 생성할 수 있는 가장 큰 회전력을 의미한다. 최대토크는 이 운동 중 특정 각도에서 발생하는 가장 큰 힘으로, 근육의 힘과 기능을 평가하는 데 중요한 지표가 된다[17, 18].

최대 토크 평균(Torque Max average)

토크 평균은 사용자가 일정한 속도로 운동하는 동안 생성된 모든 순간 토크 값을 통합하여 해당 운동 범위 또는 시간 동안의 평균값을 계산한 것이다. 이는 운동 중에 사용자가 발휘한 힘의 일관성과 지속성을 평가하는 데 중요한 지표로 사용된다[17, 18].

토크 평균/체중(Torque average/kg)

토크 평균/체중(Torque Average per Kilogram)은 사용자가 일정한 속도로 운동하는 동안 생성한 토크의 평균값을 사용자의 체중으로 나눈 값을 의미한다. 이는 근력 평가 시 개인의 체격 차이를 고려하여 보다 공정한 비교를 가능하게 한다. 토크 평균/체중은 운동 중 발휘된 근력의 일관성과 효율성을 측정하는 데 중요한 지표로 사용된다[17, 18].

최대 파워(Max Power)

최대 파워(Max Power)는 등속성장치에서 사용자가 일정한 속도로 운동하는 동안 생성한 파워(힘과 속도의 곱)의 최고값을 의미한다. 파워는 토크와 각속도의 곱으로 정의되며, 최대 파워는 운동 중 특정 순간에 사용자가 발휘할 수 있는 가장 큰 힘과 속도의 조합을 나타낸다. 이는 근육의 폭발적인 힘과 속도를 평가하는 데 중요한 지표로 사용된다[17, 18].

파워 평균(Power average)

파워 평균(Power Average)는 등속성 장치에서 사용자가 일정한 속도로 운동하는 동안 생성한 파워 값들의 평균을 의미한다. 파워는 토크와 각속도의 곱으로 정의되며, 평균 파워는 운동 범위 또는 특정 시간 동안 측정된 모든 순간 파워 값의 합을 해당 범위 또는 시간으로 나눈 값으로 계산된다. 이는 근육의 지속적인 힘과 속도를 평가하는 데 중요한 지표로 사용된다. 평균 파워는 근력의 일관성, 근지구력, 및 전반적인 근육 성능을 평가하는 데 도움을 준다[17, 18].

총 작업(Total work)

총 작업(Total Work)은 등속성 장치에서 사용자가 수행한 모든 운동 동안 발생한 일의 양을 나타낸다. 이는 사용자가 일정한 속도로 운동하는 동안 발생한 모든 순간 토크와 이에 따른 운동량의 총합으로 정의된다. 토크와 각속도의 곱은 각 순간에 발생한 일을 나타내며, 이러한 일들의 합산이 총 작업이 된다. 총 작업은 사용자가 운동 중에 소비한 에너지의 양과 관련이 있으며, 운동의 인과 관계를 이해하고 성능을 평가하는 데 중요한 지표로 사용된다[17, 18].

최대 토크 평균 H/Q 비율(Torque max average H/Q ratio)

최대 토크 평균 H/Q 비율(Max Torque Average H/Q Ratio)은 등속성 장치에서 뒤넙다리근(H)과 넙다리네갈

래근(Q) 근육 그룹 간의 힘(토크) 비율을 나타낸다. 이 비율은 사용자가 일정한 속도로 운동하는 동안 발생한 최대 토크를 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근육 그룹 각각의 토크로 나눈 값으로 계산된다. 이는 근육 균형과 근력의 비대칭성을 평가하는 데 사용된다. 특히 무릎 관절 주변의 근육 균형을 이해하고 다리 부상 예방을 위한 훈련 및 재활에 유용한 지표로 활용된다[17, 18].

