



- 박상영, 김종선¹, 김종휘², 이인희³, 장종성⁴, 서태수⁵
- 대구대학교 대학원 재활학과, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과, ²대구가톨릭대학교 의료과학대학 물리치료학과, ³계명대학교 의과대학 의료정보학교실, ⁴영남이공대학 물리치료과, ⁵대구보건대학 물리치료과

Assessment of Isokinetic Muscle Strength in the Knee Extensor Through the Ankle Joint Angles

Sang-Young Park, PT, MS; Chung-Sun Kim, PT, PhD¹; Joong-Hwi Kim, PT, PhD²; In-Hee Lee, PT, MS³; Jong-Sung Chang, PT, PhD⁴; Tae-Soo Suh, PT, MS⁵

Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University; ¹Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University; ²Department of Physical Therapy, College of Medical Science, Catholic University of Daegu; ³Department of Medical Informatics, School of Medicine, Keimyung University; ⁴Department of Physical Therapy, Yeungnam College of Science & Technology; ⁵Department of Physical Therapy, Daegu Health College

Purpose: This study was designed to investigate difference in isokinetic muscle strength in the knee extensor muscle and characteristic differences in muscle strength between males and females through the ankle joint angles.

Methods: Seventy-four subjects participated in this study. There were two groups: 36 males and 38 females. The mean age of the men was 24.58 years and women was 23.74 years. Subjects were seated on a CON-TREX LP (leg press) lean to back of chair, and their bodies were fixed by straps with the hip joint at an angle of 130°. After randomly fixing the ankle joint at 0°, 20°, and 40° of plantar flexion (PF) in range of full extension of knee joint. We studied force max average, force max average/kg, power average, and total work through the angle of the ankle joint when the knee joint was extended from 90° to 180°

Results: In the male group, all maximum measured value showed at the ankle joint 0°, all minimum measured value showed at 40° PF ($p < 0.01$). In the female group, all maximum measured value showed at the ankle joint 20° PF, especially the power average increased significantly. All minimum measured value showed 40° PF ($p < 0.01$).

Conclusion: There are differences between males and females in isokinetic muscle strength of the knee extensor through ankle joint angles in healthy adults. Males and Females have different characteristics of muscle strength through the ankle joint angles.

Keywords: Ankle joint angle, Isokinetic contraction, Knee extensor

논문접수일: 2010년 7월 17일

수정접수일: 2011년 10월 19일

게재승인일: 2011년 1월 10일

교신저자: 김종선, chskim@daegu.ac.kr

1. 서론

무릎관절은 기능적으로 체중부하를 담당하고, 역학적으로 많은 운동범위를 요하는 관절로 인대와 근육으로 쌓여져 있으며, 외력으로 인해 상해의 빈도가 매우 높은 관절이다.¹ 최근에는 스

포츠 인구의 증가와 무리한 신체 활동으로 무릎관절 손상 빈도가 높아지고 있어 손상 예방뿐만 아니라, 손상 후 신체 기능향상의 중요성이 강조되고 있다. 무릎관절 기능향상은 회복과 아울러 무릎관절 안정성에 영향을 주는 무릎관절 주위 근육과 인대의 강화운동이 강조되고 있다. 무릎관절 주위 근육 중에서 가

장 중요시되는 근육은 넓다리곧은근으로 이 근육은 무릎관절 신전작용의 주동근이며, 기립자세나 보행 시 하지의 안정성, 특히 무릎관절의 안정성을 제공하는데 매우 중요한 근육이다. 이 근육을 강화하기 위한 운동으로는 등척성, 등장성, 등속성 운동 등이 있다.² 등척성 운동은 관절의 움직임이 없는 운동으로서 고정된 저항에 대해 근육이 수축을 함으로써 최대장력에 가까운 장력은 낼 수 있으나, 운동시 취한 관절의 각도 주위에서만 근력의 증가를 나타낸다. 등장성 운동은 물건을 들어 올릴 때와 같이, 일정한 무게를 관절의 전 가동범위에 걸쳐 움직이기 위해서는 가동범위 중 가장 근력이 약한 부분에서의 하중(load)을 선택하여 운동을 실시하여야 하므로 근력이 가장 약한 부분에서는 최대 수축을 하지만 그 외 관절 각도에서는 최대수축을 발휘하지 못한다.³ 기구를 사용하는 등속성 운동은 등장성 운동의 변형으로 관절가동범위를 통하여 일정한 속도로 운동하는 것을 가능하게 하며 이 속도는 기계에 의해 조절할 수 있다. 이 등속성 기구에 의해 전 관절가동범위에서 근육의 힘(토크)과 총 일량, 일률, 근지구력을 객관적으로 측정할 수 있어 근육의 특성을 파악하는 방법으로 많이 사용되고 있다.⁴

