

후방십자인대 손상 및 후외측 관절 동요의 진단 및 평가

을지의과대학 정형외과학교실

이 광 원

서 론

후방십자인대 손상은 외래 환자의 경우 전체의 약 3%¹⁾, 응급 환자의 약 37%²⁾ 정도를 차지한다고 보고되고 있다. 이중 50%~90% 이상의 환자에서 다른 슬관절 구조물의 손상이 동반되며 특히 후외측 구조물의 손상이 많이 동반되는 것으로 알려져 있다³⁾. Fanelli와 Edson⁴⁾은 급성 슬관절 손상 222례 중 38%에서 후방십자인대 손상이 있었다고 하였으며 이중 동반 인대 손상이 96.5%를 차지하였으며 단독 후방십자인대 손상은 3.5%였고, 동반 후외측 구조물 손상이 41.2%를 차지하였다고 하였다. 후방십자인대 손상 및 후외측 불안정성의 성공적인 치료를 위하여는 초기의 정확한 진단이 필수적이다. 이 종설에서는 후방십자인대 손상 및 후외측 불안정성의 진단 및 평가에 대하여 알아보 고자 한다.

손상 기전

대부분의 후방십자인대 손상은 근위 경골에 일정한 방향으로 외력이 가해지면서 발생하게 되며 대부분이 스포츠 손상이나 교통사고 등에 의한다. 이중 교통사고가 약 절반을 차지하며 차내에서 무릎 부분이 앞쪽 계기판에 부딪치면서 발생하고 스포츠 손상은 발이 굴곡(plantar flexion)된 상태에서 무릎이 지면에 부딪치면서 발생한다. 슬관절의 굴곡 및 신전 정도에 따라 손상 부위가 달라지게 되는데 슬관절이 과 굴곡된 경우에는 일반적으로 단독 손상이 발생하게 되는데 후방십자인대의 대퇴 부작부에서 골막을 포함한 견열 손상이⁵⁾ 발생하며 이는 초기의 수술적인 치료로 좋은 결과를 얻을 수 있다¹⁸⁾. 과신전된 상태에서 외반력이나 내반력이 가해지는 경우에는 다발성 인대 손상이 발생하게 된다. 후외측 인

대 손상은 과신전위에서 내반력이 가해지면서 발생한다.

임상적 평가

병력

초기의 정확한 병력의 파악이 중요하다. 그러나 보통은 특별한 증상이 없는 경우가 많다. 또한 후방십자인대가 파열되는 순간에 인대 손상을 감지하는 경우도 드물다. 전방 십자인대나 내측부인대 손상과는 달리 인대 손상을 의미하는 "pop" 등을 느끼지는 못한다. 급성 손상 시에는 경골 결절 부근의 피부에 찰과상이나 반상 출혈 등의 소견이 관찰될 수 있으며 삼출액이나 슬관절 후방의 동통 등을 호소할 수 있다. 보행 중 갑자기 방향을 바꿀 때에 불안정성을 느낄 수 있다. 아급성기나 만성기에는 슬관절 전방의 동통 및 층계를 내려갈 때나 보행 중 갑자기 속도를 줄일 때에 동통을 느낄 수 있다. 슬개 관절 후면(retropatellar)의 관절 접촉면과의 압력의 증가로 슬개 관절 후면의 통증이 증가한다²⁶⁾. 통증은 시간이 지나면서 점차 심해지며 대퇴슬개 관절면이나 내측 구획에 나타나게 된다. 심한 외반력으로 인한 비골신경 손상이 발생할 수 있으며 그 빈도는 13~16% 정도로 보고되고 있다²⁾. 급성 손상 시에는 다른 인대 손상과 동반되어 진단이 늦어지는 경우가 있으므로 세심한 진단이 필요하고 슬관절 후외측부에 동통, 압통 여부, 경골 근위부의 골절 여부도 확인해야 한다.

