

관절경적 전방십자인대 재건술 후 Cybex 등속성 운동검사에 의한 근력평가

울산대학교 의과대학 정형외과학교실

빈성일 · 조우신 · 문호생 · 김기용

— Abstract —

Cybex Evaluation of Muscle Strength Following Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Seong-Il Bin, M.D., Woo-Shin Cho, M.D.,
Ho-Saeng Moon, M.D. and Key-Young Kim, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, University of Ulsan,
Asan Medical Center*

Cybex evaluation of muscle strength was performed on 15 patients with chronic anterior cruciate ligament tears following arthroscopic reconstruction using central one-third patella tendon autograft. Cybex testing was done preoperatively and at 3, 6, 9, and 12 months postoperatively. Peak torque and total work of the quadriceps and hamstrings at the angular velocity of 60 degree/sec and 180 degree/sec were measured and analyzed.

The results were as follows :

1. At the angular velocity of 60 degree/sec, the muscle strength of the quadriceps showed 45.4% deficit in peak torque and 50.9% deficit in total work compared to the contralateral normal knee preoperatively, 48.2% and 49.0% deficit respectively at 3 months after operation, 40.3% and 37.7% deficit at 6 months, 30.6% and 32.5% deficit at 9 months and 23.4% and 24.7% deficit at 1 year after operation.
2. At the angular velocity of 60 degree/sec, the muscle strength of the hamstrings showed 32.3% deficit in peak torque and 42.9% deficit in total work compared to the contralateral normal knee preoperatively, 39.3% and 42.4% deficit respectively at 3 months after operation, 27.3% and 32.3% deficit at 6 months, 21.2% and 22.3% deficit at 9 months and 17.9% and 18.4% deficit at 1 year after

※ 통신저자 : 빈 성 일

서울시 송파구 풍납동 388-1

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 정형외과학교실

※ 본 논문의 요지는 1994년 대한정형외과 추계학술대회에서 구연되었음.

operation.

3. At the angular velocity of 180 degree/sec, the muscle strength of the quadriceps showed 38.4% deficit in peak torque and 42.0% deficit in total work compared to the contralateral normal knee pre-operatively, 41.1% and 47.54% deficit respectively at 3 months after operation, 34.4% and 33.7% deficit at 6 months, 28.5% and 28.6% deficit at 9 months and 21.0% and 22.1% at 1 year after operation.

4. At the angular velocity of 180 degree/sec, the muscle strength of the hamstrings showed 26.9% deficit in peak torque and 31.8% deficit in total work compared to the contralateral normal knee pre-operatively, 41.2% and 45.2% deficit respectively at 3 months after operation, 32.3% and 36.0% deficit at 6 months, 21.4% and 25.1% deficit at 9 months and 16.1% and 15.7% at 1 year after operation.

Key Words: Anterior cruciate ligament tear, Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction, Cybex

서 론

전방십자인대 파열은 흔하면서도 심각한 슬관절 손상중의 하나이며, 슬관절의 불안정성, 이차적인 골관절염과 대퇴근육의 위축 및 근력약화 등의 후유증을 유발한다^{1, 3, 5, 6, 14, 20}. 본 연구에서는 만성 전방십자인대 손상 환자에 대하여 슬관절경을 통한 전방십자인대 재건술을 시행한 15명에 대하여 수술 후 1년간 3개월 간격으로 Cybex 340 등속성 운동검사(Cybex 340 Isokinetic dynamometer)를 시행하여 측정된 슬관절 신전근(Quadriceps)과 슬관절 굴곡근(Hamstrings)의 근력을 수술전과 수술후로 나누어 회복 정도를 비교하고 분석하였다.

