

농구선수의 슬관절 손상과 근력 불균형

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학 연구소

김유철 · 신지철 · 박창일 · 박진석

=Abstract=

Muscle Imbalance and Knee Injury in Basketball Players

You Chul Kim, M.D., Ji Cheol Shin, M.D., Chang Il Park, M.D.
and Jin Seok Park, M.D.

*Department of Rehabilitation Medicine and Research Institute of Rehabilitation
Medicine, Yonsei University College of Medicine*

In order to prevent sports injuries, physiological assessments and exercises before the competitions are necessary. The physiological indicators which allow us to predict the increased risk for the sports injuries can help us plan more effective sports and rehabilitation programs.

Nineteen basketball players were evaluated for the isokinetic strength and balance of the knees in order to determine their relationship to sports injuries. The subjects were divided into the knee injured group and the control group. The results were as follows:

1) No significant difference was found between the injured group and the control group in the isokinetic peak torques of the hamstrings and the quadriceps; and while the angular velocity increased, the peak torques of the hamstrings and the quadriceps decreased($p<0.01$).

2) The average hamstrings/quadriceps ratios between the two groups were not significantly different, but the ratio increased as the angular velocity increased($p<0.05$).

3) The muscle imbalance of more than 15% was found more frequently in the injured group between the injured leg and the uninjured leg(between the right and the left leg for the uninjured group) at the angular velocity of $300^{\circ}/sec$ ($p<0.05$). However, when the hamstrings/quadriceps ratio was less than 50% or more than 80%, there was no significant difference between the two groups.

These results demonstrate that the muscle imbalance of two knees at high velocity may be one of the risk factors of the knee injuries in basketball players. Further prospective study of the players with the predetermined muscle imbalance is needed to determine its role as the physiological prognostic indicator for the sports injury.

Key Words: Hamstrings/quadriceps ratio, Muscle imbalance, Sports injuries

*본 연구는 1994년 연세대학교 학술연구비 지원으로 이루어졌다.

서 론

스포츠로 인한 손상의 예방을 위하여 사합전 훈련기간동안 선수들의 적절한 평가와 훈련이 시도되고 있으며, 특히 손상을 예측할 수 있는 요인들의 파악을 위한 많은 연구들이 보고되고 있다^{9,18,22,24,27)}. 현재까지 스포츠 손상과 관련된 요인들로는 선수의 연령, 신장, 근력, 유연성 및 주동근과 길항근의 근력비 등이 알려져 있지만^{7,11,22~24)}, 스포츠의 종류, 선수의 역할 혹은 선수의 성격 등에 따라 다양한 연관성이 보고되고 있다^{14,18,20,27)}.

이들 요인중 근력비는 손상의 예측뿐만 아니라 손상 후 재활치료에 있어서 치료의 지침으로 사용되고 있는데, Kannus와 Jarvinen²¹⁾은 전측의 주동근과 길항근의 근력비를 치료의 목표로 사용할 것을 강조하였으며, 양측 손상시는 근력비를 50~80%로 유지하는 것을 치료의 지침으로 이용할 수 있다고 하였다. 한편 Harter 등¹⁷⁾은 전방 십자연대 손상후 슬관절 굴근의 근력 및 지구력의 회복이 슬관절 신근에 비하여 지연되므로 근력비의 정상화를 치료의 지침으로 사용할 것을 주장하였으며, 한등⁶⁾도 슬관절 연대 손상후 신근에 대해 고속에서 등속성 운동을 조기에 시행함으로써 근력비의 정상화를 기대할 수 있다고 하였고, 그외 슬관절 손상시 근력비의 유용성에 대한 많은 연구가 보고되었다^{10,13,21)}. 그러나 Grace 등¹⁵⁾은 근력비와 손상의 예측과는 무관하다고 밝혀 아직 슬관절에서 근력비의 유용성에 대한 연구는 진행중인 상태이며, 또한 비교적 일정하다고 알려진 근력비도 성별, 연령, 혹은 각속도에 따라 차이가 있다고 보고하고 있는 실정이다^{18,19,20,28)}.

국내에서도 슬관절의 근력비에 대한 연구들이 많이 보고되고 있는데, 성별, 연령이나 좌우측에 따른 차이는 없는 것으로 보고하고 있다^{1,2,4)}. 그러나 각속도의 변화에 따른 근력비의 변화에 대하여 강등¹¹⁾과 Yoon 등³⁰⁾은 변화가 없다고 하였으나, 김등³⁾과 윤등⁵⁾은 각 속도 증가시 근력비도 증가하는 것으로 보고하고 있다.