이학적 검사

1) 후방스트레스 검사(posterior drawer test)

Rubinstein 등²³⁾은 후방십자인대 손상의 여러 이학적 검사의 정확도에 대하여 평가를 하였는데 그 중 후방 스트레스 검사가 민감도(sensitivity test, 90%)에서 가장 높고 특이도(specificity, 99%)면에서도 상당히 높은 것으로 나타났다. 이 검사는 후방십자인대의 기능이 상실된 경우 생체 역학적으로 슬관절이 70도에서 90도 정도 굴곡된 경우에 경골의 후방 전위가 최대로 발생한다는 데 근거를 두고 있다. 검사 방법은 환자를 앙와위(supine)에서 슬관

* Address correspondence and reprint requests to
Kwang Won Lee, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Eulji University Hospital,
1306, Dunsan-dong, Seo-gu, Daejeon, 302-799, Korea
Tel: 82-42-611-3280, Fax: 82-42-259-1289
E-mail: kwangwon@eulji.ac.kr

절을 90도로 굴곡 시킨 후 검사자가 환자의 발이 미끄러지는 것을 막기 위하여 발 위에 걸터 앉은 자세로 환자의 허벅지 근육을 완전히 이완시킨 다음 하퇴부의 근위부를 두 손으로 잡은 후 후방으로 외력을 가하여 양측의 후방 전위 정도를 비교한다.

2) Step-off test

이 검사는 후방 스트레스 검사를 하기 전에 쉽게 시행할 수 있는 검사로서 슬관절이 90도로 굴곡되어 있는 경우에 정상에서는 경골 내측 고평부가 대퇴골 내과보다 약 1 cm 정도 전방으로 돌출되게 된다. 이는 술자의 엄지나 검지로 쉽게 측지 할 수 있으며 후방십자인대 손상이 있는 경우에는 이 step-off가 감소하거나 소실되게 된다. 후방 전위의 정도는 경골의 후방으로의 이탈구된 정도로 측정한다. 경골의 후방 전위정도가 1~5 mm이면 Grade I, 5~10 mm 이면 Grade II, 그 이상이면 Grade III로 정의하며 이 경우에 다른 인대의 동반손상의 유무에 대하여 확인해야한다. Parolie와 Bergfeld는²¹⁾ 슬관절을 90도 굴곡 시킨 상태에서 경골을 중립 위치에서 그리고 내회전시킨 상태에서 후방 스트레스 검사를 하면 다른 인대의 동반 손상을 감별 진단 하는데 도움이 된다고 하였다.

3) Posterior sag test

환자를 앙와위 자세에서 슬관절과 고관절을 90도로 굴곡 시킨 다음 술자가 환자의 발꿈치를 손으로 들어올려 측면에서 양쪽 경골의 위치를 비교한다. 정상에서는 근위 경골의 경골 결절, 슬개건, 슬개골이 이루는 면이 전방으로 돌출되어 있으나 후방십자인대 손상으로 인하여 경골이 후방으로 이탈구되어 있는 경우에는 전측과 비교하여 후방으로 오목한 모습을 보인다.

4) Quadriceps active test

앙와위 자세에서 슬관절을 90도 굴곡 시킨 다음 발바닥을 바닥에 댄 상태로 유지한다. 후방십자인대 손상이 있는 경우에는 경골의 후방 전위가 관찰되며 이때 대퇴 사두근의 자발적인 수외적 수축을 시키면 후방 전위된 경골이 전방으로 정복되는 것을 볼 수 있다.

5) Dynamic posterior shift test

Shelbourne 등²⁴⁾이 기술하였으며 posterior sag test 와 같은 자세로 시작한다. 즉 슬관절과 고관절을 90도로 굴곡 시킨 상태에서 검사자가 서서히 슬관절을 신전시키면 후방십자인대가 손상된 경우에는 후방으로 이탈구되었던 경골이 정복되면서 급작스런 움직임(jerk)을 느끼거나 소리를 들을 수가 있다.

6) Whipple-Ellis test³²⁾

환자를 복와위로 한 상태에서 슬관절은 약 70도 정도 굴곡 시키며 한 손으로 하퇴 부를 잡고 다른 한 손으로 경골 결절 부위를 잡고 뒤로 밀면 하퇴부가 후방으로 전이되는 것을 볼 수 있다. 이 검사는 대퇴사두근의 수축으로 생길 수 있는 간섭을 피할 수 있으며, 또한 후방 관절낭의 손상이 있는 경우에는 족부가 내측이나 외측으로 움직이게 된다.

