

엘리트 운동선수의 무릎관절 등속성 굽힘-뺨 근력과 근력비율

신 창 호

광주대학교 예체능대학 스포츠레저학부

간추림 : 본 연구의 목적은 무릎관절 손상이 없는 다양한 종목의 엘리트 선수들의 넵다리네갈래근의 근력과 넵다리뒤근육의 근력을 분석하여 목표가 될 수 있는 기준과 앞잡자인대 손상 예방에 도움이 될 수 있는 굽힘근력/뺨근력 비율의 적절한 범위를 명확히 제시하는 것이다.

본 연구의 피험자는 국내에서 활동 중인 엘리트 운동선수들 중 무릎관절에 의학적 문제가 없는 104명을 대상으로 하였다. 무릎관절의 뺨근력과 굽힘근력 그리고 굽힘근력/뺨근력 비율은 등속성 장비인 Cybex 770 Model을 이용하여 주축 다리의 무릎관절 굽힘/뺨 검사를 60°/s에서 3회를 실시하였다. 통계처리는 운동 종목별에 따른 무릎관절의 뺨근력과 굽힘근력 그리고 굽힘근력/뺨근력 비율의 차이를 분석하기 위해 One Way ANOVA를 이용하였으며, 사후 검증은 Scheffe 방법을 이용하였다. 통계적 검증을 위한 유의 수준은 $p < .05$ 로 하였다.

무릎관절 뺨근력 절대치의 동성간 차이는 없었으나, 남자 종목 선수들이 여자 종목 선수들보다 유의하게 높았다 ($p < .05$). 무릎관절 뺨근력 상대치는 남자 프로 배구선수를 제외한 남자 프로 농구, 야구, 축구 선수들이 여자 선수들에 비해 유의하게 높았다 ($p < .05$). 무릎관절 굽힘근력 절대치의 동성간 차이는 없었으나, 남자 종목 선수들이 여자 종목 선수들보다 유의하게 높았다 ($p < .05$). 무릎관절 굽힘근력 상대치는 남자 프로 농구, 야구, 축구선수들이 여자 선수들보다 유의하게 높았다 ($p < .05$). 그러나 남자 프로 농구, 야구, 축구선수들과 여자 선수들 간에는 유의한 차이가 없었다. 무릎관절 굽힘근력/뺨근력 비율은 모든 집단간의 유의한 차이가 없었으며, 약 54~64%의 비율을 가지고 있었다.

우리나라의 남자 프로 농구, 축구, 배구, 야구 선수 간의 무릎관절 뺨근력과 굽힘근력의 차이는 없으며, 여자 프로 선수들의 근력은 남자 선수들의 근력에 비해 현저히 낮은 수준에 있다. 그리고 등속성 장비를 이용하여 60°/s에서 굽힘근력/뺨근력 비율을 측정했을 때, 남자 프로 농구, 축구, 배구, 야구 선수와 여자 프로 농구, 야구 선수 간의 차이는 없으며, 굽힘근력/뺨근력 비율은 약 60% 전·후가 권장된다. 그러나 굽힘근력/뺨근력 비율만이 여자 운동선수의 앞잡자인대 손상에 관련된 것이 아니라 많은 요인들이 작용하고 있다.

(2008년 10월 13일 접수, 2008년 11월 21일 게재승인)

찾아보기 낱말 : 엘리트 운동선수, 등속성 근력, 굽힘근력/뺨근력 비율, 앞잡자인대

서 론

등속성 운동에 대한 개념은 James Perrin에 의해 개발되었으며, Hislop과 Perrine (1967), Thistle 등

(1967)에 의해 과학적 문헌에 처음으로 소개된 이후 일반인과 운동선수들의 근력과 근지구력의 평가, 트레이닝, 그리고 재활 등에 관한 연구 분야에서 폭 넓게 사용되어 왔다. 등속성 검사를 이용한 근력의 평가는 신체의 여러 관절에서 토크(torque) 값을 측정하여 사용될 수 있지만, 무릎관절이 가장 흔히 사용되고 있다(Rosene 등 2001).

엘리트 운동선수들에게 다리의 근력은 모든 스포

*이 논문은 2008학년도 광주대학교 대학연구비의 지원을 받아 수행되었음.

교신저자: 신창호(광주대학교 예체능대학 스포츠레저학부)

전자우편: chshin@gwangju.ac.kr

츠 종목의 경기력에 직·간접적으로 영향을 주는 체력요인으로, 경기력 평가 시 지표로 활용하고 있다. 이는 다리 근육이 신체의 가장 큰 근육군으로 형성되어 있고, 신체 부위에서 가장 파워 있는 근력을 발휘하기 때문이다(Pauletto 1991). 따라서 많은 선수들은 경기력 향상을 위하여 근 기능의 향상에 많은 노력을 하고 있으며, 근 기능을 향상시키기 위한 운동 중 다리 강화훈련에 많은 시간을 할애하고 있다.