등속성 기구는 정상부위나 손상부위의 객관적인 근력의 평가와 정상치의 표준화에도 매우 유용하게 사용되고 있으며, 물리치료 시 환자의 근 기능 회복을 위한 운동으로도 사용빈도가 많아지고 있는 실정이다. 국내에서는 등속성 기구가 도입된 후 근육의 특성을 파악하는 한 연구 방법으로 정상인뿐만 아니라 편마비 환자에서의 근육 사이의 근력 비교나 평가에 주로 이용되어 왔다.^{5,6}

앞선 연구와 같이 근육의 특성을 파악하고 근육간의 근력을 비교하는 수단으로 주로 등속성 운동기구를 사용하고 있으며 이를 이용한 많은 연구들이 보고 되고 있다. Noorizadeh 등⁷은 뇌졸중 환자에서 적절한 보행 훈련을 위해 무릎관절 등장성 운동 치료와 등속성 운동치료가 모두 필요하며, 특히 근력 및 지구력 강화에는 등속성 운동치료가 더 유용하다고 하였으며, Jeong⁸은 등속성 근력측정에 의한 근육의 기계적 운동결과에 대한 평가는 근력, 파워, 지구력 외에 순간 가속에너지, 일량, 운동 상해 가능성의 지표인 주동근과 길항근의 근력 비율평가 등을 짧은 시간에 측정하여 근기능 평가를 위한 자료를 제시해 줄 수 있는 매우 효과적인 방법이라고 하였다.

근력은 운동 시 속도, 지렛대의 위치, 작용근의 단면적 등 여러 가지 요소에 의해 달라지게 되며, 관절각도에 따라 달라지는데, 두 개의 관절과 연결된 근육은 근위부 관절의 각도에 따라 근력의 변화가 있음을 여러 연구들에서 보고한 바 있다.^{9,10} Lee 등¹¹은 무릎관절 자세에 따른 발목관절 발바닥 굽힘근의 등속성 근력에 대한 연구에서 무릎관절 신전자세가 90° 굴곡자세보다 더 높은 값을 보였다고 하였고, Na 등¹²은 엉덩관절 각

도에 따른 넓다리네갈래근의 근전도 양상의 보고에서 엉덩관절이 90°~130°까지 증가함에 따라 넓다리네갈래근의 근전도 양상이 증가한다고 하였다. 이처럼 근위부 관절의 각도에 따라 근력의 변화가 생기기 때문에 근력 측정이나 근파워 특성 등의 연구에서는 근위부의 정확한 각도 명시가 중요하듯이 원위부 관절의 각도에 따라서도 근력의 변화를 알아보고 이를 통해 근력 측정 시 근위부뿐만 아니라 원위부의 정확한 각도 명시도 측정의 객관성을 위해 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 원위부 관절인 발목관절의 각도에 따른 무릎 펌근의 근력 평가를 비교하여 정형외과적 무릎관절 병변의 물리치료나 신경학적 손상 환자의 근력 향상 물리치료에 있어 보다 효과적인 치료방법을 찾아 추후 포괄적인 신체 기능향상에 기초자료를 제공할 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 발목관절 각도에 따른 무릎 펌근의 평균 최대근력, 체중에 대한 상대 최대근력, 평균 파워, 총 작업량을 알아보고 남녀의 발목관절 각도에 따른 무릎 펌근의 등속성 근력 특성에 대해 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 20대 정상 성인 74명 중 남자그룹 36명과 여자그룹 38명을 대상으로 하였으며, 대상자들에게 본 연구의 목적을 설명한 후에 자발적 동의를 얻어 실시하였다. 대상자는 현재 요통과 하지의 통증이 없고, 발목관절과 무릎관절의 관절가동범위에 제한이 없으며 특별한 근력강화 운동에 정기적으로 참여하고 있지 않는 자로 선정하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구

본 실험에 사용된 검사 기구는 단한 사슬 운동을 할 수 있으며, 등속성, 등장성, 등척성 모드와 지속적 수동운동(continuous passive motion) 모드를 제공하는 운동기구인 CON-TREX LP (CON-TREX Inc, 스위스)를 이용하여 실시하였으며, 본 연구에서는 등속성 모드를 사용하였다.

