



- 한상완, 이정우<sup>1</sup>
- 광주보건대학 물리치료과, <sup>1</sup>광주여자대학교 물리치료학과

Effects of Isokinetic Exercise on Muscular Performance and Thickness of the Quadriceps Muscle

Sang-Wan Han, PT, PhD; Jeong-Woo Lee, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Gwangju Health College University; <sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

**Purpose:** The purpose of this study was to investigate the effects of isokinetic exercise on muscular performance and thickness of the quadriceps muscle.

**Methods:** Twenty one healthy male students participated in this study. Participants were divided into 2 groups: 60°/sec of isokinetic exercise (n=7), 180°/sec (n=7) and 300°/sec (n=7). Each group did isokinetic exercises 3 times a week for 6 weeks. Each group was measured for peak torque per body weight, average power and total work using a Biodex System 4. Rectus femoris, vastus lateralis and vastus medialis were measured for muscle thickness using a SONOACE 6000C. Data were analyzed by repeated measures ANOVA using SPSS 12.0.

**Results:** There was a significant time-related effect in peak torque per body weight, average power and total work. There was a significant time-related effect in the vastus medialis and rectus femoris muscle thickness. However, there was a significant group by time interaction for vastus lateralis muscle thickness.

**Conclusion:** Isokinetic exercise may be an effective method for improving quadriceps muscle performance regardless of angular velocity. However, the thickness of the rectus femoris and vastus medialis muscle may be increased regardless of the angular velocity of the quadriceps muscle the vastus lateralis muscle may only be remarkably improved when doing exercise with low angular velocity.

**Keywords:** Isokinetic exercise, Muscle performance, Muscle thickness, Quadriceps muscle

논문접수일: 2010년 3월 10일

수정접수일: 2010년 4월 29일

게재승인일: 2010년 5월 24일

교신저자: 이정우, jwlee@kwu.ac.kr

## 1. 서론

넙다리네갈래근은 무릎관절 주위의 근육 중에서 가장 중요시되는 근육으로 무릎관절 펌 작용의 작용근이며 기립 자세나 보행 시 하지의 안정성, 특히 무릎관절의 안정성을 제공하는 데 매우 중요한 근육이다.<sup>1</sup> Cho와 Choi는<sup>2</sup> 넙다리곧은근이 낙상과 관련이 있는 하지 근육 중에 하나라고 하였다. 따라서 무릎관절의 안정성과 낙상방지 등을 위해 넙다리네갈래근의 근력 등을 증가시키기 위해 임상적으로 많은 노력을 기울이고 있는 데, 임상

에서 일반적으로 사용되고 있는 운동 형태는 등척성 운동, 등장성 운동, 등속성 운동 등이 있다. 이 중에서 근기능 향상에는 등장성 운동이나 등척성 운동보다 등속성운동이 더 큰 효과가 있으며 근 수행능력을 측정하는 데 가장 객관적이고 정확하게 평가할 수 있다.<sup>3</sup>

등속성 운동은 운동속도를 임의로 고정시켜, 근력에 대한 외적 저항을 주어 일정한 각속도를 유지하게 하여 시행하는 운동이다.<sup>4</sup> 이러한 등속성 운동은 등척성, 등장성 근수축의 운동에서는 발생하지 않는 같은 속도의 근수축을 훈련시킬 수 있다

는 점에서 다양한 훈련 목적에 따라 활용할 수 있다는 장점이 있으며,<sup>5</sup> 근력을 측정하는 데 등장성 운동이나 등척성 운동보다 객관적으로 평가할 수 있어서, 현재 국내외적으로 이를 이용한 근력평가가 임상 및 스포츠 분야에서 사용되고 있다.<sup>6</sup> 등속성 운동은 전 운동 범위에 걸쳐 근력이 발휘할 수 있는 최대 근력의 부하를 제공하고, 대상자가 발휘하는 근력이 기계에 의해 주어지는 모든 저항의 합과 일치하므로 근·골격계에 과부하로 인한 부상의 위험이 적으며, 등속성 장비가 제공하는 다양한 속도에 의해 빠른연축섬유(fast twitch fiber)와 느린연축섬유(slow twitch fiber) 모두에 효과적으로 적용할 수 있을 뿐만 아니라 모든 동작범위(ROM)에서 대상자가 발휘한 힘이 저항으로 작용하므로 어떠한 관절각도에서도 최대 부하량이 유지될 수 있다는 장점이 있어 다른 근 수축 방법에 비해 안전성이 뛰어나며 근력 향상 효과가 높은 것으로 인정받고 있다.<sup>7</sup>

