

후방 십자 인대 단독 손상 환자의 기능적 분석

김진구

인제대학교 서울백병원 정형외과

목적: 후방 십자 인대 손상 환자의 포괄적 기능적 검사를 시행한 후 동일 조건의 정상인과 비교 분석함으로써 생체 내의 보상 기전을 알아보고 향후 치료에 유용한 지침을 개발하는데 있다.

연구대상 및 방법: 10명의 후방 십자 인대 손상 환자와 10명의 정상 대조군을 대상으로 운동 범위, 후방 전위 검사, KT-1000 을 이용한 후방 전위 검사, 텔로스 스트레스 및 30도 굴곡 전 체중 부하 방사선 검사, 보행 분석, 근전도 검사, 등 운동성 근력 검사 등을 시행하였다.

결과: 이학적, KT-1000, 텔로스 후방 전위 검사에서는 양군 간에 의미 있는 차이를 보였으나 30도 굴곡 전 체중 부하 방사선 검사, 굴곡 및 신전건의 근력 검사에서는 차이가 없었다.

보행 시 후방십자인대 결손 군은 초기 착지 시 슬관절 굴곡을 더 적게 하고 입각기 시 슬관절 최대 외반 관성력은 감소하였다 ($p=0.027$). 수직 착지 시 초기 접촉이 일어나는 순간 더 큰 족저 굴곡을 보이므로 ($p=0.014$) 슬관절의 하중 부담을 감소시켰고 ($p=0.020$) 근전도 검사 및 근력에서는 유의한 차이가 없었다.

결론: 후방 십자 인대 손상 후 환자들은 슬관절의 불안정 요소를 줄이고 충격을 최대한 흡수하는 보상 작용을 수행하여 훌륭한 임상적, 기능적 결과를 나타내며 향후 지속적인 연구가 필요하다.

색인 단어: 후방 십자 인대, 기능적 검사, 보행 분석

서론

후방 십자 인대 손상은 비록 전방 십자 인대 손상보다 적지만 최근 연구에 의하면 그 빈도와 기능적 중요성이 강조되고 있다^{8,10}. 후방 십자 인대의 손상을 진단하는데 있어 이학적 검사는 손상의 정도와 적절한 치료를 결정하는데 매우 중요하다. 하지만 최근까지 시행하고 있는 임상적 검사는 실제 기능적 장애를 측정하는데 한계가 있으며 그 이유는 주로 수동적 후방 전위만을 측정하는 것으로는 기능적 장애의 정도를 예측할 수 없고⁷ 후방 십자 인대 손상의 손상 정도에 따른 자연적 경과에 아직 많은 논란이 있기 때문이다. 후방 십자 인대의 손상 이후 환자들은 일상 생활에 있어 근육의 대체를 이용한 동적 기능 보상(dynamic compensation)을 시도할 것이며 이러한 현상은 전방 십자 인대 손상의 경우 많은 연구가 되었지만^{1,3,6} 후방 십자 인대 손상에서는 아직 잘 알려지지 않았다.

본 연구의 목적은 후방 십자 인대 손상 환자의 이학적, 방사

선적 검사, 보행 분석, 근전도 검사, 등 운동성 근력 검사 (isokinetic strength test) 등의 총체적 검사를 시행한 후 동일 조건의 정상인과 비교 분석함으로써 후방 십자 인대 손상 후 발생하는 생체 내의 적응 기전 및 보상 기전을 알아보고 향후 치료에 유용한 지침을 개발하는데 있다.

연구대상 및 방법

본 연구는 피츠버그 대학 정형외과 스포츠 분과 신경 근육 학적 연구 센터(neuromuscular research center)에서 진행 되었으며 2기 이하의 후방 십자 인대 단독 손상으로 보존적 치료를 하기로 결정한 10명의 활동적인 환자를 대상으로 하였고 동일 조건의 10명의 건강한 성인과 비교 분석하였다. 이학적 검사는 수동적 및 능동적 슬관절 운동 범위, 후방 전위 검사 등을 시행하였으며 방사선적 검사는 90도 굴곡 위에서 32파운드의 힘을 가한 텔로스 스트레스 방사선 검사(Fig. 1A) 및 슬관절 30도 굴곡 위에서의 체중 부하 측면 사진(Fig. 1B)을 시행하였다.

