

남자 대학생의 8주간 넙다리뒤근 웨이트 트레이닝이 H/Q ratio와 H/Q FI에 미치는 영향

김승리 BS, 강현주 PhD

순천향대학교 스포츠의학과

The Effect of an 8-Week Hamstring Weight Training on H/Q ratio and H/Q FI of Male College Students

Seung-Ri Kim BS, Hyun-Joo Kang PhD

Department of Sports Medicine, Soonchunhyang University, Asan, Korea

PURPOSE: This study aimed to examine the effects on the hamstring/quadriceps ratio (H/Q ratio) and H/Q ratio fatigue index (H/Q FI) of the knee joint of an 8-week weight training to improve the hamstring muscles of male college students.

METHODS: Twenty male college students were divided into two groups: an exercise group (EG) and a control group (CG). The EG participated in an 8-week hamstring weight training program, working out twice a week, 60 min per session, with a 60–80% 1RM and 12–16 RPE intensity. The peak torque, H/Q ratio, and H/Q FI were measured, and a t-test was used to verify the statistical significance of the difference between the pre- and post-intervention results.

RESULTS: The right flexor peak torque at 60°/sec increased by $14.10 \pm 9.60\%$ BW in the EG and decreased by $-9.00 \pm 16.55\%$ BW in the CG, showing a significant difference between the groups ($p < 0.01$). The left flexor peak torque increased by $6.60 \pm 12.31\%$ BW in the EG and decreased by $-5.10 \pm 10.68\%$ BW in the CG, showing a significant difference between the groups ($p < 0.05$). The left extensor peak torque decreased by $-5.40 \pm 19.53\%$ BW in the EG and by $-28.40 \pm 25.70\%$ BW in the CG, showing a significant difference between the groups ($p < 0.05$). The H/Q ratios tended to increase, but the difference was not significant.

CONCLUSIONS: To prevent injuries and stabilize the knee joint, the central joint of the lower extremity that plays an important role in daily life and sports activities, hamstring weight training can be performed to maintain the H/Q ratio within the normal range.

Key words: Hamstring, Weight training, H/Q ratio, H/Q Fatigue Index, Male college students

서론

운동선수뿐만 아니라 일반인들도 다양한 스포츠에 참여하면서 체력이 약하거나 정확한 동작을 취하지 못하여 인대 파열이나 탈구 등의 급성 손상이 발생하며, 과사용으로 인한 부상의 발생 빈도가 증가

고 있다[1]. 특히, 다리 근력은 모든 스포츠 활동에 있어 매우 중요한 역할을 하여 무릎관절의 안정성을 높이고 신체 중심을 유지하면서 경기력 향상에도 상당한 영향을 미친다[2]. 신체에서 가장 큰 가동 관절인 무릎관절에 관련된 근육은 폼근에 해당하는 넙다리네갈래근(Quadriceps femoris)인 넙다리곧은근(Rectus femoris), 안쪽넓은근(Vastus me-

Corresponding author: Hyun-Joo Kang Tel +82-41-530-1280 Fax +82-41-530-1297 E-mail kanghyunjoo@sch.ac.kr

*이 연구는 2020년도 순천향대학교 연구비 지원과 산업통상자원부 한국산업기술포진지원 (Project Number: P0004713)에 지원으로 수행되었음.

Keywords 넙다리뒤근, 웨이트 트레이닝, 굽힘근/펴근 비율, 굽힘근/펴근 피로지수, 남자대학생

Received 6 May 2021 **Revised** 3 Jul 2021 **Accepted** 7 Jul 2021

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

dialis), 가쪽넓은근(Vastus lateralis), 중간넓은근(Vastus intermedius)이 있으며, 굽힘근에는 넙다리뒤근(Hamstring)인 반막근(Semimembranosus), 반힘줄근(Semitendinosus), 넙다리두갈래근(Biceps femoris)이 있다[3]. 넙다리뒤근이 유연하지 않은 경우, 비접촉 회전력에 의하여 앞 십자인대의 과도한 펴(hyperextension)과 고정된 넙다리뼈에 대한 정강 뼈를 앞으로 끌어당기는 넙다리네갈래근의 과도한 수축으로 손상이 일어날 수 있다. 또한 넙다리뒤근은 인대와 함께 무릎관절의 앞쪽, 뒤쪽 및 회전의 안정성을 유지하기 위한 중요한 근육이다[4].

