

## K-T 1,000 Knee Ligament Arthrometer를 사용하여 측정한 정상 한국인의 슬관절 전위차

한양대학교 의과대학 정형외과학교실

정현기 · 김기열 · 김태승 · 김성준

= Abstract =

### The Passive Drawer Measurement of Anterior Knee Laxity by using K-T 1,000 Knee Ligament Arthrometer

Hyun Kee Chung, M.D., Kee Yeol Kim, M.D., Tai Sung Kim, M.D. and Sung Joon Kim, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea*

The rupture of anterior cruciate ligament has been diagnosed by stress test, radiogram and diagnostic arthroscopy, but these methods have several disadvantages of lack of objectivity, exposure to radiation and risk of anesthesia.

To eliminate these difficulties, the K-T 1,000 knee ligament arthrometer was used for the objective diagnosis in the injury of anterior cruciate ligament.

We performed instrumented measurement of anterior-posterior laxity of the knee in 100 normal subjects by using the K-T 1,000 knee ligament arthrometer under the 15 lb., 20 lb. and maximum anterior pulls, and 20 lb. posterior push.

The following results were obtained:

1. The mean anterior displacement at 20 lb. : 4.43mm  
The mean posterior displacement at 20 lb. : 2.30mm
2. The mean right knee-left knee difference in anterior displacement : 0.89mm
3. The mean anterior compliance index : 1.16mm

So, we believed that a right knee-left knee difference and a anterior compliance index are sensitive measures of the integrity of the anterior cruciate ligament. And this test method was helpful for the diagnosis and objective recording in the injury of anterior cruciate ligament.

This test method has following advantages:

1. There is no anesthesia risk.
2. The patient and examiner undergo no radiation exposure.
3. Diagnostic arthroscopy may be avoided.
4. Due to patient comfort, there is minimal muscle guarding.

**Key Words** : Arthrometer, Anterior knee laxity

## 서 론

최근 스포츠의학의 발달과 각종 여가선용 사

\*본 논문의 요지는 제33차 추계 정형외과학회에  
서 발표되었음.

고의 다발, 산업 재해 및 교통사고 환자의 급  
증으로 슬관절의 외상과 질병의 이환율이 증가  
일로에 있는 상태이다.

슬관절 손상중 상당한 부분을 차지하는 인대  
손상에 있어서 전방십자인대의 중요성에 대한  
관심이 고조되고 있다. 전방십자인대 손상의

진단방법으로 전방전위검사(Anterior drawer test), 라크만씨 검사(Lachman's test), Pivot-shift test 등의 부하 검사 및 방사선 촬영, 관절 경 검사 등이 사용되었으나 검사시 결과의 객관성이 결여되고, 시술자가 방사선에 노출되며, 마취 등에 따르는 수술적 위험 등이 지적되어 왔다<sup>1,8)</sup>. 이러한 문제점들의 개선책으로 객관성 있는 측정기구인 K-T 1,000 Knee Ligament Arthrometer를 이용하여 슬관절의 전후방전위 정도를 측정하여 왔다.

정상인의 정상전방전위 및 양측 슬관절간의 전위차를 계측하고, 그 결과를 비교 분석하여 슬관절 전방십자인대 손상의 진단에 이용하기 위하여 정상평균치를 밝히고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

한양대학교 의과대학 정형외과학교실에 입원 및 통원 가료한 사람중 슬관절 손상의 과거력이 없는 총 정상인 100명(남자 60명, 여자 40명)의 양측 슬관절을 대상으로 하였으며, 15세 이상의 성인에 한하여 시행하였다(Table 1, 2).

### 2. 방법

환자를 단단하고 편평한 침대위에서 양와위로 검사를 실시한다. Thigh support를 양측 대퇴부 밑에 슬개골 상단위와 일치하게 놓고, Foot support는 양측 슬관절이 20-35도 굴곡위 및 15도 외회전위 상태에 대칭적으로 놓이게

족관절 외과면 직하부에 위치한다.

양측 슬관절면을 표시한 후 Arthrometer의 "Joint ↓ Line"의 화살표가 표시한 슬관절면과 일치하게 경골부 위에 올려 놓고 원위부 Velcro strap은 느슨하게, 근위부 Velcro strap은 단단히 환자의 하퇴부에 고정한다.

한손으로 하퇴부를 잡고 다른 한손으로 기구를 잡아 Arthrometer의 정확한 위치를 재조정 한후, Patellar sensor pad에 압력을 가해서 슬개골이 내외측으로 이동하지 않도록 고정한다.