등속성 운동시 저항속도는 일반적으로 0°/sec에서 450°/sec 까지 부하속도를 통제할 수 있으나 100°/sec 이하의 속도를 저속부하, 100°/sec에서 180°/sec의 속도를 중속 180°/sec 이상의 속도를 고속이라 부르고 있다.<sup>6</sup> Cho<sup>8</sup>는 운동 부하속도를 높이는 것은 부하강도를 증가시키는 것과 같은 운동효과가 나타난다고 보고하여 운동시 속도의 중요성을 강조하였다. 또한 Moffroid<sup>9</sup>도 등속성 운동에 있어서 부하속도 조건이 운동 효과에 긍정적인 영향을 미친다고 주장하고 있으며, 근력 개선의 최대효과는 훈련속도에 특이적인 경향을 보인다.<sup>4</sup> 등속성 운동을 할 경우 측정되는 변수(parameter)들로는 최대 회전력(peak torque), 최대 회전력의 발생각(angle of peak torque), 평균 힘(average power), 총일량(total work) 등이 있다.<sup>10</sup>

운동으로 인한 근력의 발달은 근력과 비례 관계에 있는 근육 두께를 증가시킨다.<sup>11</sup> 근육의 사용을 제한할 때 근육 크기 감소에 비례해서 근력의 손실이 나타나므로 근력과 근육의 두께는 높은 상관관계를 가지는 것으로 볼 수 있다.<sup>12</sup> 뇌졸중 환자의 마비측 및 비마비측의 근 두께에서도 차이가 있는 것으로 보고되었다.<sup>13</sup> 골격근의 두께와 수축력은 성별 간에 차이가 있으며, 서로 높은 상관성이 있는 것으로 보고되었으며,<sup>14</sup> Kim과 Lee<sup>15</sup>는 저항운동 후 전방인대손상 환자들의 근육 두께가 커졌다고 보고하였다. Bilodeau 등<sup>16</sup>은 골격근 기능을 평가하고 분석하는데 이러한 근육의 구조적 특성인 근 섬유 크기, 두께, 섬유 형태 등을 파악하고 비교하는 연구가 매우 중요하다고 주장하였다. 이러한 골격근의 특성을 분석하는데, 초음파 영상장치를 이용한 연구들이 활발하게 진행되고 있다.<sup>17,18</sup>

이렇듯 저항속도에 따른 등속성 운동에 대한 근력이나 근지구력의 향상이나 저항운동 등으로 인한 근 두께의 향상에 관한 연구들은 활발하게 이루어져 왔으나 저항속도에 따른 근 두께의 향상에 대한 연구와 넵다리네갈래근을 이루고 있는 각각의

근육들의 근 두께와의 관련한 연구들은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 정상인의 넵다리네갈래근을 대상으로 저항속도에 따른 등속성 운동이 넵다리네갈래근의 근수행력과 근 두께에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 운동선수 등 경험이 없는 일반 건강한 남자 대학생 21명을 선발하여 실험 동의서에 서명을 받은 후 연구를 실시하였다. 모든 대상자들은 무작위로 저항속도에 따라 60°/sec 부하 속도 훈련군, 180°/sec 부하 속도 훈련군, 300°/sec 부하 속도 훈련군에 각각 7명씩 배정하였으며, 대상자들의 일반적 특성은 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

Items	Group			x <sup>2</sup>
	60°/sec	180°/sec	300°/sec	
Age (yr)	21.5±0.9	22.6±1.7	21.8±2.2	-0.03
Height (cm)	172.4±4.2	174.2±3.6	169.8±5.1	-0.12
Weight (kg)	69.2±7.1	72.9±4.0	70.5±5.3	-1.97