무릎 관절은 매우 불안정한 구조로 안정성과 부상 방지를 위하여 다리 근력과 근기능을 발달시켜야 하며, 특히 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근의 균형과 비율이 중요하다는 것을 예측할 수 있다. 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근의 비율(Hamstring/Quadriceps ratio, H/Q ratio)은 무릎관절의 안정성, 부상 예방 및 평가의 기초 지표로 활용되고 있다 [5,6]. Ashker et al. [7]은 H/Q ratio가 50% 미만으로 낮으면 두 근육의 불균형으로 부상 위험이 더 높아진다고 하였으며, Islam & De [8]는 두 근육 비율의 불균형으로 넙다리뒤근의 부상을 예측할 수 있기 때문에 적정 H/Q ratio를 유지하는 것이 중요하다고 하였다. 반면 Ruas et al. [9]는 H/Q ratio가 다리 부상 예방, 근육 불균형 및 무릎 관절 안정성 평가에 중요한 도구로 사용되지만 신경근의 피로를 고려하지 않고 주로 피로하지 않은 상태에서 측정하기 때문에 H/Q ratio와 더불어 피로 지수(H/Q ratio Fatigue Index, H/Q FI)를 살펴볼 필요가 있다고 언급하였다. 운동으로 피로가 쌓이면 근수축을 억제하며 운동 수행력을 감소시키고 근경련 등을 초래할 수 있다[10]. 다리 근육에 발생하는 피로는 무릎관절의 안정성과 자세 유지의 어려움 및 앞십자인대의 부상 위험을 증가시키며 H/Q ratio에도 악영향을 미칠 수 있다[11]. Pinto et al. [12]의 연구에서도 H/Q FI가 부상을 예측하거나 복귀를 위한 검사로 가치가 있다고 보고하였다.

이에 무릎관절의 안정성 유지와 H/Q ratio 및 H/Q FI를 개선시키기 위하여 다리 근력운동에 대해 주목할 필요가 있다. Jung [13]은 남자 대학생 18명에게 무릎관절의 펴근과 굽힘근의 대표 운동인 Leg extension과 Leg curl을 펴근 대 굽힘근 비율을 달리하여 무릎관절 펴근에 큰 부하를 적용한 군(80%1RM:60%1RM), 펴근과 굽힘근에 동일한 부하 군(80% 1RM:80% 1RM), 굽힘근에 큰 부하를 적용한 군(60% 1RM: 60% 1RM)으로 나누고 8주간, 주 2회 실시한 결과 굽힘근에 큰 부하 적용 군의 H/Q ratio에 긍정적인 영향을 미쳤다. 또한 Aktug et al. [14]은 청소년 아마추어 축구 선수 22명을 대상으로 축구 트레이닝과 노르딕 넙다리뒤근군 운동을 8주간 주 3-4회 실시한 결과, 넙다리뒤근이 강화되면서 H/Q ratio가 정상 범위에 이르러 스포츠 수행력과 부상의 위험을 줄이는 중요한 요소라고 주장하였다.

스포츠 활동과 부상 예방을 위하여 H/Q ratio와 H/Q FI도 살펴보고 향상시키기 위한 효과적인 운동프로그램의 개발과 적용이 필요할

것으로 판단되나 국내 연구가 매우 부족한 실정이며, 다리 근력 증진과 기능 향상을 높이는데 매우 의미 있는 연구라고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 남자 대학생들에게 8주간의 넙다리뒤근을 증진시키기 위한 웨이트 트레이닝을 실시하여 무릎관절의 H/Q ratio와 H/Q FI에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구 대상은 충청남도 아산시 S대학에 재학 중인 체육을 전공하는 학생들 가운데 연구의 목적과 내용에 대하여 충분히 설명한 후 자발적인 참여 의사를 밝히고 다리 근골격계에 이상이 없는 대상자들로 선정하였다. 실험 대상자는 웨이트 트레이닝 동아리 활동이나 규칙적으로 웨이트 트레이닝을 해오지 않은 대학생들로 넙다리뒤근 위주의 운동프로그램을 8주 동안 주 2회 실시하는 운동군 10명과 대조군 10명으로 나누어 진행하였다. 대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 절차

운동프로그램을 진행하기 전과 후에 신체구성 검사와 무릎관절 등속성 근기능 검사를 실시하였으며, 측정 간에 신뢰도를 높이기 위하여 충분히 설명하고 익숙화 과정을 수행하였다. 사전 측정 후 넙다리뒤근 위주의 운동프로그램을 실시하는 운동군은 1일 60분, 주 2회, 총 8주간으로 구성하였다. 제시한 운동프로그램을 제외하고 실기수업이나 스포츠 활동을 제한할 수 있도록 방학 중에 실시하였다. 8주간 운동프로그램을 실시한 후 사전 측정과 동일한 방법으로 사후 측정을 진행하였다.