Patellar sensor pad의 높이 조절나사를 풀고 측정계기 바늘이 12시 위치에 오도록 조정 한 후 조절나사를 다시 조인다. 측정계기 바늘의 전방이동이 더 이상 증가되지 않을 때까지 Patellar sensor pad에 압력을 가한 후(압력손잡이를 밀거나 <push>, 또는 당기 후 <pull> 압력을 제거하면 계기의 바늘이 원래의 위치에 되돌아 오면 슬관절 주위의 근육이 충분히 이완 되었다고 판단됨), Dial을 돌려 눈금을 Zero에 조정하고 Patellar sensor pad에 지속적인 압력을 가하면서 수동적 전방전위검사를 시행한다.

손잡이 선상에 일치하게 부드럽고 지속적으로 anterior pull을 가하여 두가지 음이 발생하도록 하여 각각 15 lb.와 20 lb.때의 음이 들리는 순간 측정계기 바늘의 눈금을 읽어 경골의 전방전위를 기록한다. 또한 손잡이 선상에

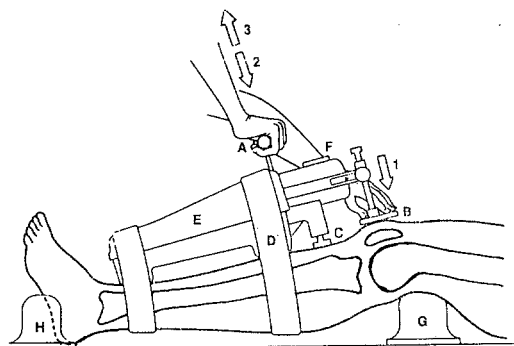


Fig. 1. Arthrometer used to measure anterior-posterior laxity of the knee.

A=force-sensing handle, B=patellar sensor pad, C=tibial tubercle sensor pad, D=velcro strap, E=arthrometer case, F=displacement dial indicator(the data were sent via cable to an X-Y plotter as applied force versus joint displacement), G=thigh support, and H=foot support, 1-a constant pressure of twenty to thirty newtons is applied to the patellar sensor pad to keep it in contact with the patella, 2-posterior force is applied, 3-anterior force is applied.

Table 1. Age and sex distribution

Sex	Male	Female	Total
Age			
15-25	28	12	40
26-35	18	9	27
36-45	5	5	10
46-55	5	4	9
56-	4	10	14
Total	60	40	100

Table 2. Mean height and weight

Sex	Height(cm)	Weight(kg)
Male	169.63	60.75
Female	156.90	54.68

Table 3-1. Normal anterior and posterior displacement

(단위 : mm)

Loads		Male		Female		Mean		Mean (Both)
		Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	
Anterior	15 lb.	3.12	2.95	3.98	3.18	3.46	3.04	3.25
	20 lb.	4.32	4.05	4.28	5.30	4.30	4.55	4.43
	Max.	5.82	5.90	6.78	7.23	6.20	6.43	6.32
Posterior	20 lb.	2.37	2.17	2.43	2.25	2.39	2.20	2.30

Table 3-2. Mean anterior and posterior displacement

(단위 : mm)

Displacement		Male	Female	Right	Left	Both
Anterior	(20 lb.)	4.19	4.79	4.30	4.55	4.43
Posterior	(20 lb.)	2.27	2.34	2.39	2.20	2.30

Table 4. Rt.-Lt. difference

Sex	Rt.-Lt.	3	2	1	0	Mean (mm)
Male(n=60)		6	8	20	26	0.90
Female(n=40)		5	0	20	15	0.88
Total(n=100)		11	8	40	41	0.89

일치하게 부드럽고 지속적인 posterior push를 가하여 20 lb.때의 음이 들리는 순간 측정계기 바늘의 눈금을 읽어 경골의 후방전위를 기록한다.

마지막으로 Manual maximum drawer test를 시행하는데 한손으로 Patellar sensor pad에 지속적인 압력을 유지한 채 다른 한손으로 근위부 Velcro strap이 있는 하퇴부를 잡고 최대한의 전방 전위력을 가한 후 측정계기 바늘의 눈금을 읽어 최대전방전위를 기록한다.

반대편 슬관절에도 상기와 똑같은 방법으로 검사를 실시한다(Fig. 1).