All data are mean±SD

### 2. 실험방법

#### 1) 운동 방법

운동 전 대상자는 약 10분간의 휴식을 취하고 2분 정도 주위 걷기를 시행한 후 본 운동인 등속성 운동을 시행하였다. 부하속도의 기준은 Brown<sup>19</sup>이 제시한 등속성 장비를 이용한 무릎관절 측정 프로토콜을 이용하였다. 60°/sec 부하 속도에서 시행하는 그룹은 5번 반복횟수로 3세트 시행하였다. 180°/sec 부하 속도에서 시행하는 그룹은 5번 반복횟수로 3세트 시행하였다. 300°/sec 부하속도에서 시행하는 그룹은 26번 반복횟수로 3세트 시행하였다. 각 세트당 휴식 시간은 1분으로 하였으며, 운동은 대상자들의 비우세측 하지로 적용하였다. 총 훈련기간은 6주간이었으며, 주 3회 시행하였다.

#### 2) 측정방법

##### (1) 등속성 근수행력 측정

각 그룹의 등속성 근력, 근파워, 근지구력의 변화를 살펴보기 위하여 측정을 운동 실시 전, 3주, 6주 단위로 등속성운동기(Biodex System 4, Biodex medical systems, 미국)를 이용하여 측정하였다.

측정방법은 대상자를 등속성운동기에 앉힌 다음 무릎관절의 중심점이 동력계(dynamometer) 회전축과 일치하도록 테이블과 등받이를 이용하여 조정하였다. 다른 신체부위가 골반 및 운동에 영향을 미치지 않고 측정의 정확성을 위해 넙다리 부위와 가슴 부위를 고정한 후 하퇴부 길이와 조정축의 길이를 조정하여 발목 부위를 묶어 고정하였다. 대상자는 무릎관절 중심으로 저항속도를 0~90°/sec까지로 하여 펌 및 굽힘 운동을 실시하였다. 무릎관절이 과도하게 구부러지거나 펴지지 않도록 운동 범위 한계 조정 장치를 조절하였다.

측정은 무릎을 굽힌 상태에서 시작하여, 무릎을 편후 다시 굽혀 제자리에 왔을 때를 1회 운동으로 하였다. 60°/sec 부하 속도에서는 최대 힘으로 5회 측정, 180°/sec 부하 속도에서는 5회 측정, 300°/sec 부하 속도에서는 26회 측정하였다. 측정시 대상자가 기기의 생소감이나 거부감을 줄이기 위해서 예비 운동을 3회 실시한 후 측정하였고, 최대로 운동을 실시하도록 구두로 대상자 옆에서 독려하였다. 근수행력의 측정 항목으로는 최대회전력(peak torque), 평균파워(average power), 총일량(total work)으로 하였다.

측정항목들의 변수들은 변화율을 비교하기 위해 다음과 같은 공식을 통해 변환하여 적용하였다.  $Variable (\%) = (Post-Pre) \times 100 / Pre$

(2) 근 두께 측정

넙다리네갈래근 구조를 측정하기 위해 초음파 영상 수집을 진단용 초음파 영상 장치 SONOACE 6000C(MEDISON, 대한민국)를 사용하였다. 이 장치의 주파수 변조 범위는 7.5 MHz이다. 초음파 영상 측정에 사용된 초음파 변환기는 선형변환기(Linear Probe)이며, gain(50)과 dynamic range(80)는 고정된 값으로 모든 검사에서 동일하게 적용하였다.