최대 토크 평균 좌/우 비율(Torque max average Lt/Rt ratio)

최대 토크 평균 좌/우 비율(Max Torque Average Lt/Rt Ratio)은 등속성장지에서 좌측(Lt)과 우측(Rt) 근육 그룹 간의 힘(토크) 비율을 나타내며, 이는 사용자가 일정한 속도로 운동하는 동안 좌우 근육 각각에서 발생한 최대 토크를 비교하여 계산된다. 비대칭 지수(Asymmetry Index)는 좌우 근육 간의 힘의 차이를 백분율로 나타내는 지표로 비대칭 지수는 좌우 근력의 절대적인 차이를 백분율로 표현하여 근육의 불균형 상태를 보다 명확하게 파악하는 데 도움을 준다. 최대 토크 평균 좌/우 비율과 비대칭 지수는 함께 사용되어 근육의 균형 상태를 평가하고, 운동 선수의 퍼포먼스를 평가하거나 재활 과정에서 좌우 근력 균형을 모니터링하는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 정보를 통해 보다 균형 잡힌 근력 훈련 프로그램을 설계할 수 있으며, 이는 부상 위험을 줄이고 기량을 향상시키는데 기여한다[17, 18].

Data and statistical analysis

본 연구에서는 수집된 모든 자료가 SPSS(ver. 19.0, IBM Corp., USA)를 통해 분석하였다. 참가자들의 일반적인 특성은 기술통계를 이용하여 평균 및 표준편차로 나타냈다. 데이터들의 정규분포를 확인하기 위해 정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정을 이용했다. 통증그룹과 비통증그룹의 무릎관절의 굽힘과 폼에서 각도별 차이를 비교하기 위해 독립t검정과 Mann-Whitney U 검정을 사용했다. 통계학적 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

Results

본 연구는 선정기준을 만족하는 엘리트 운동선수 33명을 대상으로 하였다. 제외기준에 해당하는 대상자 없었다. 최종적으로 33명이 연구에 참여하였다. 33명의 엘리트 운동선수들은 중도탈락없이 모두 본 연구를 완료하여 최종적으로 33명의 엘리트 운동선수들의 데이

터가 분석되었다.

본 연구의 참여한 엘리트 운동선수의 나이는 통증 그룹이 20.94(11.78)이었고, 비-통증 그룹은 18.56(6.55)이었다. 또한 체중은 통증 그룹이 73.26(24.95)이었고, 비-통증그룹이 64.97(15.17)이었다. 본 연구의 참여한 엘리트 운동선수의 연령과 체중은 동질한 것으로 나타났다. 본 연구에 참여한 통증 그룹의 통증 강도는 평균 2.53(0.51)으로 약한 통증강도를 나타냈다(Table 1.)

엘리트 운동선수의 무릎관절 굽힘과 폼에 대한 60°/s에 대한 통증그룹과 비-통증그룹의 비교에서는 무릎관절 폼에 대한 torque max average/kg에서만 유의한 차이가 있었다. 하지만 다른 모든 변수들은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2). 240°/s에 대한 통증그룹과 비-통증그룹에서의 비교 또한 무릎관절 폼에 대한 torque max average/kg에서도 유의한 차이가 있었고, 다른 모든 변수들은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

Discussion

본 연구는 과거 무릎관절과 넙다리의 손상을 경험한 엘리트 선수들에게 등속성 검사 중 통증 발생 유무에 따라 등속성 근력평가 주요 지표들의 특성을 파악하기 위한 목적으로 시행되었다. 본 연구를 위하여 총 33명의 엘리트 운동선수가 최종적으로 연구에 참여하였으며 통증그룹(17명)과 비-통증그룹(16명)으로 나누어 무릎관절 굽힘과 폼에 대한 등속성 검사를 하고 주요 변수들을 그룹 별로 비교하였다.

본 연구에 참여한 대상자들은 통증그룹과 비-통증그룹 모두 연령과 체중에 있어서는 동질하였다. 이는 근력 평가에 주요하게 작용하는 연령과 체중이 두 집단 모두에서 동질하였기 때문에 본 연구의 결과에 이들의 연령과 체중으로 인한 차이가 없었음을 알 수 있다. 또한 본 연구에 참여한 엘리트 선수들 중 통증그룹의 대상자들은 평균 통증 강도가 2.53(0.51)로서 2~3정도의 통증강도를 보이는 것을 알 수 있다. 이러한 통증수준이 무릎관절 굽힘과 폼에 어떠한 영향을 주는지를 알아보는 것은 본 연구에 참여한 엘리트 운동선수에게 매우 중요한 문제라고 사료된다.