연구대상 및 방법

1992년 1월부터 1993년 6월까지 만성 전방십자인대 파열로 서울 중앙병원 정형외과에서 슬관절경을 통한 전방십자인대 재건술을 시행한 환자들 중, 수술전에 Cybex를 이용하여 슬관절 근력검사를 시행했고 수술후 3개월 단위로 술후 1년까지 정기적으로 근력을 측정한 15명 환자의 15례의 슬관절을 대상으로 하였다. 성별분포는 남자가 13명, 여자가 2명이었으며 연령은 23세부터 53세까지의 분포를 보였으며 평균 31.6세였다. 수상일로 부터 수술일까지의 기간은 6개월부터 10년의 분포를 보였으며 평균 2년 5개월이었다. 모두에 대하여, 골부착 자가 슬개건

(autogenous bone-patella tendon-bone graft)을 이용한 전방십자인대 재건술을 시행하였다.

대상환자 15례 모두에서 grade III의 인대손상을 보였고, 좌측손상이 7례, 우측손상은 8례였으며, 10례에서 동반손상은 내측측부인대 손상이 3례, 내측반월상연골 손상이 3례, 외측반월상 연골 손상은 1례, 내측측부인대와 내측반월상연골의 동반손상이 1례, 내측측부인대와 외측반월상 연골의 동반손상이 1례였으며 전방십자인대 단독손상은 5례였다. 수술 후 1년 추시 결과 관절운동 범위는 모든 례에서 정상 수준으로 회복되었고, 슬관절의 안정성은 정상범위였으며, pivot shift현상은 관찰되지 않았다.

양측 슬관절의 근력측정은 신전근과 굴곡근에 대하여 소형 컴퓨터가 부착된 Cybex 340 isokinetic dynamometer를 사용하였고, 건축을 대조군으로 삼았으며, 근력측정시 피검자는 검사대에 앉은 자세에서 상체와 대퇴부에 pad를 대고 volcro로 검사대에 견고하게 고정한후 하퇴부가 항상 dynamometer의 input arm과 평행하게 고정시켜 기계의 운동축과 슬관절의 운동축이 일치되도록 하였다. 근력 측정시 먼저 운동 각속도를 60°/sec로 하여 4회 연습후 5회의 슬관절 굴곡 및 신전을 반복하였고, 15초 휴식후 같은 방법으로 180°/sec 및 240°/sec의 각속도에서 실시하였다. 이때 나타난 신전근 및 굴곡근의 최대우력(Peak Torque), Total Work, Average Power를 측정하고 신전근에 대한 굴곡근의 최대 우력의 비(Hamstrings-Quadriceps ratio : HQ ratio)를 기록하였다.

이들 항목 중 60°/sec와 180°/sec의 운동 각속도 하에서 측정된 Peak Torque와 Total Work의 건측에 대한 환측의 결손율(deficit %)을 비교 및 분석 항목으로 하였고, 수술전의 측정치 대하여 수술 후 3개월, 6개월, 9개월 및 1년에 실시한 측정 결과를 비교하였으며, 통계처리는 각각의 수술후 기간의 측정치를 수술전의 측정치에 대비한 paired t-test를 이용하여 회복정도의 통계적 유의성을 검정하였으며 각각의 기간에 나타난 최대 결손율치와 최소 결손율치도 알아보았다.

근력약화의 정도는 양측 근력간의 차이가 10%이하인 경우는 정상으로 간주하고, 10%에서 20%사이의 정도(mild weakness), 20%에서 30%사이의 중등도(moderate weakness), 30% 이상은 중증도(severe weakness)로 분류하였다⁹⁾.

결 과

Cybox 340을 이용하여 수술전과 수술후 3개월, 6개월, 9개월 및 1년에 실시한 슬관절 굴곡근과 신전근의 Peak Torque와 Total Work의 측정 및 분석 결과는 다음과 같다.