이와 같은 이유로 엘리트 운동선수들을 대상으로 한 등속성 검사는 선수 트레이너, 코치, 그리고 선수들의 주요 관심사 중의 하나이다. 등속성 다리 근력 검사에서는 좌우의 다리 근력에 대한 검사가 함께 수행되며, 근력의 제시와 함께 좌·우의 근력 불균형이 제시되어져 왔다. 그러나 국내의 대부분의 연구들은 주어진 각속도에서 최대 근력(peak torque)과 상대 근력(peak torque % body weight)만을 주로 제시하고 있으며, 무릎관절의 근력 비율에 대한 의미 있는 평가와 해석의 시도는 몇몇 연구(Kim 2003, Kang 2005, Jung 2006)에 지나지 않는다.

등속성 근력 검사는 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근 근육의 근력을 평가하기 위해 사용될 수 있으며, 그 결과로서 넙다리뒤근/넙다리네갈래근 근력 비율(hamstrings/quadriceps strength ratio: 이하 H:Q 비율)을 제시하기 위해 사용될 수도 있다(Grace 등 1984). H:Q 비율은 넙다리뒤근육과 넙다리네갈래근 간의 유사성, 무릎의 기능적 능력 그리고 근력 균형을 평가하기 위해 사용되어져 왔다(Holmes과 Alderink 1984, Aagaard 등 1995, Li 등 1996). H:Q 비율은 전통적으로 단축성 H:Q로 표현되어 왔으며, H:Q 비율은 등속성 근력검사의 속도와 검사 자세에 따라 변하게 되며, 손상 받기 쉬운 소인(predisposition)을 반영할 수도 있기(Bennell 등 1988) 때문에 앞십자인대(anterior cruciate ligament) 손상의 가능성이 높은 사람을 선별하기 위한 운동처방과 선수 트레이닝 분야에서 활용될 수 있는 유용한 정보이다. 외국에서는 건강한 무릎을 가진 엘리트 운동선수들을 대상으로 한 H:Q 비율에 관한 연구들이(Bennell 등 1988, Read과 Bellamy 1990, Zakas 등 1995, Aagaard 등

1997, Gur 등 1999) 이미 오래 전부터 진행되어 왔다. 그러나 국내의 대부분의 연구에서 H:Q 비율에 대한 연구는 매우 적으며, 등속성 결과의 해석 시에도 간과되고 있다. Kim(2003)은 축구선수를 대상으로 한 H:Q 비율에 관한 보고를 하였으며, Kang(2005)와 Jung(2006)은 태권도 선수들을 대상으로 한 연구 결과를 보고하였다. 이러한 연구들에서 피험자들은 모두 남성만으로 이루어져 있으며, 운동종목도 특정 종목으로 제한되어 있다. 그러나 앞십자인대 손상의 위험은 동일 종목의 남자선수들에 비해 여자 선수들이 3~8배 높기 때문에(Malone 등 1993, Messina 등 1999, Giza 등 2005, Prodromos 등 2007), H:Q 비율에 관련된 연구는 여자 운동선수를 포함하는 것이 필수적이라고 할 수 있다. 특히 앞십자인대 손상의 위험이 높은 농구와 같은 종목의 여자선수들에 대한 연구가 필요할 것이다.

넙다리뒤근육의 근력 강화는 앞십자인대 결손이 있는 무릎의 기능적 능력을 증가시킨다(Galway과 Macintosh 1980, Vegso 등 1985, Highgenboten 등 1998). 앞십자인대 손상을 입은 운동선수들의 재활에 있어서 넙다리뒤근육의 강화는 필수적이지만, 적절한 넙다리네갈래근과의 근력 비율을 이루어야 한다. 무릎관절 손상이 있는 사람의 재활에서 H:Q 비율은 전체적인 무릎관절 안정화에서 굽힘근력-펼근력 균형의 중요성 때문에 흔히 재활의 목표로 사용되어 진다(Holm 등 1994). 그러나 어느 정도의 H:Q 비율이 권장되는지에 관해서는 명확하지 않다.