이에 저자들은 농구선수들을 대상으로 슬관절의 근력비와 각속도와의 관계를 알아보고, 스포츠 손상의 경험이 있는 선수들과 손상의 경험이 없는 선수들을 비교하여 슬관절 신근 및 굴근의 근력, 지구력 및 근

력비의 차이를 알아보아, 이들 요인과 손상과의 관계를 알아보자 하였다.

연구 대상 및 방법

선수 경력이 1년 이상 되는 고등학교 및 대학교 남자 농구 선수 19명을 대상으로 하였으며, 문진을 통하여 지난 1년동안의 슬관절 손상에 대한 과거력을 조사하였다. 손상의 정의는 훈련이나 경기중 선수가 외상 혹은 무리에 의한 장해로 훈련이나 경기를 하루 이상 중지하게 된 경우로 하였다. 슬관절 손상의 경험이 있었던 7명을 수상군으로 하였으며, 슬관절 손상의 경험이 없었던 12명을 대조군으로 하였다.

검사는 Cybex 340 isokinetic dynamometer (Cybex, A Division of Lumex, NY, U.S.A.)를 이용하여 대상 선수의 슬관절 굴근과 신근의 근력을 평가하였다. 먼저 피검자를 고관절이 약 95°로 굽곡되게 된 검사대에 앉히고 슬관절과 기계의 운동축을 일치시킨 후, three point safety belt와 thigh strap을 이용하여 상체와 골반 및 대퇴부를 고정시키고, 하지는 shin pad를 양측 과골 상부에 대어주었다. 반대쪽 하지는 limb stabilization bar로 고정하였으며, 검사하려는 하지와 기계 운동축의 무게가 실제 슬관절 우력에 미치는 영향을 배제하기 위하여 내장된 컴퓨터를 통하여 gravity effect torque를 측정하였다. 먼저 3~4회의 연습을 통하여 검사자가 익숙해진 후, 각속도 90, 180, 300°/sec에서 최대의 힘으로 슬관절의 굽곡 및 신전운동을 5회 반복시켜 슬관절의 굴근과 신근의 최대우력치를 구하였다. 검사와 검사사이의 휴식은 90초로 하였으며, 각 각속도에서 최대우력치의 신근에 대한 굴근의 비(근력비)를 구하였다. 그리고 각속도 240°/sec에서 슬관절의 굽곡 및 신전운동을 20회 반복하여 지구력비를 측정하였다.

근력 불균형에 대한 정의는 첫째, 근력비가 50% 만 혹은 80% 이상인 경우나 둘째, 양측 하지간의 최대우력치 차이가 15% 이상인 경우로 하였으며, 수상군과 대조군에서 근력 불균형의 빈도를 각각 조사하였다. 한편 대조군의 좌측과 우측에서 각각 측정한 슬관절 굴근과 신근의 평균 최대우력치, 지구력비 및 근력비는 paired t-test를 이용하여 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이가 없어 대조군의 좌우측에서 측정

한 평균값을 구하여 수상군에서의 값과 비교분석하였다.

통계분석은 수상군의 환측에서 측정한 슬관절 굴근과 신근의 평균 최대우력치, 지구력비 및 근력비는 전측 및 대조군에서 측정한 값과 Mann-Whitney test를 이용하여 비교하였다. 그리고 각속도에 따른 최대우력치의 변화는 Friedman test를 이용하였으며, 수상군과 대조군 사이의 근력 불균형의 차이는 chi-square test를 이용하여 검증하였다.

연 구 결 과

1) 19명의 대상선수들중 평가전 1년동안 슬관절 손상을 받았던 선수는 7례이었다. 손상 부위는 우측이 2례이었고, 좌측이 5례이었다. 이들중 6례에서는 보존적 치료를 시행받았는데, 4례는 1주일 미만의 치료기간이 필요하였으며 2례는 2주일의 치료기간이 필요하였다. 나머지 1례에서는 수술적 치료를 시행받았다.

2) 대상 선수들의 평균 연령은 18.1세 이었으며 수상군과 대조군간에는 연령, 체중 및 운동경력의 차이는 없었다. 그러나 수상군에서는 평균 신장이 대조군에 비하여 통계학적으로 유의하게 커졌다($p<0.05$) (Table 1).