측정시 대상자의 자세는 바로 누운 자세에서 근육이 이완되도록 한 후 무릎을 45° 굴곡하고 무릎 밑에 받침을 대어 지지하였다. 측정 부위는 무릎뼈 상연에서 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)까지 측정된 길이의 5~73% 범위 중에 넙다리곧은근 73%, 가쪽넓은근 39%, 안쪽넓은근 22% 지점에서 외과용 펜으로 표시한 다음 초음파 변환기를 적용하여 영상을 획득하였다. 측정시 충분한 양의 초음파용 겔을 도포한 후 피부에 수직으로 유지한 채 적절한 영상이 획득될 정도의 최소한의 압박을 조심스럽게 가하면서 측정하였다. 측정항목들의 변수들은 변화율을 비교하기 위해 다음과 같은 공식을 통해 변환하여 적용하였다.  $Variable (\%) = (Post-Pre) \times 100 / Pre$

3. 자료분석

모든 자료는 SPSS12.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성에 대한 비교는 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였으며, 각 측정항목들의 시간에 따른 그룹 간 변화 차이에 대한 검정은 반복측정분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 운동 시기에 따른 근수행력 변화

1) 그룹별 체중당 최대회전력의 변화

그룹별 체중당 최대회전력의 변화는 반복측정분산분석결과 다음과 같다(Table 2). 시간과 그룹 간 교호작용은 통계적으로 유

**Table 2.** Relative changes of muscular performance among groups (unit: %)

Group	Baseline	Post 3 weeks	Post 6 weeks	F			
				Time	Time X Group	Group	
I	60°/sec	0	18.50±22.60	25.25±18.95	13.39*	0.39	0.62
	180°/sec	0	9.49±7.89	14.96±16.23			
	300°/sec	0	12.63±15.61	23.93±27.24			
II	60°/sec	0	20.31±25.41	39.54±26.27	27.51*	1.35	0.84
	180°/sec	0	15.82±18.24	18.03±23.27			
	300°/sec	0	23.08±14.96	35.51±22.24			
III	60°/sec	0	20.31±25.41	39.54±26.27	20.03*	0.95	0.49
	180°/sec	0	15.82±18.24	18.03±23.27			
	300°/sec	0	23.08±14.96	35.51±22.24			

All data are mean±SD  
 \*p<0.05  
 I: Peak torque per body weight  
 II: Average power  
 III: Total work

의한 차이가 없는 것으로 나타나 시간에 따른 그룹 간 체중당 최대회전력의 변화양상은 같은 것으로 나타났다. 주효과 시간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내어( $F_{2,36}=13.39, p<0.05$ ), 시간에 따라 모든 그룹에서 체중당 최대회전력이 상승한 것으로 나타났으나 주효과 그룹에서는 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

2) 그룹별 평균파위의 변화

그룹별 체중당 평균파위의 변화는 반복측정분산분석결과 다음과 같다(Table 2). 시간과 그룹 간 교호작용은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 시간에 따른 그룹 간 체중당 평균파위의 변화양상은 같은 것으로 나타났다. 주효과 시간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내어( $F_{2,36}=27.51, p<0.05$ ), 시간에 따라 모든 그룹에서 체중당 평균파위가 상승한 것으로 나타났으나 주효과 그룹에서는 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

3) 그룹별 총일량의 변화

그룹별 체중당 총일량의 변화는 반복측정분산분석결과 다음과 같다(Table 2). 시간과 그룹 간 교호작용은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 시간에 따른 그룹 간 체중당 총일량의 변화양상은 같은 것으로 나타났다. 주효과 측정 시간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내어( $F_{2,36}=20.03, p<0.05$ ), 시간에 따라 모든 그룹에서 체중당 총일량이 상승한 것으로 나타났으나 주효과 그룹에서는 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 운동 시기에 따른 근 두께의 변화

그룹별 근 두께의 변화를 반복측정분산분석한 결과 다음과 같

다(Table 3).

그룹별 넙다리곧은근 두께의 변화는 반복측정분산분석결과 시간과 그룹 간 교호작용은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 시간에 따른 그룹 간 체중당 넙다리곧은근 두께의 변화양상은 같은 것으로 나타났다. 주효과 시간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내어( $F_{2,36}=16.34, p<0.05$ ), 시간에 따라 모든 그룹에서 넙다리곧은근 두께가 상승한 것으로 나타났으나 주효과 그룹에서는 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

그룹별 가쪽넓은근 두께의 변화는 반복측정분산분석결과 시간과 그룹 간 교호작용은 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간에 따른 그룹 간 체중당 가쪽넓은근 두께의 변화양상은 다른 것으로 나타났다( $F_{4,36}=4.69, p<0.05$ ).