2) 실험절차

대상자의 기본적인 정보 즉, 나이, 성별, 몸무게, 키 등을 전산 입력 후 대상자를 검사대 위에 앉은 다음 정확한 측정을 위하여 환자의 상체를 엉덩관절 각도 130°상태의 등받이에 견고하게 스트랩으로 고정시키고, 무릎관절 완전 신전자세에서 발판에 발이 완전히 닿도록 하여 발목 각도를 조정하였다.¹² 대상자

들은 먼저 맨발로 발판에 발을 벨크로 스트랩으로 단단히 고정 한 후 3회의 연습을 통해 기구의 작동원리를 충분히 이해하고 최대의 힘을 내는데 도움이 되게 하며, 1분간의 휴식 이후 본 실험을 하였다. 본 실험은 발바닥 굽힘 0°, 20°, 40°까지 20° 간격으로 각각 고정된 후 무릎관절 90° 굽힘에서 완전 펴까지의 값을 측정하며, 각 각도간의 측정은 3회 반복하여 측정치를 구하였다(Figure 1). 대상자는 무작위 순서로 정한 각도에서 0.2 m/s의 속도로 먼저 3회의 반복 측정을 실시하고 1분간 휴식 후 발바닥 굽힘 0°, 20°, 40°까지 20° 간격으로 각 3회 반복 측정하였다. 두 발은 서로 교대로 실시하고 측정값은 3회 반복 후 본 장비에서 좌·우 하지의 측정값을 그래프와 숫자상으로 제시하는 측정값 중에서 대상자의 우세 측 하지의 평균 최대근력, 체중에 대한 상대 최대근력, 평균 파워, 총 작업량을 구하였다.

최대근력은 등속성 근력 측정 시 주어진 부하 속에서 발휘하는 일량으로 3회 반복 중 일정한 지점에서 최대치를 나타내는 것을 말하며 단위는 뉴턴(N)을 사용한다. 체중에 대한 상대 최대 근력은 체중에 대한 최대 근력을 백분율로 나타낸 것이며, 단위는 N/kg을 사용한다. 평균 파워는 근육이 단위 시간당 할 수 있는 일의 양을 나타낸 것으로 단위는 와트(W)이다. 총 작업량은 하지 신전의 등속성 운동을 3회 반복 수행하였을 때 해당 근육이 발휘한 일의 총량을 말하며 단위는 줄(J)로 나타낸다.



Figure 1. Isokinetic exercise on CON-TREX LP.

3. 자료분석

자료의 통계적 분석은 무릎관절 90° 굽힘에서 완전 펴까지 측정하여 CON-TREX Data Measurement에서 얻은 조사된 각 변수 값을 전산 입력 후 SPSS version 12.0을 사용하여 통계처리 하였다. 대상자의 일반적 특성은 독립 t-검정을 실시하여 비교하였고, 각 각도에 따른 평균 최대근력, 체중에 대한 상대 최대근력, 평균 파워, 총 작업량을 비교하기 위해서 반복측정 분

산분석(Repeated measurement of ANOVA)을 사용하였고 통계적 유의 수준(α)은 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 74명으로 남자 36명, 여자 38명이었다. 평균 연령은 남자가 24.58±1.87세, 여자가 23.74±2.06세고, 평균 키는 남자가 174.33±3.59 cm, 여자가 163.26±4.00 cm이고, 평균 체중은 남자가 68.78±10.03 kg, 여자가 53±4.42 kg이었다. 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of the participants (N=74)

	Male (n=36)	Female (n=38)	p [†]
Age (year)	24.58±1.87a	23.74±2.06	0.07
Height (cm)	174.33±3.59	163.26±4.00	
Weight (kg)	68.78±10.03	53.00±4.42	

^aMean±SD, [†]independent t-test

2. 발목관절 위치에 따른 평균 최대근력 비교

남자 그룹에서의 발목관절 각도에 따른 평균 최대근력 값은 발바닥 굽힘 0°에서 1908.28±50.84, 20°에서 1867.44±45.51로 0°에서 평균값이 컸지만 유의한 차가 없었으며($p>0.05$), 40°에서는 1591.17±42.82로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다($p<0.01$). 여자 그룹에서는 발바닥 굽힘 0°에서 1163.66±32.88, 20°에서 1163.87±33.28로 유의한 차가 없었으며($p>0.05$), 40°에서는 1007.92±29.93로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다($p<0.01$)(Table 2).