## 결 과

### 1. Normal anterior and posterior displacement

정상인에서 대퇴골에 대한 경골의 전후방전위정도를 말하며, 총 100명의 평균 전방전위치는 4.43mm이었고, 남녀 각각 4.19mm, 4.79mm이었고, 좌우 슬관절 각각 4.55mm, 4.30mm로 남녀 및 좌우 슬관절간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 총 100명의 평균 후방전위치는 2.30mm이었고, 남녀 각각 2.27mm, 2.34mm이었고, 좌우 슬관절 각각 2.20mm, 2.

Table 5-1. Distribution of anterior compliance index

Sex	Compliance index	2		1		0	
		Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.
Male		14	6	44	54	2	0
Female		11	5	26	35	3	0
Total		25	11	70	89	5	0

Table 5-2. Mean anterior compliance index (단위 : mm)

Sex	Rt.	Lt.	Mean
Male	1.20	1.10	1.15
Female	1.20	1.13	1.17
Mean	1.20	1.11	1.16

39mm로 남녀 및 좌우 슬관절에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3-1, 3-2). 그리고 연령군에 따른 평균 전후방 전위치는 각 연령군의 검사 대상수가 불충분하여 통계학적 의의가 없었다.

### 2. Right-Left difference

양측 슬관절간의 전방전위차는 총 100명의 평균치는 0.89mm이었고, 남녀 각각 0.90mm, 0.88mm로 남녀간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

### 3. Anterior compliance index

15 lb.와 20 lb.의 부하력으로 측정된 전방전위 정도의 차이를 말하며, 총 100명의 평균치는

1.16mm이었고, 남여 각각 1.15mm, 1.17mm이었고, 좌우 슬관절 각각 1.11mm, 1.20mm였으며, 82%에서 1mm이하의 anterior compliance index를 보였으며 전 예에서 2mm이하였다 (Table 5-1, 5-2).

## 고 찰

전방십자인대는 경골의 전방전위를 방지하는 중요 구조물로서 슬관절내의 안정성 유지에 중요한 작용을 하고 있다<sup>16)</sup>. 이러한 전방십자인대의 손상시 발생하는 경골의 전방전위를 측정하는 방법으로 여러가지 이학적 검사 및 방사선 촬영, 기구를 이용한 전방전위 측정 등이 이용되어 왔다<sup>1, 16)</sup>.

전방전위증상(Anterior drawer sign)은 슬관절을 90도 굴곡위에서 경골이 전방으로 전인되는 증상으로 수상 직후에는 혈종(Hemarthrosis), 근경련(Hamstring spasm) 및 내측 반월상 연골 후각의 Posterior wedge effect(Doorstopper effect)에 의해 경골의 전방전위를 방해한다<sup>1, 4, 15)</sup>.

Lachman's test는 슬관절의 30도 굴곡위에서 경골의 전방전위시 soft or mushy end point를 감지할 수 있으며 측면 관찰시 슬개골 하극, 슬개건, 경골 근위부에 의해 형성되는 concavity의 silhouette이 소실되는 것을 볼 수 있어 검출률이 높아서 이용가치가 크다. 그러나, 숙련된 검사자에 의해서만 높은 검출률을 얻을 수 있으며, 객관적 기록이 어려운 단점이 있다<sup>7, 11, 15)</sup>.

그외에 확진적 방법으로 관절경 검사를 시행할 수 있으나 마취 및 수술에 따르는 번거로움과 위험성이 있다<sup>1, 8)</sup>.

이러한 문제점들의 개선책으로 전방십자인대 손상의 진단방법으로 객관성 있는 측정기구인 Arthrometer를 이용하게 되었다.

슬관절의 전후방전위정도를 측정할때 관절의 전위에 영향을 미치는 인자들에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 1) Starting position of the joint(knee flexion angle)
- 2) External constraints on motion(knee rotation angle)
- 3) Applied force(load, direction, and point of application)
- 4) Muscle tone(muscle relaxation)
- 5) Static mechanical restraints(ligaments, ca-

psule, menisci, etc)등이다<sup>5, 12)</sup>.

많은 연구가들에 의하면 전방십자인대 파열에 의한 전방전위는 슬관절을 15도-45도 굴곡위에서 가장 잘 관찰될 수 있다고 한다. 슬관절의 굴곡정도에 따라 전후방전위차에 변동이 생기므로, 양측 슬관절간의 전위차 비교를 위해서는 양측 슬관절을 같은 굴곡위 상태로 하는 것이 중요하다<sup>3, 6, 9, 13)</sup>. 우리는 Thigh support를 이용하여 양측 슬관절이 20도-35도 굴곡위에 놓이도록 하였다.