3) 수상군에서 각속도 $90^{\circ}/sec$ 에서 측정한 슬관절 신근의 평균 최대우력치는 환측의 경우에 158.7 ft · lbs이었으며, 전측 및 대조군과 비교할 때 유의한 차이가 없었고, 180 및 $300^{\circ}/sec$ 에서의 평균 최대우력치도 유의한 차이가 없었다. 그리고 환측에서의 평균 최대우력치는 각속도가 증가함에 따라 통계학적으로 모두 유의하게 감소하였으며, 전측이나 대조군에서도

유의한 감소를 보였다($p<0.01$) (Fig. 1).

환측에서 측정한 슬관절 굴근의 평균 최대우력치는 각속도 $90^{\circ}/sec$ 에서 97.4 ft · lbs이었으며, 전측 및 대조군과 비교할 때 유의한 차이가 없었고, 180 및 $300^{\circ}/sec$ 에서의 평균 최대우력치도 유의한 차이가 없었다. 그리고 환측에서의 평균 최대우력치는 각속도가 증가함에 따라 통계학적으로 유의하게 감소하였으며, 전측이나 대조군에서도 유의한 감소를 보였다($p<0.01$) (Fig. 2).

4) 각속도 $240^{\circ}/sec$ 에서 20회 반복을 통하여 측정한 지구력비는 환측의 경우 슬관절 신근은 72.4%, 굴근은 55.3%이었으며, 굴근의 경우 전측이나 대조군에 비하여 낮았지만 통계학적 유의성은 없었다(Table 2).

5) 환측에서 측정한 근력비는 각속도 $90^{\circ}/sec$ 에서 61%이었으며, 각속도 증가시 근력비가 증가하였는데, 특히 $180^{\circ}/sec$ 에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있

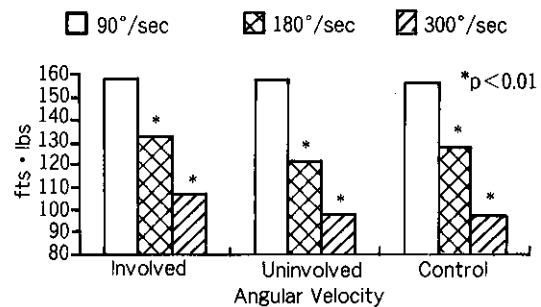


Fig. 1. Changes of peak torque of quadriceps at each group according to angular velocity.

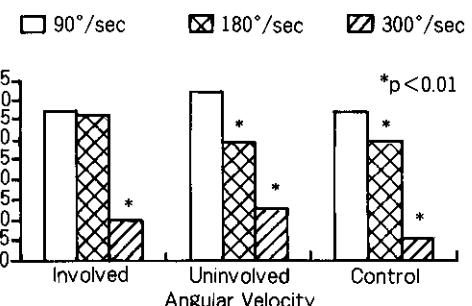


Fig. 2. Changes of peak torque of hamstrings at each group according to angular velocity.

* $p<0.05$

Table 2. Comparison of Endurance between Each Group

Muscle groups	Involved side (n=7)	Non-involved side (n=7)	Control (n=24)
Quadriceps	72.4±23.90	70.2±17.30	67.4±18.32
Hamstrings	55.3±15.72	62.6±17.02	73.9±38.03

Table 3. Comparison of H/Q Ratio* between Each Group

Angular velocity	Involved side (n=7)	Noninvolved side (n=7)	Control (n=24)
90°/sec	61.0± 8.28	64.6±12.71	61.0± 8.57
180°/sec	73.1± 7.84*	73.1±12.55*	69.5±11.03*
300°/sec	67.3±10.56	74.9±12.36	66.6±11.08

*: (peak torque of hamstring/peak torque of quadriceps)×100

*p<0.05

Table 4. Distribution of Muscle Imbalance According to Side Difference

		Quadriceps		Hamstring	
90°/sec	Injured group	Control	Injured group	Control	
Normal	6	9	6	6	
Abnormal	1	3	1	6	
180°/sec	Injured group	Control	Injured group	Control	
Normal	4	10	3	8	
Abnormal	3	2	4	4	
300°/sec	Injured group*	Control	Injured group	Control	
Normal	3	12	5	6	
Abnormal	4	0	2	6	

*chi-square=8.6871, P<0.01

었다(p<0.05). 이러한 각속도 증가시 균력비의 증가 양상은 건축 및 대조군에서도 같은 결과를 보였다. 그러나 각 각속도에서 환측의 균력비를 건축이나 대조군과 비교하였을 때, 유의한 차이는 없었다(Table 3).