3. 측정 항목 및 방법

1) 신장과 체중 측정

피험자의 체격 검사를 위하여 신장(cm)과 체중(kg)을 측정하고 신체질량지수(Body mass index, BMI)를 산출하였다.

2) H/Q ratio와 H/Q FI 검사

무릎관절의 최대 회전력을 통한 H/Q ratio와 H/Q FI를 살펴보기 위하여 등속성 측정장비(Humac Norm-Testing & Rehabilitation, USA)를 사용하여 60°/sec와 180°/sec에서 실시하였다. 측정은 60°/sec와 180°/sec

Table 1. Subject characteristics

Group	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
EG (n=10)	23.20±1.40	173.74±3.52	72.02±10.32	23.81±2.86
CG (n=10)	21.80±1.69	176.30±4.42	72.96±7.40	23.49±2.35

Values are mean±SD.

EG, Exercise Group; CG, Control Group; BMI, Body Mass Index.

에서 H/Q ratio를 먼저 측정하고 최소 5일간의 휴식 후 2차로 H/Q FI를 측정하였다. 측정 전에 걷기와 다리 위주의 스트레칭을 실시한 후, 등속성 측정 장비는 무릎관절의 가쪽위관절염(Lateral Epicondyle)와 다이노미터(Dynamometer)가 회전축과 일치하도록 의자를 조절하여 피험자가 움직이는 범위에 있어 불편한 것이 없는지 확인하고 측정 방법 및 절차에 대하여 설명하였다. 무릎관절의 펌근과 굽힘근에 있어 과다힘이 일어나지 않도록 측정 가능 범위는 피험자 모두 0°-90°로 설정하였으며, 측정 전에 저장도로 3회씩 반복 연습을 실시하였다. H/Q ratio를 산출하기 위해 각속도 60°/sec에서 5회, 180°/sec에서 10회 측정하였으며, 각속도별 무릎관절의 굽힘근 최대회전력에 펌근의 최대회전력으로 나누어 %로 환산하였다[5,6].

$$H/Q \text{ ratio} = \frac{\text{넙다리뒤근 최대회전력}}{\text{넙다리내갈래근 최대회전력}} \times 100$$

H/Q FI는 Costa et al. [11]의 연구에 근거하여 180°/sec에서 주로 사용하는 주축 다리로 50번 측정한 후 초기 5회에서 가장 높은 최대회전력 3개의 평균값과 마지막 5회에서 가장 높은 최대회전력 3개의 평균값을 다음의 공식에 대입하여 산출하였다.

$$H/Q \text{ FI} = \frac{\text{최종 최대회전력} - \text{초기 최대회전력}}{\text{초기 최대회전력}} \times 100$$

측정자는 피험자가 최대 힘을 발휘할 수 있도록 옆에서 큰 소리로 독려했다.

3) 1RM 측정

운동프로그램의 강도를 정하기 위하여 피험자가 들어 올릴 수 있는 무게를 선택하고 개인의 부하량을 산정하였다. 운동 동작마다 피험자가 10회 미만의 반복 횟수를 실시할 수 있는 임의의 무게를 선정하여 O'Connor et al. [15]의 1RM 간접측정방법 공식에 대입하여 부하량을 산출하였다. 산출한 1RM으로 개인의 운동강도에 맞게 운동프로그램을 실시하였다. 1RM 간접측정방법 공식은 다음과 같다. $1RM = W(1 + 0.025Rep)$ 으로 W는 개인이 10회 미만으로 들어 올릴 수 있는 무게이며, Rep은 반복 횟수이다.

4) 운동프로그램

Kim et al. [16]의 웨이트 트레이닝 방법 중 넙다리뒤근 운동 동작들과 Aktug et al. [14]의 NH exercise를 수정하고 보완하여 구성하였다. 운동프로그램은 준비운동, 본 운동, 정리운동을 포함하여 회당 60분씩, 주 2회, 총 8주 동안 실시하였다. 운동강도는 1-2주는 1RM의 60%와

Borg가 개발한 운동자각도(Rating of Perceived Exertion, RPE)의 6-20 척도에서 12-13으로 시작하여 3-5주는 1RM 70%, RPE 14-15로, 6-8주는 1RM의 80%, RPE 15-16으로 증가시켰고, 8주 동안 3세트 로 진행하였다. 구체적인 운동프로그램은 Table 2와 같다.