1. Strength

60°/sec의 운동각속도에서 측정된 Peak Torque는 신전근의 경우, 수술전 평균 45.4%의 근력결손을 보였으며 수술후 3개월때는 48.2%의 결손을 보여 수술전보다 근력의 약화가 진행된 소견을 보였으나 통계적인 유의성은 보이지 않았다. 수술후 6개월에는 40.3%의 결손율을 보여 수술전보다 다소 호전되었고, 수술후 6개월에도 30.6%의 결손율을 보여 좀더 호전 되었다. 수술후 1년 후에는 23.4%의 결손율을 보여 여전히 건측에 비해 중등도(moderate)의 근력약화의 소견을 보였으나 근력 결손의 정도가 통계적으로 유의한 차이를($P=0.005<0.05$) 보일만큼 현저하게 근력이 강화되었다. 최대 근력 결손율과 최소 근력 결손율을 보면 수술전에는 최대 92%의 결손율에서 최소 -36%의 결손율로 각 개인간의 차이가 심하였으며, 수술후 1년째에는 최대 49%에서 최소 -7%로 각 개인간의 차이도 작아졌다(Table 1).

60°/sec의 운동각속도에서 측정된 굴곡근의 근력결손율은 수술전 32.3%의 근력결손에서 1년 후에는

17.9%로 호전된 결과를 보였으나 통계적인 유의성은 없었다. 굴곡근의 최대 결손율과 최소 결손율도 신전근에서와 마찬가지로 수술후 1년이 경과한 후에는 차이가 적어져 각 개인간의 근력결손의 차이는 작아졌음을 알 수 있었다(Table 2).

180°/sec의 운동각속도에서 측정된 Peak Torque는 신전근 및 굴곡근 양측 모두에서 60°/sec에서보다 근력결손의 정도가 작게 측정되었으며, 신전근의 경우 수술전 38.4%의 근력 결손의 소견을 보였고, 굴곡근의 경우 수술전 26.9%의 근력결손에서 1년후에는 21.0%의 근력 결손에서 1년후에는 16.1%의 근력결손으로 호전된 결과를 보였다(Table 3, 4). Peak Torque는 신전근과 굴곡근 양 근육에서 그리고 60°/sec와 180°/sec의 운동각속도에서 측정된 결과에서 모두 수술전의 근력결손이 수술후 3개월에는 더 심해지지만 수술후 6개월, 9개월 및 1년이 경과하면서 호전되는 양상을 보였다(Table 1, 2, 3, 4).

2. Total Work

60°/sec의 운동각속도에서 측정된 Total Work의 결손율은 신전근 및 굴곡근 모두 수술전에 비해 수술후 3개월, 6개월, 9개월 및 1년이 경과함에 비례하여 점차로 감소하는 결과를 보였으며(Table 5, 6), 신전근에서는 9개월 및 1년의 Total Work 결손율의 감소는 통계적으로 유의하였고 결손정도는 중등도(severe)에서 중등도(moderate)로 호전되었다(Table 5). 굴곡근에서는 수술전 42.9%의 결손율이 1년후에는 18.4%로 감소하여 통계적으로 유의하였으며, 중등도에서 경도로 호전되었고 신전근에 비해 수술전 결손율도 작았으며, 회복정도도 더 컸다(Table 6).

180°/sec의 운동각속도에서 측정된 Total Work의 결손율은 신전근 및 굴곡근에서 모두 60°/sec의 측정치에 비해 수술전 결손율이 작았으며 1년후의 측정치에서도 같은 결과를 보였다. 그리고 60°/sec에서 측정된 결과에서는 수술 3개월의 측정치가 수술전에 비하여 호전된 결과와는 다르게 180°/sec에서는 수술 3개월의 근력결손율이 더욱 커졌으며 수술후 6개월, 9개월 및 1년이 경과하면서 호전되는 결과를 보였다. 양측 근육 모두 수술후 1년의 회복 정도는 통계적으로 유의하였다(Table 7, 8).