6) 수상군에서 환측과 건축간, 대조군에서 좌우측간의 최대우력치를 각각 비교하였을 때, 각속도 300°/sec에서 슬관절 신근에서만 15% 이상의 균력 불균형을 보이는 경우가 수상군에서 대조군에 비하여 통계학적으로 유의하게 많았다(p<0.01)(Table 4). 그러나 균력비가 50% 미만이거나 80% 이상인 비정상 균력비의 분포를 살펴보면, 환측에서 각 각속도에서 1례가 있었으며, 이러한 분포는 건축이나 대조군과 비교

Table 5. Distribution of Muscle Imbalance According to H/Q ratio*

	Involved side	Uninvolved side	Control
90°/sec			
Normal	6	7	21
Abnormal	1	0	3
180°/sec			
Normal	6	5	18
Abnormal	1	2	6
300°/sec			
Normal	6	4	20
Abnormal	1	3	4

*: (peak torque of hamstrings/peak torque of quadriceps)×100

하여 유의한 차이가 없었다(Table 5).

고 찰

스포츠 손상과 연관된 일반적 특성중에는 연령, 신장, 선수의 역할, 선수의 성격 등이 관련된 것으로 알려져 있는데^{11, 14, 15)}, 본 연구에서도 대조군보다 수상군에서 신장이 유의하게 커졌으며, 대상자들을 제한하였으므로 연령이나 경력의 차이는 없었다.

각속도의 변화에 따른 최대우력치의 변화를 살펴보았을 때, 대조군이나 수상군에서 굴근이나 신근 모두 각속도의 증가시 최대우력치가 감소하는 결과를 보였으며, 이러한 결과는 이전의 연구결과들과 일치하였다^{1, 3, 5, 18, 15)}. 한편 각속도에 따른 근력비의 변화에 대하여 강등¹⁾, Fillyaw 등¹²⁾과 Yoon 등³⁰⁾은 변화가 없다고 하였으며, Prietto와 Caiozzo²⁵⁾는 각속도 증가에 따른 근력의 감소가 슬관절 굴근에서 더욱 현저하기 때문에 오히려 감소한다고 하였다. 그러나 대부분의 이전 연구결과들은 각속도 증가시 근력비의 증가를 보고하였다^{3, 4, 5, 14, 18, 19)}, 본 연구에서도 같은 결과를 보았다. 이러한 각속도 증가시 근력비의 증가에 관하여, Stafford와 Grana²⁷⁾는 각속도 증가시 굴근의 역할이 신근에 비하여 상대적으로 증가하기 때문이라고 하였으며, Hagood 등¹⁶⁾은 각속도 증가시 신근은 슬관절 굴곡의 말기부에서, 굴근은 신전의 말기부에서 길항근으로의 작용이 점차 증가하여 근력비는 증가하게 된다고 설명하였다.

슬관절의 스포츠 손상과 연관된 요인들중 슬관절의 근력이나 근력비의 불균형이 중요하다고 알려져 있으며, Ellenbecker와 Roeterd¹⁰⁾는 스포츠로 인한 슬관절 손상시 전측의 근력을 치료의 지침으로 제시하였는데, 본 연구에서도 수상군에서 환측과 전측간에, 대조군에서 좌우측간에 근력의 불균형 빈도를 조사하였다. 그 결과 슬관절 신근에서 각속도 300°/sec에서만 수상군에서 대조군에 비하여 불균형의 빈도가 유의하게 많았다. 이러한 결과는 한동⁶⁾의 연구에서 슬관절 인대 손상시 고속에서의 신근 근력 강화가 중요하다고 지적한 바와 일치하며, 또한 Harter 등¹⁷⁾의 손상후 근력 특히 자구력의 회복이 6개월이후까지도 지속된다는 결과와도 일치한다. 그리고 고속에서만 근력 불균형이 관찰된 이유는 농구선수와 같이 고속운동이 필요한 운

동에서는 특히 fast twitch fiber의 역할이 중요하기 때문이라고 생각한다²⁹⁾.