7) Reverse pivot shift test¹⁵⁾

이 검사는 슬관절의 후외측 구조물의 손상으로 인한 후외측 회전 불안정성의 진단에 도움이 된다. 환자를 앙와위로 한 뒤 술자는 손상받은 무릎 쪽에 위치하여 한 손은 슬관절의 외측에 다른 한손은 발을 잡은 상태에서 경골을 외회전 하면 후외측 회전 불안정성이 있는 경우에는 경골의 외측 고평부가 후방으로 이탈구된다. 이 검사는 슬관절은 굴곡, 발은 외회전시킨 상태에서 무릎을 서서히 신전시키면서 수행하게 된다.

8) External rotation recurvatum test¹³⁾

환자를 앙와위 자세에서 술자가 환자의 제 1족지를 손으로 잡고 들어 올린 후 무릎의 파신전 및 내반의 정도를 관찰하게 된다.

9) External rotation thigh foot angle test^{7,8)}

환자를 앙와위나 복와위의 자세에서 슬관절을 30도 및 90도의 위치로 시행한다. 후외측 회전 불안정성이 있는 경우에는 양측 발의 외회전 정도의 차이가 발생하게 된다. 30도와 90도 위치 모두에서 외회전이 증가하게 되면 후외측 불안정성과 후방 불안정성이 함께 있는 것을 의미하며 90도에서만 외회전이 증가하는 경우에는 후방 불안정성만 존재하는 것을 의미한다. 최근에는 rotational laxiometer으로 경골의 외회전 및 내회전을 측정할 수 있으나 아직까지는 실험 단계에 불과하다.

10) Varus stress test

30도 굴곡위에서 내반력을 주었을 때 양성인 경우에 외측측부인대 손상과 후외측부 구조물의 손상을 의미한다.

11) Posterolateral drawer test

슬관절 굴곡 80도, 발을 15도 외회전한 상태에서 후방 스트레스를 주었을 때 외측 경골 고평부의 전위와 외회전 정도에 따라 후외측 불안정성을 진단할 수 있다.

12) Varus thrust gait

이러한 형태의 보행을 보이는 환자는 대부분이 내반슬의 형태를 보이며 슬관절을 굴곡 시킨 상태에서 보행한다.

13) Arthrometer test

전방십자인대 손상의 진단에 많이 이용되는 KT-1000이나 KT-2000등의 관절계측기³⁾는 후방십자인대 손상의 진단의 정확도에 있어서 전방십자인대의 경우보다는 떨어지는 것으로 알려져 있다¹²⁾.

방사선적 평가

Standard radiographic examination

급성 후방십자인대 손상의 경우에 단순 방사선 검사는 별로 도움이 되지 않으나 후방십자인대의 경골 부착부에서의 견열 손상이나 다른 골절이 있는 경우를 확인하기 위하여 반드시 시행하여야 한다. Hall과 Hochman¹⁰⁾이 기술한 내측 Segond 골절은 후방십자인대의 손상을 의미하는 소견 중의 하나이며 이는 후방십자인대 손상과 동반되어 나타나는 내측 관절낭의 견열을 의미한다⁴⁾. 만성 후방십자인대 손상의 경우에는 슬관절을 45도 굴곡 시킨 상태에서의 체중부하 전후방 사진 및 외측, Merchant사진 등을 이용하여 내측 구획 및 대퇴슬개 관절에 발생할 수 있는 퇴행성 변화에 대한 확인이 필요하다.

Stress radiography

이학적인 검사나 관절 계측기의 제한점을 고려해 보면 스트레스 방사선 검사는 비교적 간단하고 비침습적(non-invasive)이며 일정한 결과를 얻을 수 있는 방법이다. 이 방법은 불안정성의 정도를 일정하고 정확하게 측정할 수 있으며 경제적이고 추시 목적에 매우 유용하게 사용할 수 있는 방법이다. 또한 외측 스트레스 검사 방법은 내외측 구획의 불안정성의 측정이 가능하여 이론적으로는 동반된 변연부의 손상을 진단하는 데 도움이 될 수 있다고 한다. 반면에 사진을 얻고 결과를 측정하는데 시간이 걸리고 동반 손상으로 인한 경골의 회전에 대한 계측에는 부적절하며 가해진 부하(stress), 배율(magnification), 굴곡 및 회전 정도, 표식자(landmarks)가 일정해야 한다는 단점이 있다.