그룹별 안쪽넓은근 두께의 변화는 반복측정분산분석결과 훈련기간과 그룹 간 교호작용은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 훈련기간에 따른 그룹 간 체중당 최대회전력의 변화양상은 같은 것으로 나타났다. 주효과 시간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내어( $F_{2,36}=25.30, p<0.05$ ), 시간에 따라 모든 그룹에서 안쪽넓은근 두께가 상승한 것으로 나타났으나 주효과 그룹에서는 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

IV. 고찰

넙다리네갈래근은 걷기, 뛰기, 점프 등의 기본적인 신체 활동 시 하지 동작에 있어서 작용근으로 작용하고, 체중의 지지나 인체 중심의 이동에 있어서도 중요한 역할을 하며, 관절의 동적 안정기구로서 중요한 작용을 한다. 나이에 따라 근력은 감소하는 것으로 알려져 있으며, 최대근력을 100%로 봤을 때 고령화

Table 3. Relative changes of muscle thickness among groups (unit: %)

Group	Baseline	Post 3 weeks	Post 6 weeks	F			
				Time	Time X Group	Group	
I	60°/sec	0	20.97±26.48	27.93±28.61	16.34*	0.33	0.34
	180°/sec	0	9.80±6.24	20.84±13.15			
	300°/sec	0	16.91±15.88	22.80±29.93			
II	60°/sec	0	20.48±13.16	32.84±23.91	28.66*	4.69*	5.24*
	180°/sec	0	6.22±5.40	18.80±7.27			
	300°/sec	0	4.61±7.05	6.85±12.28			
III	60°/sec	0	22.58±23.70	33.10±26.38	25.30*	2.73	3.08
	180°/sec	0	3.85±4.89	15.30±7.32			
	300°/sec	0	8.04±8.37	14.49±8.38			

All data are mean±SD

\*p<0.05

I: Rectus femoris muscle

II: Vastus lateralis muscle

III: Vastus medialis muscle

에 따른 정적근력은 매년 0.7%씩, 동적근력은 0.9%씩 감소한다.<sup>20</sup> 또한 Nicholas 등<sup>21</sup>은 비우세측과 우세측의 하지 근력이 90% 미만일 때 약한 부위의 무릎관절에 좌상(strain)의 발생률은 증가하고 약한 부위의 근력이 저항을 이기지 못하고 근 이탈이 나타난다고 보고하였다.

등속성 최대 운동은 무산소성 운동능력의 측정지표로 널리 이용되어 왔고,<sup>22</sup> Perrine<sup>23</sup>은 측정된 최대회전력은 근육의 최대 운동능력을 측정하는 데 유용한 자료로 활용할 수 있지만, 대상자의 신장과 체중과 체표면과 상관관계가 있기 때문에 발현된 최대회전력을 총체중으로 나눌 경우 상대적인 평가를 하는데 보다 나은 자료가 될 수 있다고 보고하였다. Kim<sup>24</sup>은 60°/sec, 180°/sec에서 운동 전, 중간, 후 좌측 신근의 최대회전력이 증가하는 결과를 보고하였고, Kim<sup>25</sup>도 60°/sec에서 6주와 12주간의 운동 후 174.1± 9.5Nm와 288.9±30.4Nm으로 각각 증가하였고, 180°/sec에서는 163.8±13.0Nm에서 212.8±20.4Nm로, 240°/sec에서는 155.8± 13.3Nm에서 194.3±22.3Nm로 증가되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 모든 부하속도 그룹에서 최대회전력이 훈련 기간에 따라 증가하는 것으로 나타났으며, 그룹 간 차이는 없는 것으로 나타났다. Choi 등<sup>26</sup>은 60°/sec, 180°/sec 부하속도로 적용한 체중당 최대회전력은 각 속도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다고 보고하여 본 연구와 비슷한 경향을 보였으나 특이한 점은 본 연구에서는 60°/sec, 180°/sec 부하속도는 근력에 중점을 두어 같은 반복횟수로 훈련하여 60°/sec 부하속도에서 최대회전력이 좀 더 높게 증가한 경향을 보였으나 300°/sec 부하속도 훈련군도 60°/sec 부하속도 훈련군과 비슷한 증가 경향을 보였다. 이것은 300°/sec 부하속도 훈련군은 근지구력에 중점을 두어 반복횟수를 좀 더 많이 설정하여 훈련하였기에 나타난 결과라고 생각되나 훈련군들 간의 통계학적인 차이는 없었다. 따라서 고속의 부하속도에서도 반복횟수를 일정 횟수 이상 증가시켜서 훈련하면 최대회전력을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