한편, Agre 등⁸⁾은 하키 운동선수들을 대상으로 스포츠 손상과 관련된 요인들에 관한 연구에서 대상선수들 중 22%에서 근력은 정상이었으나 근력비가 비정상이었으며, 손상의 가능성성이 높았다고 하여 근력비의 불균형이 중요하다고 하였다. 또한 Fossier 등¹³⁾은 손상 후 재활치료시에 환측의 근력비가 전측과 유사한 경우 기능적 회복이 좋았다고 하였으며, Knapik 등²³⁾도 근력비가 75%이하의 손상의 가능성성이 약 1.5배 증가한다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 Kannus와 Jarvinen²¹⁾의 보고를 기준으로 하여, 근력비가 50~80%의 범위를 벗어날 경우 불균형이 있는 것으로 보았는데, 환측의 근력비의 분포는 전측 혹은 대조군의 근력비의 분포와 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 Grace 등¹⁵⁾의 결과와 같았는데, 운동선수의 근력비가 운동종류에 따라 다른 분포와 특성을 가지기 때문이라고 생각하며^{18, 27)}, 또한 각 개인에 따른 근력비의 차이도 원인이라고 생각한다²¹⁾.

이상의 결과에서 고속에서의 근력 불균형을 제외하고는 근력 혹은 근력비의 불균형과 스포츠 손상과는 유의한 관계가 없었는데, 이러한 결과는 첫째, 수상군의 수가 적었으며, 둘째, 수상군에서 약 1주일 이내의 치료가 필요했던 경한 손상이 대부분을 차지하여 근력 약화가 불균형의 정도에 미친 영향이 적었을 것으로 생각하며, 셋째, 근력 및 근력비를 측정한 후 추적관찰을 통하여 손상과의 관계를 전향적으로 조사한 것이 아니라 과거력상 손상유무와 불균형과의 관계를 분석하였다라는 본 연구의 한계점때문이라고 생각한다. 그리고 Shambaugh 등²⁶⁾은 농구선수들의 스포츠손상의 예측에는 근력보다는 슬관절 신근의 무게, 슬관절의 Q각도 등 구조적 요인들의 측정이 더욱 중요하다고 하였으나, 본 연구에서는 이러한 요인들의 고려없이 근력과 근력비만을 분석하였다. 따라서 앞으로는 이러한 구조적 요인들과 근력 및 근력비를 측정한 후 일정 시기의 추적관찰을 통하여 스포츠 손상과의 관계를 규명하는 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결 론

각속도 증가시 슬관절 근력 및 근력비의 변화를 측

정하고, 균력 및 균력비의 분포와 스포츠 손상과의 관계를 알아보고자 본 교실에서는 고교 및 대학 농구 선수 19명을 대상으로 슬관절 신근과 굴근에 대한 등속성 검사를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 슬관절 신근과 굴근의 평균 최대우력치는 수상군과 대조군간에 유의한 차이가 없었으며, 각속도가 증가함에 따라 신근과 굴근의 평균 최대우력치는 통계학적으로 유의하게 감소하였다($p<0.01$).

2) 평균 균력비도 수상군과 대조군간에 유의한 차이가 없었으며, 각속도의 증가시 균력비는 통계학적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