1977년 Jacobsen¹⁴⁾, 1990년대 초에 Staubli와 Jakob²⁸⁾은 급성 후방십자인대 손상에서의 후방 스트레스 검사의 가치에 대하여 기술한 바 있다. Daniel 등³⁾도 이학적인 검사의 결과 분석이 술자에 따라 많은 차이가 있으며 따라서 개관적인 평가 방법의 필요성에 대하여 강조하였다. 그 이후로 방사선 조사량이나 슬관절의 굴곡 정도, 측정 방법 등을 달리한 여러 가지 검사 방법이 발표되었으나 실제로 후방십자인대 손상에서의 스트레스 검사의 유용성에 대한 연구는 많지는 않다.

스트레스 검사는 외력을 가하는 방법에 따라 도수 방법(manual technique)과 장비를 이용하여 부하를 가하는 방법(instrumented technique)의 두 가지로 구분할 수 있다. 도수 방법을 이용하는 검사 방법은 중력이나 근육의 수축으로 생성된 외력을 이용한다. 이 방법은 1980년대 초에 시작되었으며 약 200~300 N(25~30 kg)의 외력이 가해지게 된다. 그러나 이 방법은 간단하고 쉽게 시행할 수 있으나 가해지는 외력에 대한 표준화가 힘들고 슬관절의 굴곡 각도나 경골의 회전 정도, 방사선 조사량 등에 대한 error 등으로 현재는 더 이상 이용되지 않고 있다. 1990년대 초에 Chassaing 등¹⁾은 슬근(hamstring)의 수축을 이용한 방법을 기술하였다. 환자의 슬관절은 90도 상태에서 측와위(lateral decubitus) 위치로 한 다음 dynamic radiography를 시행하는데 슬근의 수축이 근위 경골을 후방으로 전이시키게 된다. Puddu 등²⁾은 양와위 자세에서 슬관절은 70도로 굴곡 시킨 상태에서 axial stress radiography를 얻게되는데(Fig. 1) 약 18kg의 부하를 가하면 최대한의 후방 전이를 얻을 수 있다고 하였다(Fig. 2). Shino 등²⁵⁾은 posterior sag sign을 관찰할 때와 동일한 자세에서 얻은 측면 방사선 사진을 gravity sag view라 하였는데, 이때 X-ray cassette는 환자의 양쪽 무릎 사이에 수직으로 위치시킨 후 방사선 빔은 외측에서 직각으로 향하게 되어 경골과 대퇴골 사이의 step-off를 쉽게 관찰할 수 있다. Osti와 Bartelett²⁰⁾은 환자의 무릎을 꿇은 자세를 이용하면 직접적인 힘에 의하여 경골이 후방으로 아탈구 된다는 원리를 이용한 방법을 기술하였다(kneeling view technique). 이 방법은 특별한 기구가 필요치 않고 환자의 체중이 양측 무릎에 균등하게 분배되어 비교적 신뢰성이 있는 방법 중의 하나이다. Margheritini¹⁷⁾는 후방 불안정성을 평가하는데 Puddu view가 KT2000이나 MRI보다 더 우수하다고 하였다.

Instrument를 이용한 방법으로 처음 발표된 것은 Staubli와 Jakob²⁷⁾에 의한 것이다. 그들은 Telos stress testing device를 변형하여 시행하였다. 1997년 Hewett 등¹¹⁾은 stress radiography와 posterior drawer test를 비교하여 stress radiography가 posterior drawer test나 KT-2000보다 더 우수하다고 보고하였다.

Stress radiography는 여러 가지 편리한 장점으로 장기적인 추시 목적에 상당히 유용하게 사용할 수 있으며 최근 전방으로 외력을 가하였을 경우에도 정복되지 않는 고정된 후방 아탈구의 진단에 유용하게 사용되며³⁰⁾ 고정된 후방 아탈구에 대한 교정이 먼저 이루어지지 않는 경우에 인대 재건술이 실패할 경우가 많다.