Table 1. Deficit % of Peak Tourque : Quadriceps, 60°/sec (N=15)

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	45.4	severe	30.5	92	-36	
Postop 3Mo.	48.2	severe	20.5	78	2	n.c
6Mo.	40.3	severe	24.7	80	-8	n.c
9Mo.	30.6	severe	20.9	71	-11	n.c
1yr	23.4	Moderate	14.9	49	-7	0.005

Max : The value of maximal deficit

Min : The value of minimal deficit

n.c. : Not significant

S.D. : Standard deviation

Table 2. Deficit % of Peak Tourque : Hamstrings, 60°/sec

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	32.3	Severe	35.4	93	-65	
Postop 3Mo.	39.3	Severe	18.8	59	0	n.c
6Mo.	27.3	Moderate	25.9	72	-22	n.c
9Mo.	21.2	Moderate	15.4	47	-5	n.c
1yr	17.9	Mild	11.3	38	-1	n.c

Table 3. Deficit % of Peak Tourque : Quadriceps, 180°/sec

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	38.4	Severe	25.7	91	-12	
Postop 3Mo.	41.1	Severe	27.3	79	-7	n.c
6Mo.	34.4	Severe	24.2	81	-2	n.c
9Mo.	28.5	Moderate	21.2	70	-6	n.c
1yr	21.0	Moderate	14.1	61	-1	n.c

Table 4. Deficit % of Peak Tourque : Hamstrings, 180°/sec

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	26.9	Moderate	30.7	94	-54	
Postop 3Mo.	41.2	Severe	18.3	61	-2	n.c
6Mo.	32.3	Severe	20.3	73	-2	n.c
9Mo.	21.4	Moderate	16.6	41	-14	n.c
1yr	16.1	Mild	11.1	35	-10	n.c

Table 5. Deficit % of Peak Tourque : Quadriceps, 60°/sec

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	50.9	Severe	24.4	88	-40	
Postop 3Mo.	49.0	Severe	37.5	87	-51	n.c
6Mo.	37.7	Severe	24.0	83	11	n.c
9Mo.	32.5	Severe	20.2	68	-10	0.011
1yr	24.7	Moderate	16.8	59	-5	0.002

Table 6. Deficit % of Peak Tourque : Hamstrings, 60°/sec

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	42.9	Severe	35.8	94	-63	
Postop 3Mo.	42.4	Severe	26.0	70	-32	n.c
6Mo.	32.3	Severe	26.6	81	-12	n.c
9Mo.	22.3	Moderate	16.8	52	-5	n.c
1yr	18.4	Mild	12.8	49	-1	0.029

Table 7. Deficit % of Peak Tourque : Quadriceps, 180°/sec

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	42.0	Severe	27.8	93	-16	
Postop 3Mo.	47.5	Severe	24.5	79	-8	n.c
6Mo.	33.7	Severe	28.4	82	-13	n.c
9Mo.	28.6	Moderate	23.4	75	-3	n.c
1yr	22.1	Moderate	15.5	52	-5	0.008

Table 8. Deficit % of Peak Tourque : Hamstrings, 180°/sec

	Mean	Severity	S.D	Max	Min	P-value
Preop	31.8	Severe	31.9	64	-60	
Postop 3Mo.	45.2	Severe	29.1	72	-9	n.c
6Mo.	36.0	Severe	24.3	83	-11	n.c
9Mo.	25.1	Moderate	26.6	68	-27	n.c
1yr	15.7	Mild	16.6	41	-15	0.014

고 찰

슬관절의 안정성을 유지하는데 슬관절을 지지해주는 인대와 관절 주위 근육이 중요한 역할을 한다.^{19, 23, 25, 26, 30)} 이중 전방십자인대는 대퇴골에 대한 경골의 전반 전위를 방지하며, 전방십자 인대의 파열이 있을 경우에는 통증을 동반한 슬관절의 불안정성이 나타나며, 완전 파열이 있을 경우 전방 및 전측방의 아탈구 현상이 나타나기도 한다.^{8, 17)}