3. 발목관절 위치에 따른 체중에 대한 상대 최대근력 비교

남자 그룹에서의 발목관절 각도에 따른 체중에 대한 상대 최대근력 값은 발바닥 굽힘 0°에서 27.86±0.56, 20°에서 27.38±0.60로 0°에서 평균값이 컸지만 유의한 차가 없었으며($p>0.05$), 40°에서는 23.38±0.60로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다($p<0.01$). 여자 그룹에서는 발바닥 굽힘 0°에서 21.98±0.54, 20°에서 22.00±0.58로 20°에서 값이 컸지만 유의한 차가 없었으며($p>0.05$), 40°에서는 19.02±0.49로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다($p<0.01$)(Table 2).

4. 발목관절 위치에 따른 평균 파워 비교

남자 그룹에서의 발목관절 각도에 따른 평균 파워 값은 발바닥 굽힘 0°에서 268.43±7.63, 20°에서 263.80±7.05로 0°에서 평균값이 컸지만 유의한 차가 없었으며(p>0.05), 40°에서는 228.85±6.76로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다(p<0.01). 여자 그룹에서의 평균 파워 값은 발바닥 굽힘 0°에서 151.43±4.67, 20°에서 154.98±4.47로 20°에서 유의하게 큰 값을 나타내었고(p<0.05), 40°에서는 134.42±4.22로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다(p<0.01)(Table 2).

5. 발목관절 위치에 따른 총 작업량 비교

남자 그룹에서의 발목관절 각도에 따른 총 작업량은 발바닥 굽힘 0°에서 788.77±24.33, 20°에서 766.63±28.24로 0°에서 평균값이 컸지만 유의한 차가 없었으며(p>0.05), 40°에서는 667.89±23.50로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다(p<0.01). 여자 그룹에서의 평균 파워 값은 발바닥 굽힘 0°에서 420.54±14.41, 20°에서 423.58±13.50로 20°에서 값이 컸지만 유의한 차가 없었으며(p>0.05), 40°에서는 367.76±12.57로 0°와 20°의 값에 비해 유의하게 감소하였다(p<0.01)(Table 2).

고^{13,14} 손상을 줄일 수 있고^{15,16} 무릎관절 굽힘근과 펴근의 근력을 더 증가시킬 수 있기 때문에 재활의 한 과정에서 단힌 사슬 운동이 많이 권장 되어지고 있다.^{17,18} 등속성 기구를 이용한 근 기능의 평가는 다른 어떤 검사 방법보다 객관성 있는 결과를 제공하고 측정 시 근 기능의 기계적인 운동 평가에 대한 신뢰도가 높으며 근골격계 손상에 대한 물리치료를 안전하고 효과적으로 실시 할 수 있게 하기 때문에 스포츠 의학 분야 등에서도 널리 응용되고 있다.¹⁹ Kim과 Kwon²⁰은 시각적 피로감이 과제를 수행하는 동안 움직임의 오류를 즉시 제공하여 움직임을 교정할 수 있도록 하고 과제수행을 향상시킨다고 하였으며 본 연구에서도 피검자가 모니터를 통해 측정치를 볼 수 있도록 하고 최대 힘을 낼 수 있도록 하였고 구두 지시도 함께 사용 하였다.

본 연구에서는 단힌 사슬 운동을 할 수 있는 등속성 장비 CON-TREX LP를 이용하여 원위부의 발목관절 각도를 무릎관절 완전 펴 자세를 기준으로 발바닥 굽힘 0°, 20°, 40° 각도로 고정된 후 무릎관절 90°굽힘에서 완전 펴까지의 3회 반복 값을 측정하여 평균 최대근력, 체중에 대한 상대 최대근력, 평균 파워, 총 작업량의 변화를 알아보고자 하였다.