3) 양 하지간 균력 불균형은 각속도 $300^{\circ}/sec$ 일 때 슬관절 신근에서 15% 이상의 균력 불균형을 보이는 경우가 수상군에서 대조군에 비하여 통계학적으로 유의하게 많았다($p<0.01$). 그러나 균력비가 50% 미만이거나 80% 이상인 경우에는 수상군과 대조군간에 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과에서 고속에서의 균력 불균형이 스포츠 손상과 관계가 있을 것으로 사료되며, 앞으로 슬관절의 균력 불균형이 있는 선수들에 대한 전향적 연구를 통하여 균력 불균형의 슬관절 손상 예측에 관한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 강성웅, 문재호, 조경자, 신정순: 슬관절 신근과 굴근의 등속성운동 효과에 관한 연구. 대한재활의학회지 1991; 15(1): 77-88
- 2) 강세윤, 김윤태, 최익환: 정상 성인에 있어서 연령에 따른 하지근의 등속성운동 평가. 대한재활의학회지 1988; 12(1): 96-110
- 3) 김진호, 김상범: 한국 정상 성인의 슬관절 신근 및 굴근에 대한 등속성운동 평가. 대한재활의학회지 1987; 11(2): 173-183
- 4) 윤승호, 남명호, 김은이, 선광진: 충남의대 학생들의 슬관절 주위근에 대한 등속성운동 평가. 대한재활의학회지 1990; 14(2): 268-276
- 5) 윤태식, 전세일, 신정순, 박병권: 대학축구선수와 일반 대학생의 슬관절 등속성운동 비교. 대한재활의학회지 1990; 14(2): 260-267
- 6) 한태훈, 김상규, 성상철: 반월판 절제술후의 슬관절부 근육의 등속성 균력평가. 대한재활의학회지 1990; 14 (1): 102-109
- 7) Agre JC, Baxter TL: *Musculoskeletal profile of male collegiate soccer players*. Arch Phys Med Rehabil 1987; 68: 147-150
- 8) Agre JC, Casal DC, Leon AS, McNally C, Baxter TL, Serfass RC: *Professional ice hockey players: Physiologic, anthropometric, and musculoskeletal characteristics*. Arch Phys Med Rehabil 1988; 69: 188-92
- 9) DeLisa JA, Gans BM: *Rehabilitation medicine: Principles and practice*, 2nd ed., J. B. Lippincott Company, Philadelphia, 1993, pp1131-1154
- 10) Ellenbecker TS, Roetert EP: *Concentric isokinetic quadriceps and hamstring strength in elite junior players*. Isokinetics Ex Sci 1995; 5: 3-6
- 11) Engel J, Baharav U, Modan M: *Epidemiology of basketball injuries*. Harefuah 1990; 119: 121-124
- 12) Fillyaw M, Bevins T, Fernandez L: *Importance of correcting isokinetic peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios*. Phy Ther 1986; 66: 23-31
- 13) Fossier E, Christel P, Djian P, Darman Z, Witvoet J: *Principles and value of isokinetic evaluation in ruptures of the anterior cruciate ligament*. Rev Chir Orthop Rep App Mot 1993; 79: 615-624
- 14) Gilliam TB, Sady SP, Freedson PS, Villanacci J: *Isokinetic torque levels for high school football players*. Arch Phys Med Rehabil 1979; 60: 110-114
- 15) Grace TG, Sweetser ER, Nelson MA, Ydens LR, Skipper BJ: *Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries: A prospective blind study*. J Bone and Joint Surg(am) 1984; 66: 734-740
- 16) Hagood S, Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, d'Ambrosia R: *The effect of joint velocity on the contribution of the antagonist musculature to knee stiffness and laxity*. Am J Sports Med 1990; 18: 182-187
- 17) Harter RA, Osternig LR, Standifer LW: *Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstrings symmetry following anterior cruciate ligament reconstruction*. Arch Phys Med Rehabil 1990; 71: 465-468
- 18) Holmes JR, Alderink GJ: *Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring muscles in high school students*. Phys Ther 1984; 64: 914-918
- 19) House TJ, Johnson GO, Hughes RA, House DJ, Hughes RJ, Fry AS, Kenny KB, Cisar CJ:

- Isokinetic strength and body composition of high school wrestlers across age. Med Sci Sports Med 1989; 21: 105-109*
- 20) Johansson C, Lorenzon R, Fugl-Meyer AR: *Isokinetic muscular performance of the quadriceps in elite ice hockey players. Am J Sports Med 1989; 17: 30-34*
- 21) Kannus P, Jarvinen M: *Knee flexor/extensor strength ratio in follow-up of acute knee distortion injuries. Arch Phys Med Rehabil 1990; 71: 38-42*
- 22) Kibler WB, Goldberg C, Chandler TJ: *Functional biomechanical deficits in running athletes with plantar fasciitis. Am J Sports Med 1991; 19: 66-71*
- 23) 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 1991; 19: 76-81*
- 24) Podolsky AP, Kaufman KR, Cahalan TD, Aleshinsky SY, Chao EYS: *The relationship of strength and jump height in figure skaters. Am J Sports Med 1990; 18: 400-405*
- 25) Prietto CA, Caiozzo VJ: *The in vivo force-velocity relationship of the knee flexors and extensors. Am J Sports Med 1989; 17: 607-611*
- 26) Shambaugh JP, Klein A, Herbert JH: *Structural measures as predictors of injury basketball players. Med Sci Sports Ex 1991; 23: 522-527*
- 27) Stafford MG, Grana WA: *Hamstring/quadriceps ratios in college football players: A high velocity evaluation. Am J Sports Med 1984; 12: 209-211*
- 28) Tabin GC, Gregg JR, Bonci T: *Predictive leg strength values in immediately prepubescent and postpubescent athletes. Am J Sports Med 1985; 13: 387-389*
- 29) Thorstensson A, Larsson L, Tesch P, Karlsson J: *Muscle strength and fiber composition in athletes and sedentary men. Med Sci Sports 1977; 9: 26-30*
- 30) Yoon TS, Park DS, Kang SW, Chun S-i, Shin JS: *Isometric and isokinetic torque curves at the knee joints. Yonsei Med J 1991; 32: 33-43*