연구의 결과, 각속도 60°와 240°의 무릎관절 폼에서 통증군과 통증이 없는 군에서 최대 토크 평균/체중 값이 유의하게 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 최대 토크 평균/체중은 이 최대 토크를 개인의 체중으로 나눈 값이다. 이러한 체중에 대한 정규화는 다양한 체격의 개인 간에 근육의 힘을 공평하게 비교할 수 있도록 한다

Table 1. General characteristics of participants

Variable	Pain group (N=17)	No pain group (N=16)	t	p
	Average (SD)	Average (SD)		
Age	20.94 (11.78)	18.56 (6.55)	0.711	0.483
Weight	73.26 (24.95)	64.97 (15.17)	1.145	0.261
Pain intensity	2.53 (0.51)	0	20.27	0.001

Table 2. Comparison of angular velocity of 60 degrees

Variable		Pain group (N=17)	No pain group (N=16)	t	p
		Average (SD)	Average (SD)		
Extension	Torque max	133.64 (58.23)	155.62 (50.35)	-1.157	0.256
	Torque max average	119.57 (55.88)	138.36 (50.4)	-1.012	0.319
	Torque max average/kg	1.66 (0.65)	2.11 (0.52)	-2.194	0.036
	Max power	138.42 (60.5)	158.83 (52.22)	-1.034	0.309
	Power average	65.69 (31.59)	79.51 (31.73)	-1.252	0.220
	Total work	416.02 (194.38)	504.71(207.86)	-1.267	0.215
Flexion	Torque max	94.21 (34.85)	105.25 (35.32)	-0.903	0.373
	Torque max average	86.7 (34.76)	98.42 (43.48)	-0.858	0.398
	Torque max average/kg	1.21 (0.38)	1.52 (0.53)	-1.965	0.058
	Max power	96.55 (35.56)	107.59 (37.26)	-0.871	0.390
	Power average	54.02 (22.45)	63.46 (23.36)	-1.183	0.246
	Total work	340.25 (135)	403 (152.95)	-1.247	0.222
Torque max average H/Q ratio		75.61 (18.18)	73.2 (19.86)	0.363	0.719
Extension Torque max average Lt/Rt ratio		0.9 (0.41)	0.99 (0.06)	-0.918	0.366
Flexion Torque max average Lt/Rt ratio		0.97 (0.16)	1.11 (0.51)	-1.092	0.283

H/Q: hamstring/quadriceps, Lt: left, Rt: right

[17]. 예를 들어, 두 사람이 같은 max 값을 가졌지만 체중이 다르다면, 체중에 대한 상대적인 근육 힘은 다를 수 있다. 이러한 차이가 난 것에 대해서는 통증이 있는 군에서는 넙다리네갈래근이나 다른 근육들의 기능의 저하로 인하여 최대 토크 값을 낮추는 경우가 있을 수 있다. 이는 근육의 통증, 염증, 또는 비정상적인 근육의 활성화 등에 의해 나타날 수 있다고 하였다. 무릎 주변의 손상이나 수술 이후에 넙다리네갈래근의 약화가 나타난다. 또한 이는 부분적으로 중추신경계가 넙다리네갈래근을 완전히 활성화하는 것을 방지하는 진행 중인 신경

억제로 인해 발생한다고 하였다[19]. 본 실험의 결과에서도 이러한 기전에 의해 통증의 유무에 따라 무릎 주변의 비정상적인 근육의 활성화로 최대 토크 값에 변화가 나타났을 것이라고 생각된다.

편측 무릎관절전치환술이 예정된 퇴행성 관절 질환 환자 68명을 대상으로 한 등속성 검사에서 수술 전 관련 무릎의 굽힘 및 펴기 시 현저한 근육 결손이 존재하는 것으로 나타났다. 수술 후, 뒤넙다리근의 피크 토크 값은 수술 후 7~12개월 이내에 관련되지 않은 무릎의 근력 수준에 도달할 수 있었던 반면, 넙다리네갈래근 메커