경골의 전이 정도를 측정하기 위하여 경골과 대퇴골에 landmarks가 필요하며 stress를 가한 상태에서 이 지점들 사이의 거리를 측정하여 전이 정도를 알 수가 있다. 주

로 사용되는 landmarks로는 peripheral bone landmarks와 central bone landmarks의 두 가지가 있다. 이때 슬관절의 회전이나 굴곡의 정도에 따라 측정값이 변할 수 있으며 이러한 기술적인 오차를 줄이기 위하여 fluoroscopy의 사용이 권장되며 landmarks로는 central axis가 추천된다³³⁾.

MRI

다른 슬관절의 인대 손상과 마찬가지로 자기공명사진(MRI)을 이용하여 후방십자인대의 손상의 진단에 도움을 받을 수 있다. MRI에서 후방십자인대의 형태는 슬관절의 굴곡 각도와 관절 내의 다른 구조물의 모습에 의하여 영향을 받는다. 완전 신전 상태에서는 후방이 볼록한 형태로, 굴곡 상태에서는 긴장된 상태로 된다. Gross 등³⁴⁾은 MRI에서 후방십자인대의 모양에 따라 1) arcuate(88.2%) 2) kinked (7.8%) 3) U-shaped(4.0%)의 세 가지 형태로 구분하였다. MRI에서의 급성 후방십자인대 파열 진단의 정확도는 96%~100%로 알려져 있다.

Arthroscopic evaluation

전방십자인대가 이완된 양상을 보이며 이때 슬관절을 최대한으로 전방 이동 시킨 상태에서 전방십자인대를 축지해야 한다. 후방십자인대는 대부분에서 정상적인 모습을 보인다. 후외측인대 손상에 의한 불안정성이 동반된 경우에는

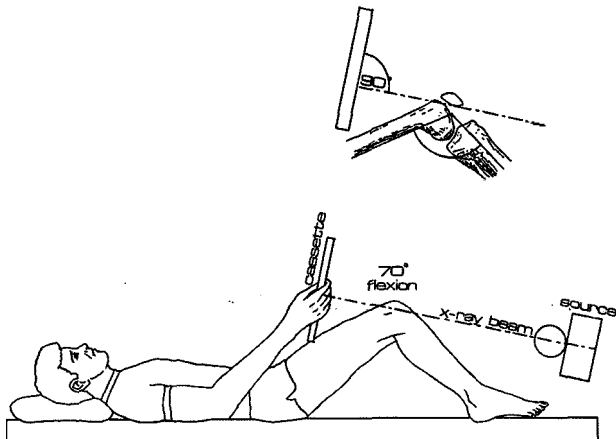


Fig. 1. The patient lays supine with the knees flexed at 70°, feet plantigrade in moderate plantar flexion, and the tibia in neutral rotation. With the patients holding the cassette, the x-ray beam is directed from distal to proximal and parallel to the longitudinal axis of the patella (ref. 22).

슬관절을 굴곡하고 고관절을 외회전시킨 4-자 모양의 자세를 취한 상태에서 후외측 모서리가 벌어져있는 "drive-through sign"¹⁶⁾을 관찰할 수 있다. 특히 만성적인 후방 불안정성인 경우에는 후방십자인대의 연속성이나 외관만으로 손상여부를 판단해서는 안된다.

치료 방법의 선택

후방십자인대 손상 정도에 대한 평가가 이루어진 다음 단계로는 후방십자인대 손상이 단독 손상인지 아니면 복합 손상인지, 거기에 따른 적절한 치료 방법은 무엇인지에 대한 결정이 필요하다.