따라서 본 연구는 여자 운동선수를 포함한 다양한 종목의 무릎관절 손상이 없는 엘리트 선수들의 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근의 근력을 분석하여 목표가 될 수 있는 기준과 앞십자인대 손상 예방에 도움이 될 수 있는 H:Q 비율의 적절한 범위를 명확히 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 피험자는 국내에서 활동 중인 엘리트

Table 1. Physical characteristics of subjects

Sports	Sex	Number	Age (yrs.)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
Pro-basketball	Male	20	25.1±3.78	188.4±6.63	88.5±9.69	24.9±2.29
	Female	11	23.7±3.16	177.8±7.70	71.1±7.78	22.5±2.12
Pro-volleyball	Male	17	26.1±1.67	193.2±7.50	88.5±10.29	24.7±1.57
Pro-baseball	Male	27	23.6±3.74	180.8±4.46	82.5±6.17	25.2±1.47
Pro-soccer	Male	10	21.6±1.57	182.6±4.81	74.4±5.00	22.3±0.82
Semipro hockey	Female	19	22.4±2.87	164.6±2.99	65.2±6.28	24.0±2.17

Value are Mean±SD

Table 2. Results of one way ANOVA on extension peak torque of the knee joint

Sports	Mean (Nm)	SD	df	F	p	Post Hoc
Male pro-basketball ^a	268.1	39.22	Between group=5	24.323	.000	a, b, c, d>e, f
Male pro-volleyball ^b	247.9	65.66				
Male pro-baseball ^c	259.0	34.58				
Male pro-soccer ^d	241.7	44.18				
Female pro-basketball ^e	169.8	17.47	Within group=98			
Female semipro hockey ^f	159.0	19.01				
Total	229.6	58.34	Total=103			

운동선수들을 대상으로 하였으며, 외국인 용병과 무릎관절에 의학적 문제가 있는 선수는 제외하였다. 엘리트 운동선수로는 4종목의 남자 프로 선수와 2종목의 여자 프로와 실업 선수들로, 남자 프로 농구 선수 20명, 남자 프로 배구선수 17명, 남자 프로 야구선수 27명, 남자 프로 축구선수 10명, 여자 프로 농구선수 11명, 그리고 여자 실업 하키 선수 19명으로 총 104명으로 구성되었다. 피험자의 구체적인 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험방법

등속성 근력 검사 전에 검사방법을 충분히 설명하여 피험자가 검사에 대해 최고의 능력을 발휘할 수 있도록 하였다. 등속성 근력 측정은 Cybex 770 Model (Division of Lumex, Inc, N.Y., U.S.A.)을 이용하였으며, 주축 다리의 무릎 굽힘/펴기 검사를 60°/s에서 3회를 실시하였다. 검사 시 정확한 측정을 위하여 근력계(dynamometer)의 회전축과 무릎관절의 운동축이 되는 넙다리뼈 가쪽관절 융기(lateral condyle)가 일치선이 되도록 하였으며, 검사 전에 최대 노력의 50%, 75%, 100%에서 각각 1회씩, 총 3회의

연습을 실시하고 1분간 휴식을 취한 후 검사하였다. 검사 중에는 피험자가 최대근력을 발휘하도록 청각적 격려를 하였다.

3. 자료처리

본 연구의 자료처리를 위한 통계 프로그램으로는 WINDOW용 SPSS /PC 11.5를 이용하였다. 통계처리는 운동 종목별에 따른 무릎관절의 폼근력과 굽힘 근력 그리고 H:Q 비율의 차이를 분석하기 위해 One Way ANOVA를 이용하였다. 사후 검증은 Scheffe 방법을 이용하였으며, 유의 수준은 $p < .05$ 로 하였다.

결 과

1. 무릎관절 폼근력의 절대치(peak torque)

무릎관절 폼근력 절대치에 있어서는 Table 2에서 보는 바와 같이 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 사후검증 결과, 무릎관절 폼근력 절대치의 동성 간 차이는 없었으나, 남자 종목 선수들이 여자 종목 선수들보다 유의하게 높았다($p < .05$).

Table 3. Results of one way ANOVA on extension peak torque % body weight of the knee joint

Sports	Mean(%)	SD	df	F	p	Post Hoc
Male pro-basketball ^a	303.7	31.05	Between group=5 Within group=98	10.578	.000	a, c, d > e, f
Male pro-volleyball ^b	287.1	58.93				
Male pro-baseball ^c	311.1	43.83				
Male pro-soccer ^d	326.1	46.73				
Female pro-basketball ^e	239.6	18.50				
Female semipro hockey ^f	251.3	24.38				
Total	288.7	48.54	Total=103			

Table 4. Results of one way ANOVA on flexion peak torque of the knee joint

Sports	Mean(Nm)	SD	df	F	p	Post Hoc
Male pro-basketball ^a	163.5	25.11	Between group=5 Within group=98	28.595	.000	a, b, c, d > e, f
Male pro-volleyball ^b	142.2	28.73				
Male pro-baseball ^c	145.2	23.89				
Male pro-soccer ^d	138.4	21.83				
Female pro-basketball ^e	108.0	22.97				
Female semipro hockey ^f	85.8	14.79				
Total	132.8	34.67	Total=103			