기계적 검사는 KT-1000(MedMetric Inc., San Diego, CA)을 사용하여 검사하였으며 이 때 후방 전위를 보정하기 위해 평상시 후방 처짐(posterior sagging)이 있는 위치에서 능동적 대퇴 사두근 긴장을 가하여 슬관절의 위치를 중립위로 보정한 후 KT-1000을 이용하여 20파운드의 힘을 가하여 후

통신저자: 김진구

서울특별시 중구 저동 2가 85

서울백병원 정형외과학교실

TEL: 02) 2270-0025 · FAX: 02) 2270-0023

E-mail: jgkim@seoulpaik.ac.kr

방 전위의 정도를 측정하였다⁹⁾.

등 운동성 검사(isokinetic assessment)는 Biodex System 3 Multi-Joint testing and Rehabilitation System(Biodex Medical Inc., Shirley, NY)을 사용하였으며 최대 염력(peak torque), 최대 염력에의 도달 시간(time to peak torque (ms)), 체중 대비 최대 염력, 대퇴사두근 및 슬괵근의 검사 시 0.2초에 도달하는 염력 등을 산출하였다.

검사 과정에서 피검자는 1초당 60도의 속도로 슬관절의 구

심성-구심성 굴곡-신전 수축을 5회 반복한 후 1초당 240도의 속도로 10회 반복 검사를 시행하였다 (Fig. 2).

보행 분석은 3차원 비디오 분석 시스템, 원격 근전도 시스템과 2개의 압력 측정판을 이용하였다. 3차원 비디오 분석 시스템은 Peak Motus System (Peak Performance Technologies, Inc., Englewood, CO)을 이용하였으며 압력 측정판에서 양측으로 4 m거리에 6개의 고속 비디오 카메라(Pulnix Industrial Product Division, Sunnyvale, CA)를 설치한 후 피검자의 몸에 반응성 표지(reflective

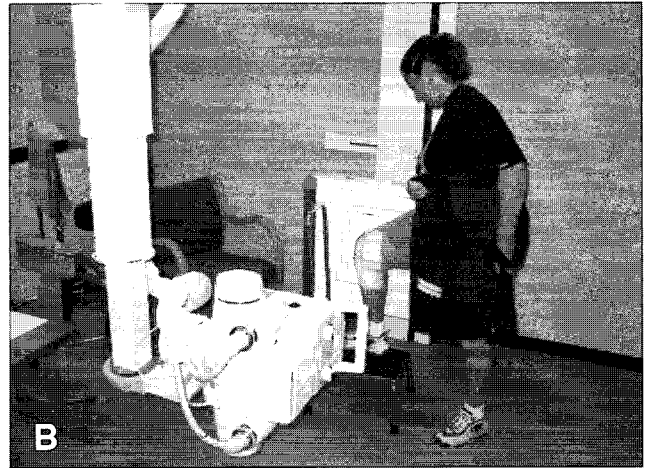
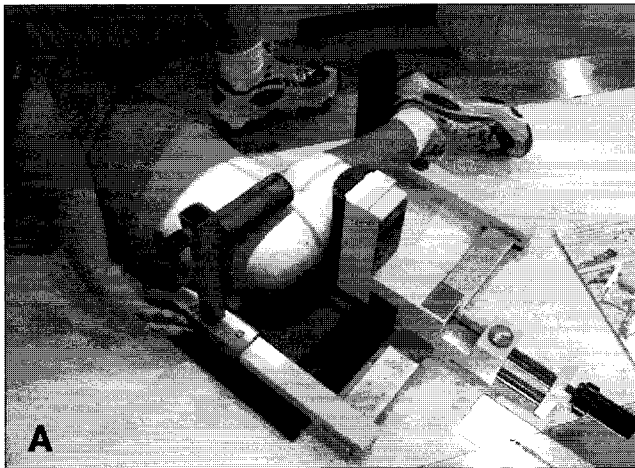


Fig. 1. (A) Telos posterior stress view. (B) Full weight bearing 30° lateral view (FWB 30).