스트레스 검사에서 과연 어느 정도가 단독 손상의 범위에 포함되는 가는 여러 저자들에게 따라서 차이는 있으며 대부분이 8~12 mm 정도의 전이는 단독 손상에 준하여 치료 방침을 결정한다. 2002년 ISAKOS Knee Committee Closed Interim Meeting에서 Harner 등은 10 mm 이하의 경우에 단독손상이라고 정의하였다. 반면에 Benedetto는 8 mm이하의 후방 전위의 경우에 단독 손상이라고 하였으며 Menetrey와 Strobel, Weiler 등은 후방전위가 12 mm 이하이고 내반이나 외반 불안정성이 없고 30도 슬관절 굴곡에서 회전 불안정성이 없는 경우에 단독 손상으로 정의하였고, 12 mm이상의 후방 불안정성, 30도 굴곡상태에서 내반 및 외반 불안정성과 10도 이상의 외회전 혹은 내회전 불안정성이 있는 경우에는 복합 손상으로

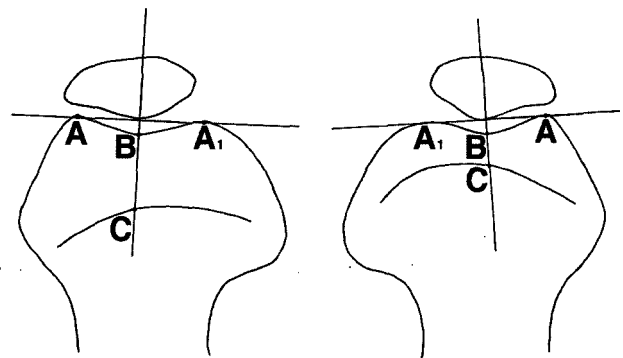


Fig. 2. To quantify posterior instability, a line is drawn tangential to the femoral condyles. The length of the perpendicular line between the anterior tibial profile and the center of the femoral groove is measured. The measured side-to-side difference defined the amount of posterior instability. In the knee with increased posterior translation, the anterior tibial profile is posterior to the femoral groove (ref 22).

로 정의하였다.