4. 자료처리 방법

본 연구의 얻어진 결과들은 SPSS for Mac ver 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였으며, 정규성 검정 여부는 Kolmogorov-Smirnov test로 실시하여 정규분포가 검정되어 모수분석으로 진행하였다. 운동 전과 8주 운동 후를 비교 분석하고 운동군과 대조군의 사전검사와 사후검사 평균치 간의 차이 값에 대한 통계적 유의도를 검증하기 위하여 독립 t-검정을 실시하였다. 모든 통계분석의 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 60°/sec에서의 최대회전력과 H/Q ratio

60°/sec에서의 최대회전력과 H/Q ratio 사전·사후 결과 차이 값은 Table 3과 같다. 왼쪽 펌근 최대회전력은 사전과 사후의 차이 값이 운동군과 비교해서 대조군에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다($p < .05$). 오른쪽 굽힘근 최대회전력 사전과 사후의 차이 값에서 운동군은 증가하였고 대조군은 감소하여 집단 간 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). 왼쪽 굽힘근 최대회전력 사전과 사후의 차이 값에서 운동군은 증가하였고 대조군은 감소하여 집단 간 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). H/Q ratio의 사전과 사후 결과 차이 값은 운동군과 대조군 모두 증가하였지만 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2. 180°/sec에서 최대회전력과 H/Q ratio

180°/sec에서의 최대회전력과 H/Q ratio의 사전·사후 결과 차이 값은 Table 4와 같다. 오른쪽과 왼쪽의 펌근 최대회전력은 사전과 사후의 차이 값은 운동군과 대조군에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 오른쪽과 왼쪽의 굽힘근 최대회전력은 사전과 사후의 차이 값은 운동군과 대조군에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. H/Q ratio의 사전과 사후 차이 값은 운동군과 대조군 모두 증가하였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다.

3. H/Q FI 차이

H/Q FI의 차이율은 Table 5에 제시하였다. 펌근과 굽힘근의 H/Q FI의 사전과 사후 결과 차이율은 운동군에서 모두 증가하였고 대조군에서는 모두 감소하였지만 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Table 2. Hamstring weight training program

Type of exercise	Program	Week	Intensity	Repetition	Set		
Warm up	Dynamic stretching	1-8		5-10 min			
Hamstring weight training	 Butt kick	 Hip extension	1-2	60%1RM (RPE 12-13)	3 set		
	 Lying Single straight-leg hip extension	 Single-leg stiff deadlift				3-5	70%1RM (RPE 13-14)
	 Nordic hamstring exercise	 Good morning exercise	6-8	80%1RM (RPE 15-16)			
	 Stiff deadlifts	 Sumo deadlifts					
	 Wide-stance squats	 Lying leg curl					
	Cool down	Static stretching	1-8			5-10 min	

논 의

1. 등속성 최대회전력과 H/Q ratio

웨이트 트레이닝은 머신, 덤벨, 바벨 등의 운동기구를 사용하여 근 체력, 협응력, 근파워, 신경계 등의 기능을 향상시키는 효과가 있다[17]. 웨이트 트레이닝의 효과는 등속성 근기능 검사를 통해 넵다리네갈래근과 넵다리뒤근을 평가하며, H/Q ratio을 산출하고 무릎관절의 주동근과 길항근의 균형을 살펴볼 수 있다[18]. H/Q ratio의 정상 범위는 50-70%로, 50% 미만일 경우 넵다리뒤근의 약화로 앞십자인대의 손상

위험이 높아지고 70%를 초과할 경우 넵다리네갈래근의 약화로 반월상 연골의 손상과 파열을 야기시킬 수 있다[19]. Yoon & Park [20]은 대학 엘리트 골프 선수 8명을 대상으로, Kang et al. [21]은 대학생 근대 5종 선수 8명을 대상으로 무릎관절의 최대회전력과 H/Q ratio를 측정하였다. 두 연구의 종합적인 결과는 넵다리뒤근이 넵다리네갈래근에 비하여 상대적으로 약한 것으로 나타났기 때문에 넵다리뒤근의 강화 트레이닝으로 H/Q ratio 균형을 맞추는 것이 필수적이라고 강조하였다.