Fig. 2. Isokinetic test using Biodex system.

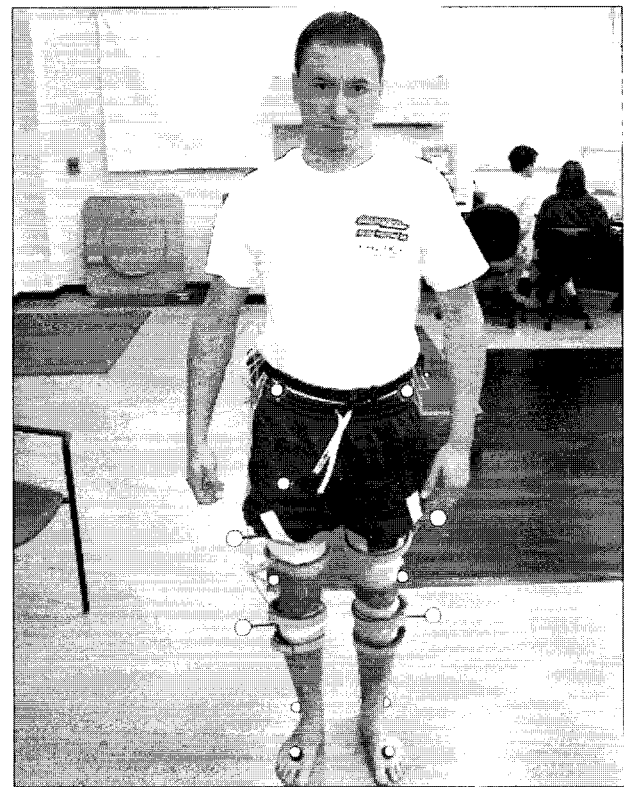


Fig. 3. The position of the reflective marker.

marker)를 부착하여 컴퓨터를 이용하여 분석하였다. 반응성 표지의 위치는 발뒤축, 족관절 외과, 제2 중족골 두, 대퇴 외상과, 전상 장골극(anterior superior iliac spine, ASIS), 천골 중앙에 위치하게 하였고 나머지 4개의 표지는 양하지의 대퇴부와 하퇴부의 외측 중간에 위치하게 하였다 (Fig. 3).

근전도 검사는 내, 외측 광근(vastus), 내, 외측 슬근(hamstring), 내, 외측 비복근(gastrocnemius), 대내전근(adductor magnus) 등 총 7개의 근육을 검사하였고 각각의 근육 중앙에 양극성 표면 전극(Medicotest, Inc., Rolling Meadows, IL)을 2개씩 부착한 후 Noraxon Telemetry System (Noraxon, USA, Inc., Scottsdale, AZ)을 이용하여 결과를 기록하였다. 지면 반응력의 측정은 Bertec force plate (Bertec Corporation, Worthington, OH; Model #4060-1011000)을 이용하였으며 보행 분석은 총 7 m의 거리를 피검자가 자연스럽게 보행하는 것을 10회 반복하여 평균값을 얻었다 (Fig. 4).

수직 착지 검사(vertical drop landing test)는 피검자가 동일 반응성 표지와 전극을 설치한 상태에서 지상 40 cm의 높이에서 한 다리로 Bertec force plate로 뛰어 내리는 과정에서 발생하는 최대 수직 지면 반응력과 이에 도달하는 시간, 관절 각도 및 모멘트 등을 측정하였으며 각 검사 당 3회 반복하여 평균값을 얻었다 (Fig. 5).



Fig. 4. Testing subjects should step on the 2 Bertec force plate during gait analysis.

통계적 분석은 Multiple one-way ANOVA 방법을 이용하였으며 p값이 0.05 이하인 경우를 의미 있는 차이로 분석하였다.

결 과

환자의 평균 연령은 28.4세로 젊고 활동적이었으며 수상 후 검사까지의 기간은 평균 4.0년으로 수술적 치료가 필요 없이 잘 적응된 환자들이었고 대조 군은 평균 30.0세로 환자 군과 비슷한 조건이었다(Table 1).