결 론

성공적인 후방십자인대 손상의 치료를 위하여는 초기에 정확한 진단이 필수적이며 이를 위하여 세심한 이학적 검사 및 방사선 검사가 요한다. 여러 술자들의 의견을 종합해 볼 때 stress radiography가 다른 어떤 검사 방법보다도 손상의 정도를 더 쉽게 세분할 수 있으며 일정한 결과를 비교적 정확하게 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Chassaing V, Deltour F, Touzard R, Ceccaldi JP and Miremad C: Etude radiologique du L.C.P. a 90 de flexion. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 81: 35-38, 1995.
- 2) Coy CDC: Injuries of the posterolateral corner of the knee. *J Bone Joint Surg* 83-A;106-118, 2001.
- 3) Daniel DM, Stone ML, Barnett P and 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 Am* 70:386-391, 1988.
- 4) Escobedo EM, Mills WJ and Hunter JC: The "reverse Segond" fracture: association with a tear of the posterior cruciate ligament and medial meniscus. *AJR Am J Roentgenol* 178:979-983, 2002.
- 5) Fanelli GC and Edson CJ: Posterior cruciate ligament injuries in trauma patients: Part II. *Arthroscopy*. 11:526-529, 1995.
- 6) Fowler PJ and Messieh SS: Isolated posterior cruciate ligament injuries in athletes. *Am J Sports Med*. 15:553-557, 1987.
- 7) Gollehon DL, Torzill PA and Warren RF: The role of the posterolateral and cruciate ligaments in the stability of the human knee. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg* 69-A;233-242, 1987.
- 8) Grood ES, Stowers SE and Noyes FR: Limits of movement in the human knee. Effect of sectioning the posterior cruciate ligament and posterolateral structures. *J Joint Surg* 70-A;88-97, 1988.
- 9) Gross ML, Grover JS, Bassett LW, Seeger LL and Finerman GA: Magnetic resonance imaging of the posterior cruciate ligament. Clinical use to improve diagnostic accuracy. *Am J Sports Med*. 20:732-727, 1992.
- 10) Hall FM and Hochman MG: Medial Segond-type fracture: cortical avulsion off the medial tibial plateau associated with tears of the posterior cruciate ligament and medial meniscus. *Skeletal Radiol*. 26:553-555, 1997.
- 11) Hewett TE, Noyes FR and Lee MD: Diagnosis of complete and partial posterior cruciate ligament ruptures. Stress radiography compared with KT-1000 arthrometer and posterior drawer testing. *Am J Sports Med*. 25:648-655, 1997.
- 12) Huber FE, Irrgang JJ, Harner C and Lephart S: Intratester and intertester reliability of the KT-1000 arthrometer in the assessment of posterior laxity of the knee. *Am J Sports Med*. 25:479-485, 1997.
- 13) Hughston JC and Norwood LA: The posterolateral drawer test and external rotation recurvatum test for poaterolateral rotary instability of the knee. *Clin Orthop* 147:82-87, 1980.
- 14) Jacobsen K: Stress radiographical measurements of post-traumatic knee instability. A clinical study. *Acta Orthop Scand* 48:301-310, 1977.
- 15) Jakob RP, Hassler H and Staubli HU: The reverse pivot shift sign-a new diagnostic aid for posterolateral rotary instability of the knee: II. *Acta Orthop Scand* 52;18-29,1981.
- 16) La Prade RE and Wentorf: Diagnosis and treatment of posterolateral knee injuries. *Clin Orthop* 402;110-121, 2002.
- 17) Margheritini F, Mancini L, Mauro CS and Mariani PP: Stress radiography for quantifying posterior cruciate ligament deficiency. *Arthroscopy*. 19:706-711, 2003.
- 18) Mariani PP and Adriani E: Teilrupture des hinteren Kreuzbands mit isoliertem Ausriß der femoralen insertion. *Arthroskopie* 7:131-132, 1994.
- 19) Miyasaka KC, Daniel DM and Stone ML: The incidence of knee ligament injuries in the general population. *Am J Knee Surg* 4:3-8, 1991.
- 20) Osti L and Bartelett J: The value of the kneeling view to evaluate the posterior knee instability. In: International PCL Study Group Meeting, Kurumba, 2001.
- 21) 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.
- 22) Puddu G, Gianni E, Chambat P and De Paulis F: The axial view in evaluating tibial translation in cases of insufficiency of the posterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 16:217-220, 2000.
- 23) Rubinstein RA Jr, Shelbourne KD, McCarroll JR, VanMeter CD and Rettig AC: The accuracy of the clinical examination in the setting of posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*. 22:550-557, 1994.
- 24) Shelbourne KD, Benedict F, McCarroll JR and Rettig AC: Dynamic posterior shift test. *Am J Sports Med* 17:275-257, 1989.
- 25) Shino K, Mitsuoka T, Horibe S, Hamada M, Nakata K and Nakamura N: The gravity sag view: a simple radiographic technique to show posterior laxity of the knee.

- Arthroscopy* 16:670-672, 2000.
- 26) **Skyhar MJ, Warren RF, Ortiz GJ, Schwartz E and Otis JC:** The effects of sectioning of the posterior cruciate ligament and the posterolateral complex on the articular contact pressures within the knee. *J Bone Joint Surg* 75-A:694-699, 1993.
- 27) **Staubli HU and Jakob RP:** Posterior instability of the knee near extension. A clinical and stress radiographic analysis of acute injuries of the posterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 72-B:225-230, 1990.
- 28) **Staubli HU, Noesberger B and Jakob RP:** Stressradiography of the knee. Cruciate ligament function studied in 138 patients. *Acta Orthop Scand Suppl* 249:1-27, 1992.
- 29) **Strobel M:** PCL reconstructions. In: PCL Study Group International. *Cape Town*, 1999.
- 30) **Strobel MJ, Weiler A, Schulz Ms, Russe K and Eichhorn HJ:** Fixed posterior cruciate ligament-deficient knees: diagnosis and treatment of a new clinical sign. *Am J Sports Med* 30:32-38, 2002.
- 31) **Tewes DP, Fritts HM, Fields RD, Quick DC and Buss DD:** Chronically injured posterior cruciate ligament: magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res* 224-323, 1997.
- 32) **Whipple TL and Ellis FD:** Posterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med* 515-557, 1991.
- 33) **Wirz P, von Stokar P and Jakob RP:** The effect of knee position on the reproducibility of measurements taken from stress films: a comparison of four measurement methods. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8:143-148, 2000.