평균파워는 근육이 단위 시간당할 수 있는 일의 양을 나타냄으로써, 이는 근육의 에너지 생산 능력을 반영한다. 또한 일량을 실제 근수축 시간으로 나누어 단위시간당의 일량을 구한 것 중 최고의 수치를 나타낸 반복 시기의 값으로서 Johnson<sup>27</sup>은 근파워측정에 매우 유용한 지표로서 평균 파워의 수치를 이용한다고 보고하였다. Bell 등<sup>28</sup>은 모든 부하속도에서 근파워의 증가가 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서도 모든 부하속도 훈련군들에서 평균파워가 상승하여 비슷한 결과를 보여, 단위 시간당 발현한 일의 양은 모든 부하속도에서 증가하는 것으로 생각된다.

근육의 활동을 평가하는 데 근력이 기본적 요소이지만, 근육이 단위 시간 내에 피로함 없이 얼마만큼 반복적인 근수축을

수행할 수 있느냐 하는 근지구력 역시 중요하다. Molczyk 등<sup>29</sup>은 240°/sec에서 근지구력을 측정할 경우 신근에서 근지구력의 재연성이 높다고 하였으며, 이는 일상생활이 주로 신근에 의한 운동으로 이루어지기 때문이라고 하였다. 총일량은 반복 운동 중 근육이 한 일의 총량으로 거리(Distance)×힘(Force)의 총합이다. 본 연구는 근지구력을 300°/sec의 각속도를 기준으로 하였으며, 모든 그룹에서의 운동 전, 중간, 후의 수치는 증가되었으며, 이는 Kim<sup>30</sup>과 Jang<sup>31</sup>의 연구에서 각속도 240°/sec에서 증가하였다고 보고한 결과들과 비슷한 결과를 보였다. 또한 본 연구에서는 모든 부하속도 훈련 그룹에서 총일량이 증가하나 그룹 간 차이는 없는 것으로 나타났다.

저항속도에 따른 등속도 훈련이 넙다리네갈래근 두께에 미치는 영향은 본 연구에서 넙다리곧은근과 안쪽넓은근은 비슷한 경향을 보이거나 가쪽넓은근에서는 다른 경향을 보이는 것으로 나타났다. 모든 저항속도 훈련에서 근 두께가 증가되어 다양한 속도의 등속성 운동이근 두께의 향상에도 도움을 주는 것으로 생각된다. 그러나 가쪽넓은근에서 근 두께는 저속과 고속 부하 훈련군 사이에 근 두께의 증가하는 경향이 서로 다른 것으로 나타났다. 60°/sec 부하속도 훈련군에서 가장 급격히 증가하였고, 180°/sec 부하속도 훈련군도 3주에서 점자적으로 증가하여 6주에 급격히 증가하는 양상을 보였으나 300°/sec 부하속도 훈련군은 증가하는 경향이 완만하여 변화의 폭이 상대적으로 작은 양상을 보였다. 넙다리네갈래근 중에서넙다리곧은근과 안쪽넓은근은 저속과고속의 저항속도 훈련 모두 근 두께를 향상시키지만 가쪽넓은근은 저속도의 저항속도 훈련에서만 근 두께가 많이 향상되는 것을 알 수 있었다. 운동에 따른 근력의 발달은 근의 형태적 성장에 뒷받침되는 것으로 근력은 근의 생리적 단면적과 비례하여 증가한다.<sup>32</sup> Peterson 등<sup>33</sup>은 등속성 운동에 있어서 저속이나 중속에 의한 최대 회전력의 증가는 컴퓨터 단층촬영기(CT)로 분석한 결과 넙다리곧은근의 근비대와 함께 비례적으로 유의하게 증가하였다고 보고하고 있고, Alway 등<sup>34</sup>은 등속성 운동이 근육 크기를 증가시키며, 여러 부하 속도(저속, 중속, 고속)를 이용한 등속성 운동이 근단면적을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 여러 선행연구들에서 보고된 바와 같이 넙다리네갈래근의 근육 크기 향상은 넙다리곧은근과 안쪽넓은근에서만 저속과고속 등 여러 부하속도 모두에서 효과적이지만 가쪽넓은근은 저속도 부하속도의 등속성훈련에서만 효과적인 것으로 나타났다.