능동적 및 수동적 슬관절 운동 범위에서는 양군 간의 차이가 없었으며 후방 전위 검사 상 후방 십자 인대 손상 군 전례에서 2기의 후방 불안정성을 보였고 대조 군에서는 불안정성이 관찰되지는 않았다. Telos 스트레스 방사선 검사에서는 후방 십자 인대 손상 군의 15.27 mm 에 비해 대조 군의 경우 5.58 mm로 양군의 차이는 의미가 있었으나, 슬관절 30도 굴곡 전 체중 부하 측면 방사선 검사에서는 양군 간의 차이가 2 mm 이내로 차이가 없었다(Table 2). KT-1000을 이용한 후방 전위 검사에서 양군 간 평균 5 mm 정도의 차이로 통계적 의미가 있었고 Biodex System을 이용한 등 운동성 검사에서는 대퇴 사두 근력이 후방 십자 인대 손상 군에서 약간 감소하였으나 통계적 의의가 없었으며 굴곡력에 있어서 양군 간의 차



Fig. 5. Vertical drop landing test.

Table 1. Demographic features of the study subjects.

		PCL Subjects	Control Subjects
Sex	Male	9	9
	Female	1	1
Age		28.4 ± 12.9 years	30 ± 12.3 years
Height		1.81 ± 0.07 m	1.78 ± 0.10 m
Weight		89.1 ± 10.1 kg	83.69 ± 10.0 kg

이가 없었다(Table 3).

보행 검사에서는 140개의 생역학적 변수와 24개의 근전도적 검사를 분석하였으나 근전도 검사 상 양군간의 의미 있는 차이는 없었으며 생역학적 변수에 있어서 8개 만이 의미 있는 차이를 보였다. 후방 십자 인대 손상 군은 입각기의 뒤축 닿기(heel strike at stance phase)에서 슬관절 굴곡이 작았고 중간 입각기(midstance)에서 수직 지면 반응력이 대조군 보다 더 크게 나타났다. 후방 십자 인대 손상 군은 슬관절을 외반각으로 회전시킬 수 있는 각을 의미하는 최대 외반 관성력(maximum valgus moment)가 대조군 보다 감소하였다.

수직 착지 검사(vertical drop landing test)에서는 총 59개의 생역학적, 24개의 근전도적 변수를 분석하였으며 근전도 검사에서는 양군 간의 의미 있는 차이는 없었고 생역학적 변수에서는 5개의 변수 만이 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다. 후방 십자 인대 손상 군은 최대 지면 반응력에 도달하는 시간이 지연되었고 초기 착지 시 족관절의 족저 굴곡이 증가하였다.

고 찰

후방 십자 인대 손상 후 자연적 경과에 대해서는 아직 많은

논란이 있다. 한때 후방 십자 인대 손상은 양호한 예후를 보이므로 보존적 치료가 가능하다고 알려져 왔으나^{12,15)} 최근 연구에서 슬관절 동요의 증가와 조기 퇴행성 변화 등으로 불명한 예후를 보인다는 보고가 있었다¹⁷⁾. 최근 후방 십자 인대에 관한 연구는 주로 후방 십자 인대 결손에 따른 생 역학적인 변화와 수술 방식에 대한 사체 연구가 많이 되고 있으며 후외방 인대 손상 등의 동반 손상에 대한 중요성이 알려지면서 이 분야에 많은 발전이 있었지만^{11,13,14,20)} 실제 환자가 일상 생활과 보행 시 일어나는 생체 내의 적응과 보상 기전에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다¹⁰⁾. 이와 반면 전방 십자 인대 손상에 대해서는 보행 분석, 근전도 검사 등을 이용한 많은 생체 내 기능에 관한 연구가 이루어졌고 전방 십자 인대 손상 시 보행 양상, 근력의 변화, 근육 수축의 시기 등 많은 기능적 보상에 대한 연구가 이루어졌다. 후방 십자 인대 손상 이후의 기능적 손상과 보상 과정에 관한 연구는 1988년 Tibone 등¹⁹⁾에 의해 최초로 이루어졌다. 이들은 20명의 후방 십자 인대 손상 군을 보존적 치료를 시행한 군과 내측 비복근 이전술을 이용한 재건술을 시행한 군으로 나누어 보행분석, 비디오 동작 분석, 근전도 검사 등을 시행하였고 그 결과를 분석한 결과 다양한 생 역학적 이상에도 불구하고 양군 간의 의미 있는 차이가 없었다고

Table 2. Results of Telos and FWB 30 view.