Table 3. Comparison of angular velocity of 240 degrees

Variable		Pain group (N=17)	No pain group (N=16)	t	p
		Average (SD)	Average (SD)		
Extension	Torque max	94.65 (41.8)	113.93 (37.84)	-1.386	0.176
	Torque max average	82.68 (37.45)	101 (37.88)	-1.396	0.174
	Torque max average/kg	1.15 (0.44)	1.53 (0.41)	-2.591	0.014
	Max power	346.94 (150.78)	428.68 (148.39)	-1.568	0.127
	Power average	102.01 (42.56)	134.35 (60.92)	-1.777	0.085
	Total work	801.85 (350.98)	1010.73 (462.74)	-1.467	0.153
Flexion	Torque max	78.29 (29.69)	83.69 (24.25)	-0.569	0.573
	Torque max average	70.02 (27.11)	73.22 (24.13)	-0.357	0.723
	Torque max average/kg	.99 (0.32)	1.14 (0.29)	-1.379	0.178
	Max power	280.76 (105.22)	327.38 (104.04)	-1.279	0.210
	Power average	94.51 (33.54)	113.23 (37.89)	-1.505	0.142
	Total work	715.52 (252.98)	840.79 (283.08)	-1.342	0.189
Torque max average H/Q ratio		85.86 (19.81)	77.23 (20.05)	1.244	0.223
Extension Torque max average Lt/Rt ratio		.96 (0.43)	.95 (0.13)	0.102	0.919
Flexion Torque max average Lt/Rt ratio		.96 (0.19)	1.06 (0.35)	-1.009	0.321

H/Q: hamstring/quadriceps, Lt: left, Rt: right

니즘은 2년 추적 관찰 평가에서 여전히 잔여 결함을 보였다. 또한, 넙다리네갈래근의 메커니즘이 재활됨에 따라 수술한 무릎의 굽힘 대 펴기의 최대 토크의 비율이 정상 값으로 돌아왔다[20]. 본 연구 결과에서도 통증의 유무에 따라 다양한 근력에 대한 지표들은 차이가 나타나지 않았지만, 넙다리네갈래근의 메커니즘이 온전히 회복되지 않아 최대 토크 평균/체중에 대한 값은 차이가 난 것으로 생각된다. 이후 재활 과정을 거친다면 이 지표에 대한 차이도 없어질 것으로 생각된다.

대상자의 체중을 반영하지 않은 다른 변수들은 통증에 의한 영향을 적절하게 반영하지 못한다. 왜냐하면 연구대상자들이 엘리트 운동선수들이기 때문에 기본적으로 높은 근력을 가지고 있기 때문이다. 또한 통증의 민감도도 다른 집단의 대상자들보다 낮을 수 있다. 최대 토크 평균/체중은 근력 평가 시 개인의 체격 차이를 고려하여 보다 공정한 비교를 가능하게 한다[17]. 최대 토크 평균/체중은 운동 중 발휘된 근력의 일관성과 효율성을 측정하는 데 중요한 지표로 사용되며, 특히 재활 과정에서 근력 회복 상태를 모니터링하거나 운동 선수 간

의 상대적 근력 수준을 평가하는 데 유용할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 과거 무릎관절 혹은 넙다리의 손상을 경험하고 강한 등속성 근력 검사 시 약한 통증을 가지고 있는 대상자에게 다른 근력 변수들은 영향을 미치지 않지만 최대 토크 평균/체중은 영향을 미치기 때문에 이러한 부분을 고려하여 검사와 엘리트 운동선수의 훈련에 기초 자료로 삼았으면 좋을 것이다.

본 연구의 제한점 남성으로만 대상자가 국한되었고, 통증의 원인이 명확하게 규정되지 않았으며, 대상자의 수가 적어 결과를 일반화하기 어렵다. 향후 무릎관절 혹은 넙다리의 손상을 경험한 엘리트 선수들을 대상으로 여성을 포함하고 통증의 원인을 세부적으로 구분하여 더 많은 엘리트 운동선수들을 대상으로 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Conclusion