이 때 대퇴사두근은 매우 중요한 슬관절의 active stabilizer 역할을 수행하며^{2, 10)} Hamstrings는 전방십자 인대의 dynamic agonists로 작용하여 슬관절 아탈구의 예방에 가장 중요한 역할을 수행한다.^{19, 23, 25, 26, 30)} 따라서 이들 두 근육의 위축이 심할수록 더 심한 증상을 호소하게 된다. 인대손상을 비롯한 슬관절내 병변이 존재할 때, 이차적인 후유증으로 근육의 약화가 동반되는데 이는 치료 후 고정(immobilization) 및 통증에 의하여 환자가 한쪽

다리의 이용을 기피함으로써 더 약화를 초래하기도 한다.^{2, 10, 11, 22)} 여러 저자들은 관절의 병변에 의한 이차적인 근육의 양의 감소와 근력의 약화는 비례한다고 하였는 바^{27, 29, 31, 32)}, 일반적으로 관절내 병변은 굴곡근에서 보다는 신전근에서의 약화를 더 심하게 나타내며 슬관절에서는 대퇴사두근의 약화가 굴곡근의 약화보다 더 심하게 나타난다. 슬관절내 인대 손상으로 관절내 삼출액이 존재할 때 대퇴사두근의 퇴축성 마비(atrophic palsy)가 올 수도 있으며, 실험적으로 생리식염수의 슬관절 내 주입으로 대퇴사두근의 수축을 억제하며⁴⁾ 미세 근육 수축을 유발하는 H-reflex의 강도가 대사두근에서 현저하게 감소한다고 하였다.^{13, 24, 27)} 또한 통증은 슬관절 withdrawal response를 유발하며 이때 굴곡근이 수축하면서 신전근인 대퇴사두근을 지배하는 운동신경에 reciprocal inhibition을 작용한다고 하였다²⁴⁾. 본 연구에서도 60°/sec 와 180°/sec의 운동 각속도에서의 Peak Tourque, Total Work의 항목 모두에서

슬관절 신전근인 대퇴사두근의 근력 결손율이 굴곡근의 근력 결손율보다 더 큰 결과를 얻었다.

슬관절 인대손상의 치료후 수술 후 평가에는 여러가지 방법이 소개되었는바, 주관적 및 기능적평가 방법으로 Flandry⁷⁾의 visual analog scale(VAS)과 Lysholm과 Gillquist¹⁸⁾의 Knee scoring scale등이 있으며 Cybex는 1967년 Hislop과 Perrine¹²⁾에 의해 등속성 운동의 개념이 도입되고 Thistle²⁸⁾등에 의해 등속성 운동이 등장성 운동이나 등척성 운동보다 근력강화 효과가 뛰어나임이 입증된 이래 슬관절 인대 손상 환자의 수술 치료 및 평가와 재활에 많이 이용되고 있다. Cybex를 이용한 근력측정은 객관적인 검사기록과 정보를 제공하며 객관적인 추시 및 비교가 가능하고, 병변에 따른 특징적인 도표(Torque Curve)를 얻을 수 있어 보조적인 진단방법으로 이용할 수 있다⁹⁾.

Yasuda³¹⁾ 등은 전방십자인대 손상후 골부착 자가 슬개건을 이용한 전방십자 인대 복원술을 시행후 3년에서 7년까지 추시된 환자를 대상으로 Cybex II를 이용한 대퇴사두근의 근력 측정에서 남자의 경우 수술후 1년째 건축에 비해 평균 78%(22% deficit)의 회복을 보였으며 최종 추시기간에는 건축의 85%의 회복을 보였으며, 여자의 경우는 최종 추시 때 평균 70%(30% deficit)의 회복을 보고하였고 굴곡근은 모두 정상 근력을 회복하였다고 보고하였다. Konsei¹⁵⁾ 등은 관절경을 통한 전방십자인대 재건술후 18-36개월 후 Cybex를 이용한 슬관절 근력 측정 결과 allograft를 이용한 경우 신전근은 건축의 83%(17% 결손) 굴곡근은 건축의 93%(7% 결손), autograft를 이용한 경우 신전근은 건축의 76%(24% 결손), 굴곡근은 건축의 87%(13% 결손)의 결과를 보였으며, allograft를 이용한 수술의 성적이 좋다고 보고하였으나 Lephart¹⁶⁾ 등은 allograft를 이용한 전방십자인대 재건술과 autograft를 이용한 전방십자인대 재건술 사이에 근력측정 및 기능적 평가를 통한 수술 후 성적의 차이는 없다고 보고 하였다.