따라서 이러한 연구 결과들은 임상에서 다양한 무릎 질환을 가진 환자들의 근 기능 향상과 관련한치료에 있어서 근력이나 근지구력 같은 요소 이외에도 넙다리네갈래근을 이루고 있는 각각의 근육에 따라 저항속도를 함께 고려해야 한다고 생각된다. 본 연구의 제한점은 대상자가 소수였으며, 건강한 젊은 남

자들로 한정하였으므로, 연구의 결과를 임상에 있는 환자에게 일반화하기 어렵다는 점이다. 따라서 향후에는 좀 더 다양한 연령층 및 무릎질환이 있는 환자에게 대한 연구들이 추가적으로 이루어져야 한다고 생각된다.

## V. 결론

본 연구에서는 건강한 남자 대학생의 넙다리네갈래근을 대상으로 한 저항속도에 따른 등속성 훈련은 저항속도에 관계없이 최대회전력, 평균파워, 총일량과 같은 근수행력을 모두 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 그러나 근 두께의 변화에 있어서는 넙다리네갈래근 중에서 넙다리곧은근과 안쪽넓은근은 저항속도에 관계없이 모두 근 두께를 향상시키나 가쪽넓은근에서는 저속도의 부하속도 등속성 훈련만이 근 두께를 현저하게 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 이 연구를 통해 나타난 결과들은 향후 임상에서 무릎 질환을 가진 환자들의 등속성 훈련에 있어서 근 기능 향상을 위한 목적뿐만 아니라 넙다리네갈래근을 이루고 있는 각각의 개별적 근육에 따라서 저항속도를 조절하는 데 있어서 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

## Author Contributions

Research design: Han SW

Acquisition of data: Han SW

Analysis and interpretation of data: Lee JW

Drafting of the manuscript: Han SW, Lee JW

Administrative, technical, and material support: Han SW

Research supervision: Lee JW

## 참고문헌

1. Soderberg GL, Cook TM. An electromyographic analysis of quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. *Phys Ther.* 1983;63(9):1434-8.
2. Cho YH, Choi JH. Muscle activities of the lower extremity based on ankle plantar-flexion in elderly women. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(4):57-63.
3. Kannus P. Normality, variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic muscle testing. *Int J Sports Med.* 1992;13(3):249-56.
4. Ryu JS. Effects of the isokinetic training on improvement in shoulder joint's muscular strength and different angular velocity. Myongji University. Dissertation of Master's Degree. 2006.
5. Beelen A, Sargeant AJ, Wijkhuizen F. Measurement of directional force and power during human submaximal and maximal isokinetic exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994;68(2):177-81.
6. Song JW. Isokinetic evaluation of shoulder joint strength in the handball players of college and general collegians. Chosun University. Dissertation of Master's Degree. 2002.
7. Lee TH. A study on the deaf's lower limb isokinetic muscular strength. Kyunghee University. Dissertation of Master's Degree. 1998.
8. Cho CH. The effect of regular aerobic exercise on physical fitness, performance, and blood lipids level in middle aged women. *The Korean Journal of Physical Education.* 1997;36(2):235-47.
9. Moffroid M, Whipple R, Hofkosh J et al. A study of isokinetic exercise. *Phys Ther.* 1969;49(7):735-47.
10. Kim DH, Park YS, Yoon ZW et al. Total work changes at different angular velocities during isokinetic exercise. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists.* 1995;2(1):51-61.
11. Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP et al. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol.* 1988;64(3):1038-44.
12. Gollnick PD, Parsons D, Riedy M et al. Fiber number and size in overloaded chicken anterior latissimus dorsi muscle. *J Appl Physiol.* 1983;54(5):1292-7.
13. Seo SK. The analysis of ultrasonography on gastrocnemius medialis of patient with stroke. *J Kor Soc Phys Ther.* 2007;19(2):11-9.
14. Jeong JK, Kim YH, Kim TY. Maximal voluntary contraction and muscle thickness relationship in skeletal muscle. *J Kor Acad Clin Elec.* 2004;2(2):25-37.
15. Kim YJ, Lee YM. The effects of closed kinetic chain exercises on thigh circumference and lysholm scale of the knee joints of patients with acl reconstruction. *J Kor Soc Phys Ther.* 2007;19(6):31-6.
16. Bilodeau M, Schindler-Ivens S, Williams DM et al. EMGfrequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(1):83-92.
17. Andersen LL, Tufekovic G, Zebis MK et al. The effect of

- resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism*. 2005;54(2):151-6.
18. Kim HJ, Yang GA, Kim SH et al. Analysis of ultrasonography on biceps brachii of hemiplegic patient. *J Kor Acad Clin Elec*. 2009;7(1):11-5.
  19. Brown LE. *Isokinetics in human performance*. Champaign, Human Kinetic Publishers, 2000:185-6.
  20. Lee GY. *Health and physical strength science*. Seoul, Hakmoon Publishers, 1998:88-9.
  21. Nicholas JA, Strizak AM, Veras G. A study of thigh muscle weakness in different pathological states of the lower extremity. *Am J Sports Med*. 1976;4(6):241-8.
  22. Manning JM, Dooly-Manning C, Perrin DH. Factor analysis of various anaerobic power tests. *J Sports Med Phys Fitness*. 1988;28(2):138-44.
  23. Perrine DH. *Isokinetic exercise and assessment*. Champaign, Human Kinetic Publishers, 1993:123-7.
  24. Kim JS. The compare isotonic exercise and isokinetic exercise on thigh muscle strength. Dankook University. Dissertation of Master's Degree. 2006.
  25. Kim HC. Effects of isokinetic training by eccentric contraction upon torque, power and muscular endurance. Myongji University. Dissertation of Doctorate Degree. 2000.
  26. Choi HH, Lee TH, Chang MJ et al. A study on the peak torque and ration of eccentric contractions. *The Korean Journal of Physical Education*. 2001;40(4):1095-101.
  27. Johnson D. Controlling anterior shear during Isokinetic knee extension exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1982;4(1):23-31.
  28. Bell GJ, Petersen SR, MacLean I et al. Effect of high velocity resistance training on peak torque, cross sectional area and myofibrillar ATPase activity. *J Sports Med Phys Fitness*. 1992;32(1):10-8.
  29. Molczyk L, Thigpen LK, Eickhoff J et al. Reliability of testing the knee extensors and flexors in healthy adult women using a cybex ii isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1991;14(1):37-41.
  30. Kim JK. Comparison of knee myofunction according to rehabilitation exercise program participation period after anterior cruciate ligament reconstruction. Kookmin University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
  31. Jang WS. Effects of isotonic and isokinetic exercise training on physical fitness and H/Q strength ratio in the students majoring in taekwondo. Kyunghee University. Dissertation of Doctorate Degree. 2005.
  32. Choi DH. The analysis of muscular strength between quadriceps muscles and hamstring muscles in university soccer players. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2003.
  33. Petersen SR, Bell G, Bagnall KM et al. The effects of concentric resistance training on eccentric peak torque and muscle cross-sectional area. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1991;13(3):132-7.
  34. Alway SE, Stray-Gundersen J, Grumbt WH et al. Muscle cross-sectional area and torque in resistance-trained subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;60(2):86-90.