본 연구에서 통증이 엘리트 운동선수의 근력 및 근지구력의 근수행력에 미치는 영향력을 조사하였다. 엘리트

트 운동 선수의 등속성 검사 시 통증 유무에 따라서 토크 평균/체중이 유의하게 차이가 나는 것을 확인하였고, 이는 통증이 있는 엘리트 운동선수의 무릎관절 등속성 검사에서 주요하게 평가해야 하는 요소임을 확인하였다. 본 연구에서 측정한 기타 다른 변수들은 엘리트 운동선수의 통증에 대한 영향을 반영하지 못하는 것을 추가적으로 확인하였다. 본 연구의 이러한 결과는 엘리트 운동선수의 무릎관절의 근수행력 평가에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

1. Eloranta V, Komi PV. Postural effects on the function of the quadriceps femoris muscle under concentric contraction. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1981;21(6):555-67.
2. Ono T, Higashihara A, Fukubayashi T. Hamstring functions during hip-extension exercise assessed with electromyography and magnetic resonance imaging. *Res Sports Med*. 2011;19(1):42-52.
3. Zhang Q, Hautier CA. Influence of jump-landing direction on dynamic postural stability and hamstring-to-quadriceps co-activation ratio. *Res Sports Med*. 2023;31(4):331-41.
4. Jeong J, Choi DH, Shin CS. Influence of individual quadriceps and hamstrings muscle architecture and quality on knee adduction and flexion moment in gait. *Sci Rep*. 2023;13(1):20683.
5. Wang H, Ji Z, Jiang G, Liu W, Jiao X. Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(12):3468-72.
6. Willigenburg NW, McNally MP, Hewett TE. Quadriceps and Hamstrings Strength in Athletes. In: Kaeding CC, Borchers JR, editors. *Hamstring and Quadriceps Injuries in Athletes: A Clinical Guide*. Boston, MA: Springer US; 2014. p. 15-28.
7. Lee JWY, Mok KM, Chan HCK, Yung PSH, Chan KM. Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *J Sci Med Sport*. 2018;21(8):789-93.
8. Pinto MD, Blazevich AJ, Andersen LL, Mil-Homens P, Pinto RS. Hamstring-to-quadriceps fatigue ratio offers new and different muscle function information than the conventional non-fatigued ratio. *Scand J Med Sci Sports*. 2018;28(1):282-93.
9. Kellis E, Sahinis C, Baltzopoulos V. Is hamstring-to-quadriceps torque ratio useful for predicting anterior cruciate ligament and hamstring injuries? A systematic and critical review. *J Sport Health Sci*. 2023;12(3):343-58.
10. Babu AN, West A, Joyce A, Borg-Stein J. Hamstring injuries: review of current literature and return to play considerations. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2016;4(2):145-53.
11. Urhausen AP, Berg B, Øiestad BE, Whittaker JL, Culvenor AG, Crossley KM, et al. Measurement properties for muscle strength tests following anterior cruciate ligament and/or meniscus injury: What tests to use and where do we need to go? A systematic review with meta-analyses for the OPTIKNEE consensus. *Br J Sports Med*. 2022;56(24):1422-31.
12. David J. Magee RCM. *knee joint. Orthopedic Physical Assessment 7e*: Elsevier Saunders; 2020.
13. Green B, Bourne MN, Pizzari T. Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;52(5):329-36.
14. Riemann BL, Watson MD, Davies GJ. Reliability and validity of a novel Isokinetic Knee Dynamometer System. *Acta Bioeng Biomech*. 2021;23(4):107-16.
15. Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med*. 1994;15 Suppl 1:S11-8.
16. Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM. Isokinetic evaluation of knee extensor and flexor muscles in professional soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2011;17:189-92.
17. Cozette M, Leprêtre P-M, Doyle C, Weissland T. Isokinetic strength ratios: Conventional methods, current limits and perspectives. *Front Physiol*. 2019;10:358328.
18. Thompson BJ, Xu J. Isokinetic Dynamometer Leg Extensor Peak Torque Measurement: A Time-Delayed Reliability and Score Selection Analysis Study. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2023;8(2):62.
19. Rice DA, McNair PJ, Lewis GN, Dalbeth N.

- Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: the effects of experimental knee joint effusion on motor cortex excitability. *Arthritis Res Ther.* 2014;16:1-7.
20. Berman AT, Bosacco SJ, Israelite C. Evaluation of total knee arthroplasty using isokinetic testing. *Clin Orthop Relat Res (1976-2007).* 1991;271:106-13.