그리고 본 연구에서 대퇴사두근과 굴곡근의 Total Work의 결손율이 60°/sec의 느린 운동각속도에서 측정한 수치가 180°/sec의 빠른 운동각속도에서 측정한 수치보다 큰 결과를 얻었다. 이는 슬관절의 고정이 진행할수록 먼저 근육내의 Type I, slow-

twitch fibers의 위축이 유발되고^{11,21)} 후반기로 갈수록 Type II, fast-twitch fibers의 위축이 현저해 진다는 보고^{2,10,20)}에 의거할 때, 연구대상 환자들의 근위축의 경과가 Type II muscle fibers의 atrophy까지는 진행되지 않았다고 사료된다.

본 연구에서 수술후 1년의 근력 향상의 정도가 통계적으로 유의하게 호전되었으나 건축에 대한 결손율이 정상 범위인 10% 이내의 결과를 보이지는 않았다. 관절경을 통한 전방십자 인대 복원술 후 정기적이고 지속적인 근력평가와 더불어 치료계획을 수립하는데 Cybex는 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

결 론

저자들은 이번 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 만성전방십자인대 손상에 대하여 골부착 자가 슬개건을 이용한 전방십자인대 재건술 후, Cybex를 이용한 수술후 근력평가를 시행한 결과 수술전의 근력에 비하여 수술후 3개월에는 근력결손율이 다소 증가하나, 6개월, 9개월 및 1년후에는 근력결손율이 술전에 비해 감소하며, 특히 1년후의 근력의 회복도는 통계적으로 유의하였다.

2. 만성전방십자인대 손상에 대한 전방십자인대 재건술 후 Cybex를 이용한 근력측정은 객관적인 수술 후 평가방법이며, 수술 시간경과에 따른 근력 회복의 정도를 예측할 수 있었다.

REFERENCES

- 1) Arnold JA, Coker TP, Heaton IM, Park JP and Harris WP : Natural history of anterior cruciate tears. *Am J Sports Med*, 7:305-313, 1979.
- 2) Baugher WH, Russel RF, Marshall JL and Joseph A : Quadriceps atrophy in the anterior cruciate insufficient knee. *Am J Sports Med*, 12:192-195, 1984.
- 3) Clancy WG, Ray M and Zoltan DJ : Acute tears of the anterior cruciate ligament. Surgical versus conservative treatment. *J Bone Joint Surg*, 70A:1483-1488, 1988.
- 4) De Andrade JR, Grant C and Dixon A St. : Joint distension and reflex muscle inhibition in the knee. *J Bone Joint Surg*, 47A:313-322, 1965.