Table 2. Comparison of force max average, force max average/kg, power average and total work on each group

		Mean±SE			Repeated ANOVA	P		
		PF 0° ^a	PF 20° ^b	PF 40° ^c		a×b	b×c	a×c
M	FMA	1908.28±50.84	1867.44±45.51	1591.17±42.82	0.00 [†]	0.17	0.00 [†]	0.00 [†]
	FMAK	27.86±0.56	27.38±0.60	23.38±0.60	0.00 [†]	0.18	0.00 [†]	0.00 [†]
	PA	268.43±7.63	263.80±7.05	228.85±6.76	0.00 [†]	0.26	0.00 [†]	0.00 [†]
	TW	788.77±24.33	766.63±28.24	667.89±23.50	0.00 [†]	0.12	0.00 [†]	0.00 [†]
F	FMA	1163.66±32.88	1163.87±33.28	1007.92±29.93	0.00 [†]	0.99	0.00 [†]	0.00 [†]
	FMAK	21.98±0.54	22.00±0.58	19.02±0.49	0.00 [†]	0.92	0.00 [†]	0.00 [†]
	PA	151.43±4.67	154.98±4.47	134.42±4.22	0.00 [†]	0.04*	0.00 [†]	0.00 [†]
	TW	420.54±14.41	423.58±13.50	367.76±12.57	0.00 [†]	0.53	0.00 [†]	0.00 [†]

M: Male, F: Female, PF: Plantar flexion

FMA: Force max average, FMAK: Force max average/kg, PA: Power average, TW: Total work

*p<0.05, [†]p<0.01

IV. 고찰

단힌 사슬 운동은 근 수축 동원이 동적인 근육의 안정성을 위한 동시수축으로 원심성 수축이 우세하며 더 많은 관절 압박력은 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 제공한다. 그리고 기계적 수용기는 관절내의 압력 변화에 민감하게 반응함으로 단힌 사슬 운동 시 활동의 전 범위에서 발화 빈도가 증가되기 때문에 열린 사슬 운동보다 고유수용성 감각을 더 촉진한다. 또한 열린 사슬 운동에 비해 더 기능적 수행을 위한 과제를 포함하

최대근력은 한 지점에서 작용점까지의 거리와 작용점에서 수직으로 작용하는 근력의 최대치를 말하며 힘이 가해진 구간과 힘의 크기로 구해지며 근력을 평가하는데 중요한 지표로 인정할 수 있다.²¹ 본 연구에서 발목 각도에 따른 무릎 펴근의 평균 최대근력은 남자그룹에서 발바닥 굽힘 0°, 20°, 40°순으로 크기가 유의하게 감소하였으며 발바닥 굽힘 40°에서 가장 낮은 최대근력 값을 보였다. 반면, 여자그룹에서는 발바닥 굽힘 40°보다 0°와 20°에서 유의한 증가가 있었지만 0°와 20°간의 평균 최대근력 값은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 본 연구와 실험

조건은 다르지만 Park 등²²의 보고에 의하면 맨발에 비해 높은 굽을 신었을 때 넙다리곧은근의 %MVC_{RMS}값이 유의하게 감소한다고 하였고 이는 원위부 발목의 각도 변화가 근위부 무릎 폼근의 근력에 영향을 미친다는 본 연구 결과를 지지할 수 있을 것이다. 본 연구 결과를 볼 때 발목의 과도한 발바닥굽힘은 무릎 폼근의 최대 근력 발휘에 불리함을 초래하기 때문에 근력 측정이나 운동 시 이를 고려해야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 근육에 대한 근전도 분석과 같은 정확한 측정이 이루어지지 않아 차후 이점을 보완한 연구가 필요할 것이라 생각된다.

Perrine²¹은 측정된 최대근력이 근육의 최대운동 능력을 측정하는데 유용한 자료로 활용할 수 있지만, 발현된 최대근력을 총 체중으로 나눌 경우(peak torque/body weight×100) 상대적인 평가를 하는데 보다 유용한 자료가 될 수 있다고 하였다. 본 연구에서 발목관절 각도에 따른 무릎 폼근의 체중에 대한 상대 최대근력을 알아본 결과 남자그룹과 여자그룹에서 모두 발바닥 굽힘 40°보다 0°와 20°에서 유의한 증가가 있었으며, 남자그룹에서는 0°에서, 여자그룹에서는 20°에서 그 값이 가장 컸지만 0°와 20°간에는 두 그룹 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 원위부 발목관절 각도 변화에 따른 근위부 무릎 폼근의 등속성 평가에서 체중에 따른 근력의 상대적인 변화는 없다고 할 수 있다.