본 연구에서도 선행연구에서 우려했던 것과 동일하게 피험자들의 H/Q ratio가 60%/sec에서 평균 50% 정도 되는 것을 확인하고 넵다리뒤

Table 3. The difference in value of the pre and post isokinetic peak torque and H/Q ratio at 60°/sec

Variables	EG			CG			p
	Pre	Post	Mean Diff	Pre	Post	Mean Diff	
Peak torque (%BW)							
Extensors							
Right	310.90±35.97	301.60±40.24	-9.30±27.94	305.20±32.26	277.90±28.22	-27.30±22.47	.130
Left	287.80±36.34	282.40±41.95	-5.40±19.53	283.70±37.38	255.30±31.50	-28.40±25.70	.037*
Flexors							
Right	155.30±15.00	169.40±15.22	14.10±9.60	168.80±13.28	159.80±20.50	-9.00±16.55	.001**
Left	142.40±15.09	149.00±16.79	6.60±12.31	149.30±23.26	144.20±21.96	-5.10±10.68	.036*
H/Q ratio (%)							
Right	50.00±3.27	56.70±4.67	6.70±4.99	55.90±8.71	58.20±10.92	2.30±7.26	.132
Left	49.70±4.32	53.10±4.41	3.40±2.07	53.30±9.21	56.80±8.22	3.50±5.87	.960

Values are mean ± SD.

EG, Exercise Group; CG, Control Group; Mean Diff, Mean Difference; H/Q ratio, Hamstring/Quadriceps ratio.

**p < .01, *p < .05.

Table 4. The difference in value of the pre and post isokinetic peak torque and H/Q ratio at 180°/sec

Variables	EG			CG			p
	Pre	Post	Mean Diff	Pre	Post	Mean Diff	
Peak torque (%BW)							
Extensors							
Right	218.50±22.30	224.50±18.93	6.00±10.40	203.70±25.22	205.00±18.64	1.30±16.49	.456
Left	213.20±16.54	217.00±17.61	3.80±8.43	198.60±25.51	196.30±23.56	-2.30±17.88	.342
Flexors							
Right	126.50±15.83	131.60±16.30	5.10±10.77	124.20±28.22	127.70±13.38	3.50±21.54	.836
Left	113.60±9.78	122.30±14.66	8.70±9.84	119.30±15.65	120.50±12.75	1.20±13.58	.174
H/Q ratio (%)							
Right	57.90±5.09	58.70±5.38	0.80±4.78	61.90±15.69	63.10±8.56	1.20±10.67	.916
Left	53.90±5.69	56.80±7.24	2.90±5.69	60.70±10.30	61.90±7.58	1.20±6.23	.532

Values are mean ± SD.

EG, Exercise Group; CG, Control Group; Mean Diff, Mean Difference; H/Q ratio, Hamstring/Quadriceps ratio.

Table 5. The difference in value of the pre and post H/Q FI

Variables	EG			CG			p
	Pre	Post	Mean Diff	Pre	Post	Mean Diff	
H/Q ratio FI (%)							
Extensors	65.46±6.32	66.13±3.97	0.66±6.67	66.67±6.79	61.68±6.87	-4.99±7.24	.086
Flexors	66.48±9.24	68.23±3.63	1.75±11.86	68.62±7.97	62.47±9.79	-6.15±7.16	.088

Values are mean ± SD.

EG, Exercise Group; CG, Control Group; Mean Diff, Mean Difference; H/Q FI, Hamstring/Quadriceps ratio Fatigue Index.

근을 강화시키고 H/Q ratio를 개선시키기 위한 운동 동작들로 구성하여 8주간 주 2회 1RM의 60%-80%로 넙다리뒤근 웨이트 트레이닝을 실시한 결과 60°/sec 오른쪽과 왼쪽 모두 굽힘근의 최대회전력이 유의하게 향상되고 H/Q ratio에서도 긍정적인 변화가 나타났다. 이와 관련된 연구로서 Yoon & Kim [22]은 성인 남성 8명을 대상으로 12주간 주 6회, 1회 90분으로 구성하고, 다리 운동은 주 2회 5-10RM의 고강도로 펌근과 굽힘근 모두 자극할 수 있는 운동으로 구성하여 5세트씩 실시한 결과 60°/sec에서 펌근 최대회전력은 28%, 굽힘근 최대회전력은 52%가

유의하게 향상되는 결과를 보였다. 고강도로 실시한 웨이트 트레이닝이 굽힘근에 더 강한 자극을 가져오고 근력이 증진되어 H/Q ratio의 개선을 가져올 수 있었던 것으로 여겨진다.