정상 슬관절과 전방십자인대가 파열된 슬관절 모두에서 외측 경골과가 내측 경골과보다 전후방 전위차가 더욱 크며 슬관절의 전후방 부하시 전위 및 회전이 동시에 발생하여 경골의 전방전위시는 내회전이, 경골의 후방전위시는 외회전이 병행된다<sup>10, 14)</sup>. 따라서 슬관절의 회전 제한시 경골의 전방전위는 약 30%정도까지 감소하게 되므로<sup>9)</sup>, 우리는 Foot support를 이용하여 양측 슬관절이 15도 외회전위에 대칭적으로 놓이게 하여 부하검사시 내회전을 제한하지 않았다.

부하검사시 관절의 전위는 부하력의 위치, 방향 및 작용점 등에도 좌우되게 된다. 전방 부하력은 슬관절면의 5cm하방에서 Force-sensing handle선상을 따라 작용시키며 양측을 똑같은 방법으로 검사한다. 우리는 표준 부하력으로 20 lb.을 선택했는데, 이는 의사, 간호사, 치료사 누구나 쉽게 부하할 수 있고, 환자가 잘 적응할 수 있는 정도의 부하력이며, 인대의 병적 이완상태를 검출하기에 충분하며, 전방십자인대의 재건술 직후에 수술방에서 부하해도 무방할 정도의 부하력이기 때문이다<sup>6)</sup>.

Markolf등은 근육이 충분히 이완되지 않은 상태에서 검사하면 정상치의 25%-50%의 감소를 가져온다고 보고하였으며 환자를 편안한 위치에서 검사하여야 하고 검사자는 환자가 충분히 근이완된 상태인지를 평가하고 실시하여야 근 수축에 의한 오차를 최소화 할 수 있다고 하였다<sup>13)</sup>.

이번 연구에 사용된 Arthrometer는 Patellar sensor pad와 Tibial tubercle sensor pad사이의 상대적 운동을 측정하는 기계로, 경골과 대퇴골 사이의 상대적 전위를 정확하게 측정하기 위해서는 검사하는 동안에 일정한 압력으로 Patellar sensor pad를 슬개골에 단단히 고정하고 또한 슬개골을 대퇴골 활차에 단단히 고정하여 측정함으로써 오차를 줄일 수 있다.

정상인에 있어서 20 lb.의 부하력으로 측정시 평균 전방전위치는 4.43mm(범위:1-9), 평균 후방전위치는 2.30mm(범위:1-6)이었다. 평균 전후방전위치는 범위의 변화폭이 크기 때문에 일측 슬관절의 전방십자인대 손상시 진단가치가 떨어진다. 그래서 정상인의 양측 슬관절간의 전후방전위차를 얹으로써 보다 정확하게 진단할 수 있다. 양측 슬관절간의 전방전위차의 평균치는 0.89mm(범위:0-3)였으며 89%에서 2mm이하의 전위차를 보여 주었다.

또한 15 lb.와 20 lb.의 부하력으로 측정된 전방전위 정도의 차이를 Anterior compliance index라 표시하였으며 평균치는 1.16mm(범위:1-2)였다. Anterior compliance index는 전방십자인대의 급성 손상이 있는 경우 양측 슬관절간의 전방전위차가 정상 평균치의 경계치인 경우 전방십자인대의 병적 이완상태를 진단하는데 유용하며, 후방십자인대의 손상으로 인한 전후방전위치가 증가된 경우에 전방십자인대의 안정성 여부를 진단하는데도 매우 유용하다<sup>6)</sup>.

이와 같이 정상인에서의 전후방전위 및 양측 슬관절간의 전위차, Anterior compliance index 등을 얹으로써 전방십자인대 손상 환자의 정확한 진단 및 객관적인 기록에 도움을 줄 것으로 생각한다. 또한 향후 전방십자인대 손상 환자에서의 재건술 직후 전후방전위치를 측정하여 수술결과를 곧바로 평가할 수 있고, 인대재건술후 장기간의 추적 관찰에도 매우 유용할 것으로 생각한다.

이 K-T 1,000 Knee Ligament Arthrometer를 이용한 검사방법은 마취에 따른 위험성이 없으며, 방사선에 노출되지 않고, 진단 목적의 관절경 검사를 피할 수 있으며, 환자를 편안한 위치에서 실시하므로 근 수축에 의한 오차를 최소화 할 수 있는 장점들이 있었다.