Table 5. Results of one way ANOVA on flexion peak torque % body weight of the knee joint

Sports	Mean(%)	SD	df	F	p	Post Hoc
Male pro-basketball ^a	185.4	21.74	Between group=5 Within group=98	10.922	.000	a, c, d > e, f a, d > e c > f
Male pro-volleyball ^b	160.2	20.53				
Male pro-baseball ^c	174.4	29.71				
Male pro-soccer ^d	187.1	24.59				
Female pro-basketball ^e	119.3	63.23				
Female semipro hockey ^f	137.2	23.04				
Total	166.3	29.54	Total=103			

2. 무릎관절 펌근력의 상대치 (peak torque % body weight)

무릎관절 펌근력 상대치에 있어서는 Table 3에서 보는 바와 같이 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 사후검증 결과, 무릎관절 펌근력 상대치는 남자 프로 배구선수를 제외한 남자 프로 농구, 야구, 축구 선수들이 여자 선수들에 비해 유의하게 높았다($p < .05$).

3. 무릎관절 굽힘근력의 절대치 (peak torque)

무릎관절 굽힘근력 절대치에 있어서는 Table 4에서 보는 바와 같이 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

사후검증 결과, 무릎관절 굽힘근력 절대치의 동성 간 차이는 없었으나, 남자 종목 선수들이 여자 종목 선수들보다 유의하게 높았다($p < .05$).

4. 무릎관절 굽힘근력의 상대치 (peak torque % body weight)

무릎관절 굽힘근력 상대치에 있어서는 Table 5에서 보는 바와 같이 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 사후검증 결과, 무릎관절 굽힘근력 상대치는 남자 프로 농구, 야구, 축구선수들이 여자 선수들보다 유의하게 높았으며($p < .05$), 그러나 남자 배구선수와 여자 선수들 간에는 유의한 차이가 없었다.

Table 6. Results of one way ANOVA on flexion to extension peak torque ratio of the knee joint

Sports	Mean(%)	SD	df	F	p
Male pro-basketball	61.3	7.02	Between group=5	1.755	.129
Male pro-volleyball	61.1	22.23			
Male pro-baseball	56.3	7.91			
Male pro-soccer	57.7	6.26			
Female pro-basketball	63.8	7.94			
Female semipro hockey	54.0	6.88	Within group=98		
Total	58.6	11.41	Total=103		

**5. 무릎관절 굽힘근력/펴기근력 비율
(hamstring/quadriceps strength ratios)**

무릎관절 굽힘근력/펴기근력 비율에 있어서는 Table 6과 같이 모든 집단 간의 유의한 차이가 없었으며, 54.0~63.8%의 비율을 가지고 있었다.

고 찰

주측의 무릎관절 펴기근력 절대치(peak torque)를 60°/s에서 측정했을 때, Kim (2003)은 프로 축구선수들을 대상으로 한 연구에서 226 Nm라고 보고하였으며, Lim 등(2000)은 남자 프로 농구선수들을 대상으로 한 연구에서 258 Nm였다고 보고하였다. 본 연구에서는 남·여 각각 241~268.2 Nm, 159~169 Nm였다. 이러한 연구결과는 본 연구의 결과의 Table 2에 제시된 남자 선수들의 근력 수준과 큰 표준편차를 동시에 고려해 할 때 비슷한 결과라고 할 수 있다.

주측의 무릎관절 펴기근력 상대치(peak torque % body weight)를 60°/s에서 측정했을 때, Kim (2003)은 프로 축구선수들을 대상으로 한 연구에서 302%라고 보고하였으며, Lim 등(2000)은 남자 프로 농구선수들을 대상으로 한 연구에서 292%였다고 보고하였다. 본 연구에서는 남·여 각각 287~326%, 239~251%였다.

주측의 무릎관절 굽힘근력을 절대치(peak torque)를 60°/s에서 측정했을 때, Kim (2003)은 프로 축구선수들을 대상으로 한 연구에서 126 Nm였다고 보고하였다. Lim 등(2000)은 프로 농구선수들을 대상

으로 한 연구에서 156.0 Nm였다고 보고하였다. 본 연구에서는 남·여 각각 138~163 Nm, 85~108 Nm였다.

주측의 무릎관절 굽힘근력 상대치를 60°/s에서 측정했을 때, Kim (2003)은 프로 축구선수들을 대상으로 한 연구에서 169%였다고 보고하였다. Lim 등(2000)은 프로 농구선수들을 대상으로 한 연구에서 176%였다고 보고하였다. 본 연구에서는 남·여 각각 160~187%, 119~137%였다.