평균 파워는 근육이 단위 시간당 할 수 있는 일의 양을 나타내고, 이는 근육의 에너지 생산능력을 반영한다. 또한 일량을 실제 근 수축 시간으로 나누어 단위 시간당의 일량을 구한 것 중 최고의 수치를 나타낸 반복시기의 값으로서, Johnson²³는 등속성 근력 평가에 있어서 근파워 측정에 매우 유용한 지표로 이용된다고 보고하였다. 본 연구에서 발목관절 각도에 따른 무릎 폼근의 평균 파워는 남자그룹에서 발바닥 굽힘 40°보다 0°와 20°에서 유의하게 증가하였으며, 20°보다는 0°에서 평균 파워가 컸지만 그 차이는 유의하지 않았다. 여자그룹에서는 발바닥 굽힘 20°, 0°, 40°순으로 평균 파워의 유의한 감소를 보였고 남자그룹과는 달리 20°에서 최대의 평균 파워를 나타냈다. 두 그룹 모두에서 40°에서 최소의 파워를 보인 것은 두 관절 근육인 장딴지근의 근 길이의 변화가 무릎폼근의 등속성 근육 파워에 영향을 주었을 것으로 생각되며, 근위부 관절의 각도에 따라 근력의 변화를 보고한 선행 연구와 비교하여^{9,10} 원위부 관절의 각도에 따라서도 근력의 변화가 있다는 것을 알 수 있다. 또한 남자그룹에 비해 여자그룹에서 발바닥 굽힘 20°에서 최대의 파워를 나타낸 것은 평소 남자에 비해 높은 굽에 익숙한 여자그룹에서 발바닥 굽힘 0°보다 20°에서 좀더 역학적 이득을 나타내는 것으로 생각된다.

총 작업량은 반복 운동 중 근육이 한 일의 총량으로 Distance×Force의 총 합을 의미하며 같은 운동을 하였을 경우

최대근력이 증가하게 되면 근력 값을 증가시켜 단위 시간당 실행하는 일의 양이 증가하게 된다. 이러한 증가는 근력의 증가 지표가 될 수 있다.²⁴ 본 연구에서 발목관절 각도에 따른 무릎 폼근의 총 작업량은 남자그룹에서 발바닥 굽힘 40°보다 0°와 20°에서 총 작업량이 유의하게 증가하였으며, 20°보다는 0°에서 총 작업량이 컸지만 그 값은 유의하지 않았다. 여자그룹에서는 발바닥 굽힘 40°보다 0°와 20°에서 총 작업량이 유의하게 증가하였으며, 0°보다는 20°에서 총 작업량이 컸지만 그 값은 유의하지 않았다. 따라서, 발바닥 굽힘 40°에서 남녀 모두 무릎 폼근이 가장 적은 힘을 낸다고 할 수 있으며 발바닥 굽힘이 과도하게 증가하면 무릎 폼근의 역학적 이득이 줄어들기 때문에 무릎 폼근의 근력 측정이나 근력 향상을 위한 등속성 장비의 사용시에는 발목의 과도한 발바닥 굽힘을 피해야 할 것이다.