아마추어 축구선수 11명을 대상으로 8주간 노르딕 넙다리뒤근 운동 동작을 집중적으로 실시하여 H/Q ratio의 유의한 향상을 보인 연구도 있다[14]. 본 연구와 동일하게 8주라는 다소 짧은 훈련기간에도 H/Q ratio에 유의한 향상을 보인 것은 한 동작으로 구성하였지만 넙다리뒤근의 신장성 수축을 통해 최대로 강화될 수 있도록 정확한 동작과

신장성 수축 단계에서 보조자의 도움으로 최대의 부하를 받도록 한 것이 긍정적인 결과를 가져올 수 있었던 것으로 사료된다. 넙다리뒤근의 신장성 수축에 대한 효과는 다른 연구에서도 확인이 되었다. Raus et al. [23]은 20대 초반의 남성 40명을 넙다리네갈래근 단축성 수축과 넙다리뒤근 단축성 수축(CON/CON, n=10), 넙다리네갈래근 신장성 수축과 넙다리뒤근 신장성 수축(ECC/ECC, n=10), 넙다리네갈래근 단축성 수축과 넙다리뒤근 신장성 수축(CON/ECC, n=10)으로 집단을 나누어 6주동안 매주 각속도를 달리하여 등속성 저항 운동 결과 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근의 신장성 수축(ECC/ECC) 운동집단이 H/Q ratio가 증가하여 부상 예방이나 재활에 가장 효과적인 훈련 방법이라고 제안하였다.

본 연구에서도 선행연구와 동일한 노르딕 넙다리뒤근 운동 형태도 운동프로그램에 포함시켰지만 지루함을 없애기 위해 다양한 동작들로 구성하여 실시하다 보니 동작마다 넙다리뒤근을 강화시키기 위한 신장성 수축을 보다 더 집중하지 못한 부분이 있을 것으로 사료된다. 또한 넙다리뒤근을 중점적으로 강화시키기 위한 동작들로 구성하였으나 넙다리네갈래근도 동시에 자극이 되면서 강화되었을 것으로 여겨진다. 따라서 H/Q ratio를 효과적으로 개선시키기 위해서는 넙다리뒤근의 신장성 수축을 집중할 수 있도록 운동전문가의 지도하에 정확한 자세와 동작을 실시하여 넙다리뒤근에 집중하도록 하는 것이 매우 중요할 것으로 생각된다.

2. H/Q FI 차이율

넙다리뒤근의 최대회전력이 감소하여 H/Q ratio가 50% 이하가 되면 다리의 주동근과 길항근의 불균형을 야기시키고 넙다리뒤근에 피로 지수가 높아져 부상에 더 취약할 수 있다[12]. 넙다리뒤근 부상의 47%는 피로와 직접적인 관련이 있으며, 특히 운동수행이나 스포츠 활동의 마지막에 부상 위험률이 증가한다[24]. 본 연구에서도 다리 근력의 피로 지수를 살펴보고자 180°/sec에서 50번 측정된 후에 초기 최대회전력과 최종 최대회전력의 값을 공식으로 환산하여 나온 H/Q FI 값을 확인하였다. H/Q FI의 사전 측정에서는 두 집단 모두 초기와 비교하여 최종의 최대회전력이 현저하게 낮아지는 경향을 보였으나 8주간의 웨이트 트레이닝 후 운동군은 사전 측정에 비해 최종 최대회전력의 값이 높아진 것에 따라 H/Q FI가 개선되는 경향을 보였다. 이는 8주간 실시한 웨이트 트레이닝을 통해 신경근의 활동을 유지해가는 능력이 개선되어 근피로를 유발시키는 등속성 근기능 측정에 대해 어느 정도 저항 능력이 생긴 것으로 사료된다. 이에 비해 대조군은 다리 근력 활동을 제한하여 사후 검사에서 최대회전력과 H/Q FI가 사전 검사보다 더 낮아진 것으로 나타났다. Pinto et al. [12]은 피로하지 않은 상태에서 측정하는 H/Q ratio 보다는 피로를 축적한 상태에서 보는 것이 부상의 예측지표로 더 중요한 지표라 판단하여 실험을 진행하였다. 축구선수를