이와 같이 무릎관절 펴기근력과 굽힘근력 모두에서 선행연구 결과와 남자선수들이 비슷한 결과를 보이는 것은 피험자들이 참여하는 종목이 프로 스포츠로 경쟁이 심하기 때문에 체력 훈련에 비슷한 수준으로 노력을 하기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 생각들은 무릎관절 펴기근력과 굽힘근력의 절대치와 상대치 모두에서 종목별 남자 선수 간의 유의한 차이가 없었던 점을 볼 때 더욱 명확하다 할 수 있다. 그러나 여자 선수들에 있어서는 현저히 낮은 무릎관절 펴기근력과 굽힘근력을 보이는 것은 남·여의 성차에 기인한 것으로 생각된다.

넙다리뒤근육의 약화가 앞십자인대 손상에 유일한 요인으로 작용하는 것은 아니지만, 넙다리뒤근육이 무릎관절의 안정성의 증가에 기여하고 있다. 무릎관절의 증가된 안정성은 정강뼈 앞가쪽 부분탈구(anterolateral subluxation)의 가능성을 감소시킬 수도 있다(Li 등 1996). 이러한 이유로 여러 연구자(Kannus 1988, Harter 등 1990, Kramer 등 1993)들이 앞십자인대 손상이 있는 환자의 무릎에서 H:Q 비율을 연구하여 왔다.

본 연구에서는 종목별 H:Q 비율에 차이는 없었

다. 선행연구에서 Rosene 등(2001)은 대학 남녀 배구, 축구, 농구 그리고 여자 소프트 볼 선수들을 대상으로 한 연구에서 종목별 H:Q 비율의 차이가 없었다고 보고하였다. Zakas 등(1995)은 60°/s와 180°/s에서 농구와 축구 선수 간에 H:Q 비율에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구 결과와 일치되는 결과이다.

그러나 본 연구와 상이한 연구결과도 보고되었다. Read와 Bellamy(1990)은 테니스, 스쿼시, 그리고 트랙 선수들 간에 H:Q 비율에 차이가 있었다고 보고하였으며, 이러한 차이는 각각의 운동 동안에 트래킹 적응에 의해 획득되었다고 하였다. 이와 같은 결과의 차이는 Read와 Bellamy(1990)의 연구에서는 90, 180, 240, 그리고 300°/s의 각속도에서 검사를 수행한 반면에, 본 연구에서는 60°/s에서 검사를 하였다. 검사의 속도가 결과에 영향을 주었던 것으로 생각되며, 본 연구는 농구, 배구, 축구, 야구 그리고 하키 종목은 경기 중 달리기, 점프, 컷팅(cutting), 감속, 그리고 가속 동작으로 이루어지는 비슷한 움직임을 경기에서 요구하기 때문인 것으로 생각된다.

Hewett 등(2008)은 남자의 경우 저속과 고속에서의 H:Q 비율이 차이를 보이지만, 여자의 경우 저속과 고속에서의 H:Q 비율이 차이가 없었다고 보고하였다. 그리고 남성과 여성 간의 H:Q 비율은 저속에서는 차이가 없지만, 고속에서는 차이를 보인다고 보고하였다. 비록 이러한 움직임이 개방 사슬 운동(open kinetic chain exercise)에서 측정된 것이지만, 이러한 차이는 여성 운동선수에 있어서 앞십자인대 손상이 높게 발생하는 원인으로 작용될 수 있다. 이와 같은 주장을 뒷받침해주는 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. Knapik 등(1991)은 고속의 등속성 검사에서 낮은 H:Q 비율을 가지고 있는 대학 여자 운동선수의 앞십자인대 손상 발생의 위험이 높다는 것을 보고하였다. Hewett 등(2004, 2005)은 남·여에 있어서 H:Q 비율의 고속에서의 차이는 스포츠 활동 동안 여성의 무릎관절 동적 조절에 감소된 능력과 관련되어 있을 수 있다고 하였다. Baratta 등(1988)은 무릎관절의 안정성 평가에서 길항근을 검사하였는데, 규칙적으로 운동하지 않은 사람들은 무