- 5) **Feagin JA and Curl WW** : Isolated tear of the anterior cruciate ligament : 5-year follow-up study. *Am J Sports Med*, 4:95-100, 1976.
- 6) **Fetto JF, Marshall JL, Jackson DW and Jennings LD** : The natural history and diagnosis of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop*, 147:29-38, 1980.
- 7) **Flandry F, Hunt JP, Terry GC and Hughston JC** : Analysis of subjective knee complaints using visual analog scales. *Am J Sports Med*. 19:112-118, 1991.
- 8) **Galway RD, Beaupre A and MacIntosh DL** : **Pivot shift** : A clinical sign of symptomatic anterior cruciate ligament insufficiency. *J Bone Joint Surg*, 54B:763-764, 1972.
- 9) **George J Davis** : *A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation technique*. 4th Ed. pp. 38, 301, S-S Publishers, Wisconsin, 1992.
- 10) **Grimby G, Gustafsson E, Peterson L and Renbstrom P** : Quadriceps function and training after knee ligament surgery. *Med Sci Sports Exerc*, 12:70-75, 1980.
- 11) **Haggmark T and Eriksson E** : Cylinder or mobile cast brace after knee ligament surgery. *Am J Sports Med*, 7:48-56, 1979.
- 12) **Hislop JH and Perrine JJ** : The concept of isokinetic exercise. *Phys Ther*, 47:114-117, 1967.
- 13) **Iles JF, Stokes M and Young A** : Reflex actions of knee joint receptors on quadriceps in man. *J Physiol*, 360:481-485, 1985.
- 14) **Kannus P and Jarvinen M** : Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament. Long-term results. *J Bone Joint Surg*, 69A:1007-1012, 1987.
- 15) **Konsei S and Ken N** : Quantitative evaluation after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction-Allograft versus autograft. *Am J Sports Med*, 21:609-616, 1993.
- 16) **Lephart SM, Kocher MS and Harner CD** : Quadriceps strength and functional capacity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 21:738-743, 1993.
- 17) **Losee RE, Johnson ET and Southwick W** : Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. *J Bone Joint Surg*, 60A:1015-1030, 1978.
- 18) **Lysholm J and Gillquist J** : Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*, 10:150-154, 1982.
- 19) **Marshall JL and Rubin RM** : Knee Ligament injuries. A diagnostic and Therapeutic approach. *Orthop Clin North Am*, 8:641-668, 1977.
- 20) **McDaniel WJ and Dameron TB** : Untreated rupture of anterior cruciate ligament. A follow up study. *J Bone Joint Surg*, 62A:696-705, 1980.
- 21) **Nakamura T, Kurosawa H and Watarai K** : Muscle fiber atrophy in the quadriceps in the knee joint disorders. *Arch Orthop Trauma Surg*, 105:163-169, 1986.
- 22) **Nicholas JA, Strizak AM and Veras G** : A study of thigh muscle weakness in different pathological state of lower extremity. *Am J Sports Med*, 4:241-248, 1976.
- 23) **Paulos L and Noyes FR** : Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *Am J Sports Med*, 9:140-149, 1981.
- 24) **Sherrington CS** : *The integrative Action of the nervous system*. 2nd ed. pp.232, New Haven, Yale University Press, 1961.
- 25) **Solomonow M, Baratta R and D' Ambrosia R** : The role of hamstrings in the rehabilitation of the anterior cruciate ligament-deficient knee in athletes. *Sports Med*, 7:42-48, 1989.
- 26) **Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoj H, Bose W, Beck C and D' Ambrosia R** : The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med*, 15:207-213, 1987.
- 27) **Spencer JD, Hayes KC and Alexander IJ** : Knee effusion and quadriceps reflex inhibition in man. *Arch Phys Med Rehabil*, 65:171-177, 1984.
- 28) **Thisle HG, Hislop HJ, Moffoid M and Lowman EW** : New concept of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, 48:279-282, 1967.
- 29) **Tsuboyama T and Windhager R** : knee function after operation for malignancy of the distal femur. *Acta Orthop Scand*, 64(6):673-677, 1993.
- 30) **Walla DJ, Albright JP, McAuley E, Martin RK, Eldridge V and El-Khoury G** : Hamstring control and the unstable anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med*, 3:34-39, 1985.
- 31) **Yasuda K and Ohkoshi Y** : Quantitative evaluation of Knee instability and Muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using patella and quadriceps tendon. *Am J Sports Med*, 20(4):471-475, 1992.
- 32) **Young A, Stokes M and Crowe M** : The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clin Physiol*, 5:145-154, 1985.