	TELOS		FWB 30	
	INVOLVED	UNINVOLVED	INVOLVED	UNINVOLVED
Average	15.27	5.58	0.88	-0.99
sd	2.87	3.70	7.53	4.42
p-value	0.000		0.375	

FWB 30: full weight bearing 30° lateral view, sd: standard deviation

Table 3. Isokinetic test in flexion and extension of the knee joint.

ISOKINETIC 60 DEGREES/SECOND: EXTENSION						
	Experimental Group		Control Group		Exp vs Control	
	Involved	Noninvolved	Involved	Noninvolved	Involved	Noninvolved
Average	211.91	229.90	235.77	234.76	211.91	231.88
sd	36.65	49.57	56.18	44.31	36.65	47.41
p-value	0.07		0.93		0.31	

ISOKINETIC 60 DEGREES/SECOND: FLEXION						
	Experimental Group		Control Group		Exp vs Control	
	Involved	Noninvolved	Involved	Noninvolved	Involved	Noninvolved
Average	118.30	125.94	114.55	113.11	118.30	112.93
sd	21.42	26.61	27.12	31.25	21.42	30.23
p-value	0.13		0.81		0.65	

sd: standard deviation, Exp: Experimental

보고하였다.

저자들의 경우 비슷한 활동도를 보이는 정상 대조 군과 후방 십자 인대 결손 군을 비교함으로써 대조군 설정에 있어서 좀 더 객관성을 기하고자 하였다. 슬관절의 십자 인대 손상으로 불안정성을 가지고 있는 환자는 전반적인 활동 감소와 환측 슬관절의 보상 기전으로 인해 건측 슬관절에도 근육 위축과 고유 수용 감각(proprioception)에 영향을 미쳐 정확한 차이를 인지할 수 없으며 후방 십자 인대 재건술을 시행한 환자를 대조 군으로 할 경우 재건술이 미치는 영향과 슬관절의 안정성에 대한 객관성이 없어 비교 과정에 문제가 있을 수 있다¹⁵⁾. 따라서 가장 객관적인 비교 연구는 동일 조건의 정상인과 손상 군을 비교하고 우성 측(dominant side)와 비 우성 측을 구별하여 비교 분석하는 것이므로 본 연구의 대조군 설정은 기존 연구 보다 좀 더 객관적인 타당성이 있다고 할 수 있다.

본 연구에 의하면 보행 분석에서 후방 십자 인대 손상 군은 보행 시 슬관절 굴곡 정도를 줄이고 외반 모멘트를 감소시킨다. 이는 후방 십자 인대 손상 후 일어나는 보상 기전의 하나로 정상 보행 시 입각기의 중간 보행 시기의 슬관절 굴곡이 커지고 내전이 일어나는 과정에서 동반될 수 있는 불안정성을 줄이기 위해 슬관절의 굴곡과 내전을 억제하는 것으로 해석할 수 있으나 그 의미는 아직 알기 어렵다. 전방 십자 인대 손상의 경우에도 슬관절 굴곡을 억제하는 바 이는 “대퇴 사두근 회피” 보행을 통해 전방 십자 인대의 길항근인 대퇴 사두근의 사용을 억제하고 슬관절의 과사용을 유발함으로써 불안정을 보상하기 위한 적응과정에서 나타남^{1,3)}에 비해 후방 십자 인대 손상 군에서는 이와 같은 전형적인 보상 작용은 나타나지 않고 향후 좀 더 많은 연구가 필요하리라 생각한다.