릎관절 펌과 굽힘의 움직임을 통해서 넙다리뒤근육을 규칙적으로 운동한 사람과 건강한 사람들 보다 넙다리뒤근육의 활성화(activation)가 감소되어 있었다고 보고하였다. 길항근의 상호활성화 억제(extension)을 하는 동안 증가된 회전력(torque)과 효율성을 증가시키고, 매우 발달된 넙다리네갈래근은 길항근인 넙다리뒤근육의 감소된 상호활성화에 기여하게 됨으로써 앞십자인대 손상의 가능성을 증가시키게 된다고 하였다. 즉, 무릎관절이 펌 동안 길항근인 넙다리뒤근육이 감소된 상호활성화(coactivation)는 앞십자인대 손상의 소인일 수 있다고 하였다. 이러한 결과들은 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근육 모두의 근력강화와 H:Q 비율의 증가가 정강뼈의 전·외측 아탈구를 최소화 시킬 수 있기 때문인 것으로 추측된다(Kannus 1988). 그리고 앞십자인대 결손이 있는 무릎에서, 넙다리뒤근육의 우세는 정상적인 앞십자인대에 협동근으로서 작용함으로써 안정화에 도움이 될 수 있다. 이러한 안정화는 빠른 속도의 활동 동안에 특히 중요하다. 왜냐하면 움직임의 속도가 증가될 때 보상은 감소되는 반면에, 저속에서의 안정성은 잘 보상되어지기 때문이다(Rosene 등 2001). 그런데 앞십자인대 손상의 위험이 높은 스포츠 활동들은 대부분 빠른 속도의 움직임들이다. 따라서 여자 운동선수들에 있어서 H:Q 비율은 매우 의미 있는 자료이며, 관찰되어야 할 요인 중의 하나이다. 왜냐하면 여자 운동선수들이 남자 운동선수들에 비해 현저히 많은 앞십자인대 손상이 발생하기 때문이다. 남·여 운동선수의 앞십자인대 손상 발생률의 차이에 관한 연구결과들을 보면, 동일 종목의 남자 선수들 보다 여자 대학 농구선수가 6~8배(Malone 등 1993), 여자 고등학교 농구선수가 3.79배(Messina 등 1999), 그리고 여자 축구선수가 4배(Giza 등 2005) 앞십자인대 손상 위험이 높다고 보고하였다. Prodromos 등(2007)은 메타 분석을 통해 여자 축구선수와 여자 농구선수가 3배 많은 앞십자인대 손상이 발생된다고 보고하였다.

본 연구에서는 종목별 H:Q 비율이 약 54~64% 사이로 나타났다. 선행연구에서 Zakas 등(1995)은 60°/s에서 남녀 축구선수의 오른쪽 H:Q 비율은 각

각 50%, 52%, 남녀 배구선수의 오른쪽 H:Q 비율은 각각 50%, 50%, 여자 농구선수의 오른쪽 H:Q 비율은 55%, 그리고 여자 소프트볼 선수의 오른쪽 H:Q 비율은 46%였다고 보고하였다. Buchanan과 Vardaxist (2003)는 농구선수를 대상으로 한 연구에서 11~13세의 여자선수의 주축 H:Q 비율이 41%였으며, 15~17세는 51%, 11~13세의 남자선수는 47%, 15~17세의 남자선수는 43%였다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구 결과에서 제시한 약 54~64% H:Q 비율보다 다소 낮은 결과이다. 이러한 차이를 보이는 이유는 Rosene 등(2001)의 피험자들은 대학 운동선수를 대상으로 하였고, Buchanan과 Vardaxist (2003)는 11~17세의 어린 선수들을 대상으로 한 반면에, 본 연구에서는 프로 운동선수와 국가대표가 다수 포함된 실업팀을 대상으로 하였다. 따라서 어린 선수들과 대학 팀들 보다 높은 수준의 경쟁을 하며 강도 높은 트레이닝을 받았기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 본 연구에서는 등속성 근력 검사 시 손잡이를 잡고 수행하였다. 그러나 Buchanan과 Vardaxist (2003)의 연구에서는 손잡이 사용 유무가 언급되어 있지 않았다.

또 다른 선행연구에서 Kannus (1988)는 적절한 H:Q 비율을 50~80%로 폭 넓게 권고하였다. Orchard 등(1997)은 H:Q 비율이 적어도 61%는 되어야 한다고 하였고, Clanton과 Coupe (1998)은 넙다리뒤근육의 좌상(strain)을 예방하기 위해서는 50~65%가 요구된다고 하였으며, Dunnam 등(1988)은 대학 배구선수의 H:Q 비율이 60%일 때 앞십자인대 손상의 예방에 도움이 된다고 평가하였다. 이와 같은 연구결과와 넙다리뒤근육에 의한 무릎관절의 안정성 기여라는 측면을 고려하여 종합해 볼 때, 성인 남녀 운동선수의 앞십자인대 손상 예방을 위한 H:Q 비율은 최소 50% 이상은 되어야 할 것으로 생각되며, 약 60% 전·후가 권장된다고 생각된다. 그러나 굽힘근력/펴근력 비율만이 여자운동선수의 앞십자인대 손상에 관련된 것이 아니라 많은 요인들이 작용(Lim 2008)하고 있으므로, 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Aagaard 등(1998)은 신전성 H:Q로 측정하여 보