발목관절의 변화에 따른 근력 평가 시 보통 발등 굽힘 20°, 중립, 발바닥 굽힘 20° 위치에서 측정하는데 이것은 피로를 예방하고 발목관절 연구에서 가장 많이 사용되는 각도라고 하였으나,²⁵⁻²⁸ 본 연구에서는 발등 굽힘 20°에서 발목관절의 통증이 있어 중립위치에서부터 20° 간격으로 발바닥 굽힘을 하여 측정하였다. 임상에서 근력 측정 시 Hinton²⁹은 측정자세가 최대근력에 상당한 영향을 준다고 보고하였으며, 관절 각도는 근 수축 시 근육의 역학적 성질을 반영하는 것으로 신체의 각 관절에는 최적의 역학적 이점이 있는 관절 각도가 존재하므로 관절 각도의 변화는 근육의 최대근력에 영향을 준다고 하였고,³⁰ Na 등¹²은 고관절 각도가 90°에서 130°까지 계속적인 근활성도의 증가를 보이며 130°에서 넙다리네갈래근의 최대 근활성도를 보인다고 하였다. 따라서 무릎 폼근의 근력 측정 시 근위부인 엉덩관절 뿐만 아니라 원위부인 발목관절의 위치를 표준화하여야 하며 각도를 명시할 필요가 있다. Tepperman 등³¹은 정상인을 대상으로 누운 상태에서 넙다리네갈래근 등척성 운동을 할 때 발목관절을 발등 굽힘, 발바닥 굽힘, 중립위치에 놓고 넙다리네갈래근에 발생하는 활동 전위를 비교 했을 때 발등굽힘, 발바닥 굽힘 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없으나 발목을 중립 위치와 발등 굽힘, 발바닥 굽힘 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있으며 중립위치에서의 최고값을 나타낸다고 하였고 Signorile 등³²은 발목을 중립위치로 놓았을 때가 발목의 외회전이나 내회전 위치보다 더 큰 넙다리네갈래근의 힘이 나타난다고 하였다. 이처럼 발목의 위치에 따라 무릎 폼근의 흥분성이 변화하게 된다. 또한 Park 등²²은 평소 굽이 높은 신발을 신는 그룹과 굽이 낮은 신발을 신는 그룹과의 비교에서 굽 높이에 따른 무릎 폼근의 근 활성도가 차이가 있다고 하였으며 높은 굽 신발에 익숙하지 않은 대상자들은 높은 굽 신발을 사용하고 있는 동안 넙다리곧은근의 근활성도가 낮아진다고 하였는데 본 연구의 결과 여자그룹에서는 발바닥 굽힘 20°에서 최대의

힘을 발휘하는 반면 남자그룹에서는 발바닥 굽힘이 증가할수록 모든 측정값들이 감소한다는 것과 유사한 결과를 보여준다.

본 연구의 제한점은 발목관절 위치에 따른 무릎 펌근의 근력 평가 시 전체적인 측정값을 비교하였을 뿐 좀 더 세부적인 비교를 하지 못하였다는데 있다. 즉, 발목관절 각도에 따라 발바닥 굽힘근으로 작용하는 장딴지근, 가자미근과 무릎 펌근의 개별적인 측정이 이루어지지 못하였으며 향후 이런 점을 보완하여 좀 더 세부적인 연구가 필요할 것으로 본다.

V. 결론

본 연구에 의하면 정상 성인의 발목관절 각도에 따른 하지 펌근의 등속성 근력이 차이가 있다는 것을 알 수 있으며, 남녀의 발목 각도에 따른 하지 펌근의 등속성 근력 특성이 다르다는 것을 알 수 있었다. 대부분의 등속성 장비를 사용한 연구들을 보면 각속도의 변화에 대한 근력의 변화를 연구한 것들이 많으며, 달린 시술 운동으로 하지 펌근의 등속성 근력 향상 훈련이나 평가를 할 때에는 발목관절이 20°이상의 과도한 발바닥굽힘을 피하는 것이 최대의 근력 측정이나 최대의 파워를 내는데 도움을 줄 것이다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 발목관절 위치에 따른 발목관절 근육들과 무릎관절 근육들의 세부적인 근력 특성에 대한 연구가 필요할 것으로 본다.

Author Contributions

Research design: Park SY, Kim CS

Acquisition of data: Park SY, Chang JS

Analysis and interpretation of data: Park SY, Kim JW, Suh TS

Drafting of the manuscript: Park SY, Lee IH

Administrative, technical, and material support: Kim JW

Research supervision: Kim CS

참고문헌

1. Na YM, You SW, Ji SW et al. Electromyographic analysis of the concentric & eccentric contraction in the isokinetic exercise. *Kor J Sports Med.* 2001;19(2):403-11.
2. Kay D, St Clair Gibson A, Mitchell MJ et al. Different neuromuscular recruitment patterns during eccentric, concentric and isometric contractions. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(6):425-31.
3. Kang SW, Moon JH, Cho KG et al. Effects of 2 speeds