수직 착지 검사(Vertical drop landing test)는 슬관절 주변 근육에 강한 원심성 수축(forced eccentric contraction)을 유발하여 운동 수행 능력을 평가하는 검사로 최근 슬관절 불안정성의 보상 과정에서 많이 이용되고 있다^{2,4,18)}. 본 연구에서 수직 착지 시 후방 십자 인대 손상 환자는 족저 굴곡을 증가시키고 최대 지면 반응력에 도달하는 시간을 연장시켜 슬관절의 충격을 분산시키는 보상 작용을 하고 있음을 알 수 있으나 이 보상 작용이 의미 있는 일관된 기전인지에 대해서는 좀 더 많은 후속 연구가 필요하다.

방사선적 검사에서 텔로스 스트레스 검사는 90도 굴곡 위에서 후방 전위를 보는 것으로 슬관절의 수동적, 정적 불안정성 검사로서는 예민한 검사라고 할 수 있지만 실제 기능적인 불안정성을 검사하는 데는 한계가 있는 검사 방법이다. 환자들은 일상 생활의 과정에서 보행 시 20~40도 정도의 슬관절 굴곡을 유지하는 바 실제 보행과정의 불안정성을 검사하는 것은 30도 굴곡 위에서 전 체중 부하를 함으로써 실제 보행과정의 중간 입각기에 일어나는 슬관절 하중을 검사하는 것이 좀 더 정확하다 할 수 있을 것이다. 본 연구에 의하면 텔로스 스트레스 검사에서 의미 있게 후방 불안정성을 보이는 환자에서 30도 굴곡 위 전 체중 부하 검사에서는 불안정성이 크지 않은 것으

로 나타났다. 이는 경골에 있는 7도 정도의 정상 후방 경사각으로 인해 슬관절 굴곡 위에서 체중 부하를 할 경우 경골이 전방으로 전위하는 경향이 있어 실제 보행과 일상 생활에서 후방 십자 인대 단독 손상 환자가 양호한 기능 적응과 예후를 보이고 있음을 해석할 수 있는 하나의 검사라 할 수 있다.

이러한 결과는 만성 후방 십자 인대 손상 군에 있어서 후방 경사를 증가시키고 외반각을 증가시키는 근위 경골 이중면 절골술(Biplana osteotomy)의 유용성을 뒷받침할 수 있는 기능적 연구라 할 수 있다⁹⁾.

결론

본 연구를 통해 제 2기의 손상 정도를 보이는 후방 십자 인대 단독 손상 군은 보행 시 슬관절 굴곡 정도를 줄이고 외반 모멘트를 감소시키고 착지 시 족저 굴곡을 증가시키고 최대 지면 반응력을 감소 시키는 등의 적응 과정을 통해 슬관절의 불안정 요소를 줄이고 충격을 최대로 흡수하는 보상 작용을 수행하여 훌륭한 임상적, 기능적 결과를 나타냄을 알 수 있었다. 향후 본 연구의 결과를 토대로 전방 십자 인대 손상 환자와의 비교를 통해 양군 간의 보상 기전의 차이를 밝히고 후방 십자 인대 및 후외방 인대 구조의 동반 손상의 경우 보상 기전의 실패를 초래하는 생 역학적 요인을 찾아보는 연구가 필요하리라 사료된다.

참고문헌

1. **Andriacchi TP:** Functional analysis of pre and post-knee surgery: total knee arthroplasty and ACL reconstruction. *J Biomech Eng*, 115:575-581, 1993.
2. **Baca A:** A comparison of methods for analyzing drop jump performance. *Med Sci Sports Exerc*, 31(3):437-442, 1990.
3. **Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR and Reider B:** Gait adaptation by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*, 72A:871-877, 1990.
4. **Bobbert, M. F., P. A. Huijing, and G. J. Van Ingen Schenau.** Drop jumping: I. the influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 19:332-338, 1987.
5. **Daniel DM, Stone ML, Sachs R:** Use of the quadriceps active test to diagnose posterior cruciate ligament disruption and measure posterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg*, 70A:386-391, 1988.
6. **Devita P, Hortobagyi T, Barrier J, Torry M, Glover KL, Speroni DL, Money J and Mahar MT:** Gait adaptations before and after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Med Sci Sports Exerc*, 29:853-859, 1997.