대상으로 30번을 반복하는 등속성 최대회전력 검사를 실시하여 피로를 유발시켰는데 여섯 번째부터 최대회전력이 떨어지기 시작하면서 지속적인 감소를 보였다. 굽힘근의 최대회전력이 상대적으로 더 큰 감소를 보여 H/Q ratio가 낮아진 반면 H/Q FI에서는 다른 양상을 보였으며 H/Q ratio와의 상관성도 낮게 나타나 근기능에서 H/Q FI를 주목할 필요가 있다고 주장하였다. H/Q FI가 넙다리뒤근에서 더욱 현저하게 떨어지는 것은 넙다리뒤근의 부상과 앞십자인대 손상 위험을 높일 수 있다는 유용한 정보와 잠재적인 예측인자로서 가치가 있을 것으로 보인다. Chen et al. [25]은 넙다리뒤근은 속근섬유 비율이 상당히 높은데 일상생활에서 속근섬유는 잘 사용되지 않기 때문에 근피로나 근손상에 더욱 쉽게 노출된다는 것이다. 축구경기에서 넙다리뒤근의 부상은 피로가 쌓인 마지막 15분에 가장 높게 나타났으며, 앞십자인대 손상 마커로 무릎 안정성에 대한 생체역학과 감각 기능의 변화를 가져온다고 하였다[26,27]. Sangnier & Chollet [28]도 피로 상태를 평가하기 위하여 넙다리뒤근의 근력을 정기적으로 검사해야 하며, 과부하 트레이닝을 예방하기 위한 최선의 치료법은 피로를 관찰하는 것이라 하였다. 운동선수의 피로 상태를 정기적으로 관찰하여 부상 후 선수 복귀 시점을 결정할 때 의미 있는 자료를 제공할 것으로 여겨진다.

국외에서 H/Q FI에 대한 지속적인 연구가 진행되어 온 것에 비하여 국내에서는 연구가 매우 미흡한 실정으로 본 연구에서 넙다리뒤근 웨이트 트레이닝이 H/Q FI에 유의한 향상을 가져오지는 못했으나 국내에서 처음 시도했다는 것이 매우 의미 있다고 할 수 있다. H/Q ratio와 다른 측면에서 무릎관절에서 발생할 수 있는 부상을 예측하고 신경근의 작용을 살펴볼 수 있는 지표로서 추후에는 다양한 대상과 운동 구성을 달리하여 시도해 볼 가치가 있을 것으로 판단한다.

결론

본 연구는 체육을 전공하는 남자 대학생에게 8주간 넙다리뒤근을 증진시키기 위한 웨이트 트레이닝을 실시하여 무릎관절의 H/Q ratio와 H/Q FI의 개선 효과를 살펴보고자 하였다. 연구 결과, 넙다리뒤근 웨이트 트레이닝 후 각속도 60°/sec 굽힘근에서의 최대회전력의 유의한 향상을 가져왔으며, H/Q ratio와 H/Q FI는 유의한 변화를 보이지는 않았으나 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 운동선수의 수행력을 높이고 스포츠 활동함에 있어 중요한 기능을 하는 다리 무릎관절의 안정성과 부상을 예방하기 위하여 H/Q ratio가 정상범위 안에 들 수 있도록 넙다리뒤근을 강화시키는 웨이트 트레이닝이 강조되어야 할 것이며, 근피로나 근경련까지 고려하는 H/Q FI에 대한 보다 많은 연구와 개선 효과를 위한 운동프로그램이 지속적으로 발전되어야 할 것이다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: HJ Kang; Data curation: SR Kim; Writing-original draft: SR Kim; Writing-review & editing: HJ Kang.