고하였다. 넙다리뒤근육의 신전성 근력과 넙다리네갈래근의 단축성 근력에 의한 H:Q 비율은 '기능적 H:Q 비율'이라 불리기도 한다. 이러한 움직임은 보행과 차기(kicking)와 같은 일상생활과 스포츠 수행에서 흔히 무릎관절을 펴는 동안 넙다리네갈래근의 단축성 수축과 넙다리뒤근육의 신전성 수축이 일어나기 때문에 보다 일상생활과 스포츠 활동에 가까운 움직임이라 할 수 있다. Kim (2003)은 프로 축구 선수들의 기능적 H:Q 비율이 70~130%라고 보고하였고, Aagaard 등(1995, 1998)과 Li 등(1996)은 권장되는 기능적 H:Q 비율은 1:1 또는 1.00이라고 하였으며, Li 등(1996)은 H:Q 기능적 비율이 1.00일 때, 앞십자인대 결손이 있는 무릎에서 정강뼈의 전방전위를 최소화하는 이점이 있다고 보고하였다.

Li 등(1996)은 H:Q 비율은 180°/s에서 30° 굽혔을 때 무릎관절의 기능적 점수의 증가와 가장 높은 상관관계를 가진다고 하였으며, 넙다리뒤근육의 모든 특성들은 무릎관절 기능적 점수와 유의한 상관관계가 있다고 하였다. 그러나 넙다리네갈래근의 근력은 무릎관절 기능적 점수와 유의한 상관관계를 보이지 않는다고 하였다. 이러한 결과 볼 때, 무릎관절 손상 환자, 특히 앞십자인대 손상을 입은 여자 운동선수들의 재활 운동 시 목표는 넙다리네갈래근 근력을 강화시키는 것 보다는 적절한 H:Q 비율을 획득하는데 초점을 맞추어야 한다(Rosene 등 2001)고 생각된다. 따라서 여자운동선수들의 넙다리뒤근육의 강화운동은 트레이닝 프로그램에 고려되어야 할 중요한 요인이다.

참 고 문 헌

- Aagaard P, Simonsen EB, Beyer N, Larsson B, Magnusson P, Kjaer M : Isokinetic muscle strength and capacity for muscular knee joint stabilization in elite sailors. *Int J Sports Med* 18: 521-525, 1997.
- Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen PA : New concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med* 26: 231-237, 1998.

- Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K : Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand* 154: 421-427, 1995.
- Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R : Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med* 16: 113-122, 1988.
- Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riaucour A, Leslie S, Plant D, Cirone J : Isokinetic strength testing does not predict hamstrings injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med* 32: 309-314, 1988.
- Buchanan PA, Vardaxis VG : Sex-related and age-related differences in knee strength of basketball players ages 11-17 years. *J Athl Train* 38: 231-237, 2003.
- Clanton TO, Coupe KJ : Hamstring strains in athletes: Diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 6: 237-248, 1998.
- Dunnam LO, Hunter GR, Williams BP, Dremsa CJ : Comprehensive evaluation of the University of Alabama at Birmingham women's volleyball training program. *NSCA J* 10: 43-49, 1988.
- Galway HR, Macintosh DL : The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res* 147: 45-51, 1980.
- Giza E, Mithöfer K, Farrell L, Zarins B, Gill T : Injuries in women's professional soccer. *Br J Sports Med* 39: 212-216, 2005.
- Grace TG, Sweetser ER, Nelson MA, Ydens LR, Skipper BJ : Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries: a prospective blind study. *J Bone Joint Surg Am* 66: 734-740, 1984.
- Gur H, Akova B, Punduk Z, Kucukoglu S : Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 9: 81-87, 1999.
- Harter RA, Osternig LR, Standifer LW : Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstrings symmetry following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil* 71: 465-468, 1990.
- Hewett TE, Myer GD, Ford KR : Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *J Bone Joint Surg Am* 86-A: 1601-1608, 2004.
- Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT : Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport* 11: 452-459, 2008.
- Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P : Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med* 33: 492-501, 2005.
- Highgenboten CL, Jackson AW, Meske NB : Concentric and eccentric torque comparisons for knee extension and flexion in young adult males and females using the kinetic communicator. *Am J Sports Med* 16: 234-237, 1998.
- Hislop H, Perrine JJ : The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther* 47: 114-117, 1967.
- Holm I, Ludvigsen P, Steen H : Isokinetic hamstrings/quadriceps ratios: normal values and reproducibility in sport students. *Isokinet Exerc Sci* 4: 141-145, 1994.
- Holmes JR, Alderink GJ : Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstrings muscles in high school students. *Phys Ther* 64: 914-918, 1984.
- Jung SL : A comparative study on isokinetic knee strength between competition athletes and demonstration team players in taekwondo. Master's thesis of Kyunghee university graduate school, 2006. (in Korean)
- Kang KG : Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratios for knee joint stability of taekwondo demonstration team players. Dissertation of Kyunghee university graduate school, 2005. (in Korean)
- Kannus P : Knee flexor and extensor strength ratios with deficiency of the lateral collateral ligament. *Arch Phys Med Rehabil* 69: 928-931, 1988.
- Kannus P : Ratio of hamstrings to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee: relationship to long-term recovery. *Phys Ther* 69: 961-965, 1988.
- Kim YK : The study on ratios of conventional and functional for isokinetic Hamstring: Quadriceps muscle strength in soccer player. *Korean J Phys Edu* 42: 713-719, 2003. (in Korean)
- Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L : Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med* 19: 76-81, 1991.