7. **Eastlack ME, Axe MJ and Snyder-Mackler L:** *Laxity, instability and functional outcome after ACL injury: copers versus noncopers. Med Sci Sports Exerc, 31:210-215, 1999.*
8. **Fanelli GC:** *Posterior cruciate ligament injuries in trauma patients. Arthroscopy, 9:291-294, 1993.*
9. **Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL and Harner CD:** *Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. Am J Sports Med, 32(2):376-382, 2004.*
10. **Harner CD and Hoher J:** *Evaluation and treatment of posterior cruciate ligament injuries. Am J Sports Med, 26: 471-482, 1998.*
11. **Harner CD, Xerogeanes JW, Livesay GA, et al:** *The human posterior cruciate ligament complex: An interdisciplinary study. Ligament morphology and biomechanical evaluation. Am J Sports Med, 23:736-745, 1995.*
12. **Keller PM, Shelbourne KD, McCarroll JR, et al:** *Nonoperatively treated isolated posterior cruciate ligament injuries. Am J Sports Med, 21:132-136, 1993.*
13. **L'Insalata JC and Harner CD:** *Treatment of acute and chronic posterior cruciate ligament deficiency. New approaches. Am J Knee Surg, 9:185-193, 1996.*
14. **Miller MD, Bergfeld JA, Fowler PJ, et al:** *The posterior cruciate ligament injured knee: Principles of evaluation and treatment. AAOS Instructional Course Lectures, 48: 199-207, 1999.*
15. **Parolie JM and Bergfeld JA:** *Long-term results of non-operative treatment of isolated posterior cruciate ligament injuries in the athlete. Am J Sports Med 14:35-38, 1986.*
16. **Perry-Rana SR, Housh TJ, Johnson GO, Bull AJ and Cramer JT:** *MMG and EMG responses during 25 maximal, eccentric, isokinetic muscle actions. Med Sci Sports Exerc, 35(12):2048-54, 2003.*
17. **Shelbourne KD and Rubenstein RA Jr.:** *Methodist sports medicine center's experience with acute and chronic isolated posterior cruciate ligament injuries. Clin Sports Med, 13:531-543, 1994.*
18. **Seegmiller JG and McCaw ST:** *Ground reaction forces among gymnasts and recreational athletes in drop landing. J Athl Train, 38(4):311-314, 2003.*
19. **Tibone JE and Antich TJ, Perry J, et al:** *Functional analysis of untreated and reconstructed posterior cruciate ligament injuries. Am J Sports Med, 16:217-223, 1988.*
20. **Veltri DM, Deng X-H, Torzilli PA, et al:** *The role of the cruciate and posterolateral ligaments in stability of the knee. A biomechanical study. Am J Sports Med, 23:436-443, 1995.*

= ABSTRACT =

Functional analysis of isolated posterior cruciate ligament deficient subjects

Jin Goo Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul Paik Hospital, Inje University

Purpose: To evaluate the compensatory mechanism in vivo and develop the treatment guide by performing the comprehensive functional tests of the posterior cruciate ligament (PCL) deficient subjects.

Material and Methods: 10 PCL deficient subjects and 10 healthy control group were evaluated. Performed functional tests were range of motion, posterior drawer test, Telos, 30° flexion wt-bearing view, KT-1000 arthrometer, gait analysis, EMG test and isokinetic tests.

Results: Physical, KT-1000, Telos posterior tests showed significant differences, but 300 full weight bearing lateral view, muscle strength test revealed no difference between two groups. Less knee flexion at initial contact and reduced maximum valgus moment were observed in PCL deficient group. In vertical drop landing, PCL group had increased plantar flexion angle at initial contact.

Conclusion: Compensatory mechanisms such as reduced unstable components and absorbing the maximal load of the joint were occurred after PCL insufficiency, which result in good clinical and functional outcomes. Further investigations would be needed to understand the functional adaptations of PCL deficient subjects.

Key Word: Posterior cruciate ligament (PCL), Functional test, Gait analysis

Address reprint requests to **Jin Goo Kim, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Seoul Paik Hospital, Inje University

85 2Ka Jur Dong Chung Gu. Seoul 100-032, Korea

TEL: 82-2-2270-0025, FAX: 82-2-2270-0023, E-mail: jgkim@seoulpaik.ac.kr