- of isokinetic training on muscular strength in quadriceps and hamstrings. *J Korean Acad Rehabil Med.* 1991;15(1):77-88.
4. Jenkins WL, Thackaberry M, Killian C. Speed-specific isokinetic training. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1984;6(3):181-3.
5. Kang SW, Seok H, Kang YS et al. Interlimb interaction at different angular velocity in isokinetic knee evaluation. *J Korean Acad Rehabil Med.* 2003;27(2):255-9.
6. Lee H, Noh GB, Lee KH et al. Effect of concentric isokinetic knee strength training on strength of knee muscle, pattern of muscle weakness and gait in chronic ambulatory stroke patients. *J Kor Sports Med.* 2007;25(2):181-8.
7. Noorizadeh Dehkordi S, Talebian S, Olyaei G et al. Reliability of isokinetic normalized peak torque assessments for knee muscles in post-stroke hemiparesis. *Gait Posture.* 2008;27(4):715-8.
8. Jeong SY. A study of knee joint in isokinetic muscular factors with focus on the basketball players. Hanyang University. Dissertation of Master's Degree. 2004.
9. Stokes IA, Moffroid M, Rush S et al. Emg to torque relationship in rectus abdominis muscle. Results with repeated testing. *Spine (Phila Pa 1976).* 1989;14(8):857-61.
10. Simoneau E, Martin A, Van Hoecke J. Effects of joint angle and age on ankle dorsi- and plantar-flexor strength. *J Electromyogr Kinesiol.* 2007;17(3):307-16.
11. Lee HO, Bae SS, Lee KH. Isokinetic evaluation of plantarflexors with knee position. *J Kor Soc Phys Ther.* 2000;12(2):145-52.
12. Na YM, Lim KB, Kim HS et al. The myoelectrical activities of quadriceps femoris according to hip joint angle by electromyographic analysis. *Kor J Sports Med.* 2002;20(2):210-08.
13. Palmitier RA, An KN, Scott SG et al. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med.* 1991;11(6):402-13.
14. Prentice WE. Closed kinetic chain exercise: Rehabilitation techniques in sports medicine. 2nd ed. London, Mosby, 1994.
15. Beynon BD, Fleming BC. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: A review of previous work. *J Biomech.* 1998;31(6):519-25.
16. Steinkamp LA, Dillingham MF, Markel MD et al. Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. *Am J Sports Med.* 1993;21(3):438-44.

17. Wilk KE, Escamilla RF, Fleisig GS et al. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med.* 1996;24(4):518-27.
18. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):556-69.
19. Oh SD. Effects of isokinetic exercise programs on the improvement of muscular power. *J Kor Sports Med.* 2006;24(2):186-93.
20. Kim CS, Kwon YH. Therapeutic virtual reality program in chronic stroke patients recovery of upper extremity and neuronal reorganization. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science.* 2005;44(1):87-106.
21. Perrine DH. *Isokinetic exercise and assessment.* Champaign, Human Kinetic Publishers, 1993.
22. Park EY, Kim WH, Kim KM et al. Effects of high-heel shoes on emg activities of rectus femoris and biceps femoris. *KAUTPT.* 1999;6(2):32-42.
23. Johnson D. Controlling anterior shear during isokinetic knee extension exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1982;4(1):23-31.
24. Kim JS. The compare isotonic exercise and isokinetic exercise on thigh muscle strength. Dankook University. Dissertation of Master's Degree. 2006.
25. Mademli L, Arampatzis A, Morey-Klapsing G et al. Effect of ankle joint position and electrode placement on the estimation of the antagonistic moment during maximal plantarflexion. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(5):591-7.
26. Morse CI, Thom JM, Mian OS et al. Muscle strength, volume and activation following 12-month resistance training in 70-year-old males. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95(2-3):197-204.
27. Onambele GL, Narici MV, Maganaris CN. Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age. *J Appl Physiol.* 2006;100(6):2048-56.
28. Thom JM, Morse CI, Birch KM et al. Triceps surae muscle power, volume, and quality in older versus younger healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005;60(9):1111-7.
29. Hinton RY. Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 1988;16(3):274-9.
30. Baltzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Med.* 1989;8(2):101-16.
31. Tepperman PS, Mazliah J, Naumann S et al. Effect of ankle position on isometric quadriceps strengthening. *Am J Phys Med.* 1986;65(2):69-74.
32. Signorile JF, Kacsik D, Perry A et al. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;22(1):2-9.