- Kramer J, Nusca D, Fowler P, Webster-Bogaert S : Knee flexor and extensor strength during concentric and eccentric muscle actions after anterior cruciate ligament reconstruction using the semitendinosus tendon and ligament augmentation device. *Am J Sports Med* 21: 285-291, 1993.
- Li RCT, Maffulli N, Hsu YC, Chan KM : Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes. *Br J Sports Med* 30: 161-164, 1996.
- Lim SK : Review of noncontact anterior cruciate ligament injury and prevention in female athlete. *J Korean Phys Edu Assoc Girls Women* 22: 1-17, 2008. (in Korean)
- Lim SK, Lee SI, Choi DH, Lee CH, Shin CH : The physique and physical fitness of the pro-basketball athletes. *Exerc Sci* 9: 441-455, 2000. (in Korean)
- Malone TR, Hardaker WT, Garrett WE, Feagin JA, Bassett FH : Relationship of gender to anterior cruciate ligament injuries in intercollegiate basketball players. *J South Orthop Assoc* 2: 36-39, 1993.
- Messina DF, Farney WC, DeLee JC : The incidence of injury in Texas high school basketball. *Am J Sports Med* 27: 294-299, 1999.
- Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D : Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med* 25: 81-85, 1997.
- Pauletto B : *Strength training for Coaches*. Leisure Press, Champaign: IL, 1991.
- Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K : A meta-analysis of the anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy* 23: 1320-1325, 2007.
- Read MTF, Bellamy MJ : Comparison of hamstring/quadriceps isokinetic strength ratios and power in tennis, squash and track athletes. *Br J Sports Med* 24: 178-182, 1990.
- Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL : Isokinetic hamstrings : quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *J Athl Train* 36: 378-383, 2001.
- Thistle HG, Hislop HJ, Moffroid M, Lohman EW : Isokinetic contraction: A new concept of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 48: 279-282, 1967.
- Vegso IJ, Genuario SE, Torg JS : Maintenance of hamstrings strength following knee surgery. *Med Sci Sports Exerc* 17: 376-379, 1985.
- Zakas A, Mandroukas K, Vamvakoudis E, Christoulas K, Aggelopoulou N : Peak torque of quadriceps and hamstrings muscles in basketball and soccer players of different divisions. *J Sports Med Phys Fitness* 35: 199-205, 1995.

Abstract

Isokinetic Strength of Quadriceps and Hamstring, Hamstrings/Quadriceps Ratios in Elite Sports Athletes

Chang-Ho Shin

Division of Sports and Leisure, College of Art & Sport, Gwangju University

The purpose of this study was to investigate of isokinetic strength of quadriceps and hamstring, hamstrings/quadriceps ration in elite sports athletes to provide the data for injury prevention, fitness level evaluation and training methodology.

The subjects selected for this study were 104 elite sports athletes. They didn't have any medical problem. Isokinetic peak torque, flexor/extensor ratio at 60 deg/sec of the knee extension and flexion were measured using an cybex 770. The data were analyzed utilizing One way ANOVA. The level of statistical significance was set at $p < .05$. On the basis of the results analyzed in this study, conclusion were drawn as follow:

1. Dominant knee extension peak torque (Nm) were no significant differences in man but man elite athletes were higher than woman elite players in 60 deg/sec ($p < .05$).
2. Dominant knee extension peak torque (% body weight) of man elite athletes were higher than woman elite players in 60 deg/sec except only man volleyball athletes ($p < .05$).
3. Dominant knee flexion peak torque (Nm) were no significant differences in man but man elite athletes were higher than woman elite players in 60 deg/sec ($p < .05$).
4. Dominant knee flexion peak torque (% body weight) of man elite athletes were higher than woman elite players in 60 deg/sec ($p < .05$).
5. Knee flexion/extension peak torque ratio (H : Q) were no significant differences according to sex and proper H : Q ratio was 54 ~ 64%.

Key words : Elite athletes, Isokinetic strength, Hamstring/Quadriceps ratio, Anterior cruciate ligament