ORCID

Hyun-Joo Kang <https://orcid.org/0000-0001-9810-4040>
Seung-Ri Kim <https://orcid.org/0000-0002-4152-0294>

REFERENCES

1. Park JY. Science plus sports science: athlete's sports injury and application of rehabilitation. *KISS*. 2016;134(0):36-43.
2. Kim SP. Isokinetic study of knee and waist joint according to exercise experience of floorball athlete [thesis]. Dankook University 2018.
3. Martini FH, Timmons MJ, Tallitsch RB. *HUMAN ANATOMY*. 8th ed., Hanmi Medical Publishing Co. 2017;170.
4. Floyd RT. *Manual of structural kinesiology*. 18th ed., Hanmi Medical Publishing Co. 2012;315-7.
5. Kwon HT, Kim KH. Effects of energy system contribution on isokinetic muscle strength in various sport events athletes. *JKAIS*. 2018; 19(10):272-9.
6. Lee SJ. The effect of plyometric training and weight training on the physical fitness and lower limb functions for modern dancers [thesis]. Keimyung University 2009.
7. Ashker SE, Carson BP, Ayala F, Croix MDS. Sex-related differences in joint-angle-specific functional hamstring-to-quadriceps strength ratios. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25:949-57.
8. Islam MS, De A. Functional hamstring to quadriceps strength ratio (H:Q) and hamstrings injury of soccer players: a qualitative analysis. *Orthop & Spo Med Op Acc J*. 2018;2(2):126-32.
9. Ruas CV, Pinto RS, Haff GG, Lima CD, Pinto MD, et al. Alternative methods of determining hamstrings-to-quadriceps ratios: a comprehensive review. *Sports Med*. 2019;5(11). doi:10.1186/s40798-019-0185-0
10. Kim DJ, Ahn BK, Yoon H, Kim SH. Effects of plyometric training on cardio-respiratory fitness, isokinetic leg strength, power, agility, and blood fatigue materials in high school judo players. *J Korean Alliance Martial Arts*. 2011;13(2):235-47.
11. Costa PB, Ruas CV, Smith CM. Effects of stretching and fatigue on peak torque, muscle imbalance, and stability. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(7-8):957-65.
12. Pinto MD, Blazeovich AJ, Andersen LL, Homens PM, 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*. 2017;00:1-12.
13. Jung MK. The influences of intensity ratio of weight training on H/Q ratio and differences left and right muscular function [thesis]. Korea University 2011.
14. Aktug ZB, Yilmaz AK, Ibis S, Aka H, Akarcesme C, et al. The effect of 8-week nordic hamstring exercise on hamstring quadriceps ratio and hamstring muscle strength. *Sciedu Press*. 2018;8(3):162-9.
15. O'Connor B, Simmons J, O'Shea P. *Weight training today*. St Paul: West Publisher 1989.
16. Kim MS, Kim SH, Min BN, Kim JH, Bang HS. The effect of weekly short duration exercise in weight training on isokinetic muscular function in modern dancers. *Official Journal of Korean Society of Dance Science*. 2018;35(3):1-11.
17. Moon SH, Kwon BA. A comparative study on knee joint muscle function according to resistance exercise program for adult men. *Sport Science*. 2017;34(2):141-53.
18. Lim WG, Lim SK. Conventional and functional ratios for isokinetic Hamstring: quadriceps muscle strength. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2009;38:845-54.
19. Yoo DH. Correlation between isokinetic peak torque and anaerobic ability in middle school soccer players. *Exerc Sci*. 2016;25(2):120-6.
20. Yoon JR, Park YM. Applied case study on evaluations and diagnosis of isokinetic muscle function in elite college golfers. *The Korean Journal of Physical Education*. 2008;47(6):683-96.
21. Kang SJ, Kim YS, Yoon JR. Analysis and diagnosis of knee isokinetic function in modern pentathlon college athletes. *Sports Science*. 2017; 35(1):29-40.
22. Yoon JK, Kim CK. Effects of 12-week high-intensity resistance training on blood Irisin level and muscular function in healthy males. *Exerc Sci*. 2014;23(4):357-64.

23. Ruas CV, Pinto RS, Haff GG, Lima CD, Brown LE. Effects of different combinations of concentric and eccentric resistance training programs on traditional and alternative hamstrings-to-quadriceps ratios. 2019;7(10):221; doi:10.3390/sports7100221.
24. Brasileiro JS, Macedo LDB, Oliveira AKAD, Lins CADA. Torque, power and fatigue ratio in knee flexors and extensors of soccer players. *Rev Bras Med Esporte*. 2018;24(2):117-20.
25. Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(2):211-23.
26. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. The football association medical research programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*. 2004;38(1):36-41.
27. Melnyk M, Gollhofer A. Submaximal fatigue of the hamstrings impairs specific reflex components and knee stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007;15(5):525-32.
28. Sangnier S, Chollet CT. Study of the fatigue curve in quadriceps and hamstrings of soccer players during isokinetic endurance testing. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008;22(5):1458-67.