## 결 론

본 한양대학교 의과대학 정형외과학교실에서는 정상 성인 100명에서 K-T 1,000 Knee Ligament Arthrometer를 이용하여 정상 전후방전위치, 양측 슬관절간 전후방전위차, Anterior compliance index등을 측정 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 전방전위의 평균치는 4.43mm, 후방전위의 평균치는 2.30mm였다.

2. 양측 전방전위차의 평균치는 0.89mm였으

며 89%에서 2mm이하였다.

3. Anterior compliance index의 평균치는 1.16mm였으며 82%에서 1mm이하였다.

4. 향후 전방십자인대 손상 환자에서 재건술 직후 전후방전위치를 측정하여 수술결과를 곧바로 평가할 수 있고, 장기간의 추적 관찰에도 유용할 것이다.

5. 이 기구를 이용한 검사 방법은 마취에 따른 위험성이 없으며, 방사선에 노출되지 않고, 진단 목적의 관절경 검사를 피할 수 있으며, 환자를 편안한 위치에서 실시하므로 근 수축에 의한 오차를 최소화할 수 있는 장점들이 있었다.

## REFERENCES

- 1) 대한정형외과학회 : 정형외과학. 3rd Ed. pp. 307-308, 서울, 최신의학사, 1989.
- 2) 문명상, 우영균, 송승헌 : 한국 성인 슬관절의 정상 전, 후방 이완치에 대한 임상적 고찰. 대한스포츠의학회지, 4-1:10-16, 1986.
- 3) Bargar, W.L., Moreland, J.R., Markolf, K. L., Shoemaker, S.S., Amstutz, H.C. and Grant, T.T. : *In vivo stability testing of post-meniscectomy knees*. Trans. Orthop. Res. Soc., 4:82, 1979.
- 4) Crenshaw, A.H. : *Campbell's operative orthopedics*. 7th Ed. pp. 2328-2329, St. Louis, Mosby, 1987.
- 5) Daniel, D.M., Sachs, R. and Burks, R. : *Instrumented measurement of anterior laxity of the knee*. J. Bone and Joint Surg., 67-A:720-726, 1985.
- 6) Daniel, D.M., Sachs, R., Stone, M.L., Malcom, L., Burks, R., Losse, G. and Barnett, P. : *Instrumented measurement of anterior laxity in patients with acute A.C.L. disruption*. Am. J. Sports Med., in press.
- 7) DeHaven, K.E. : *Diagnosis of acute knee injuries with hemarthrosis*. Am. J. Sports Med., 8: 9-14, 1980.
- 8) DeHaven, K.E. and Collins, H.R. : *Diagnosis of internal derangement of the knee; The role of arthroscopy*. J. Bone and Joint Surg., 57-A:802, 1975.
- 9) Fukubayashi, T., Torzilli, P.A., Sherman, M.F. and Warren, R.F. : *An in vitro biomechanical evaluation of anterior-posterior mo-*

- tion of the knee; Tibial displacement, rotation, and torque, *J. Bone and Joint Surg.*, 64-A: 258-264, 1982.
- 10) Jakob, R.P., Hassler, H. and Staeubli, H. U.: *Observations on rotatory instability of the lateral compartment of the knee; Experimental studies on the functional anatomy and the pathomechanism of the true and the reversed pivot-shift sign.* *Acta Orthop. Scandinavica, supplementum*, 191, 1981.
  - 11) Jonsson, T., Althoff, B., Peterson, L. and Renstrom, P.: *Clinical diagnosis of ruptures of the anterior cruciate ligament; A comparative study of the Lachman test and the anterior drawer sign.* *Am. J. Sports Med.*, 10:100-102, 1982.
  - 12) Malcom, L.L. et al.: *The measurement of anterior knee laxity after A.C.L. reconstructive surgery.* *Clin. Orthop.*, 196: 35-41, 1985.
  - 13) Markolf, K.L., Graff-Radford, A. and Amstutz, H.C.: *In vivo knee stability; A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus.* *J. Bone and Joint Surg.*, 60-A:664-674, 1978.
  - 14) Muller, W.: *The knee; Form, function, and ligament reconstruction*, pp. 69, 123. New York, Springer, 1983.
  - 15) Torg, J.S., Conrad, W. and Kalen, V.: *Clinical diagnosis of A.C.L. instability in the athlete.* *Am. J. Sports Med.*, 4:84, 1976.
  - 16) Turek, S.L.: *Orthopaedics; Principles and their application.* 4th Ed, pp. 1290-1293, Philadelphia, Lippincott, 1984.