

&lt;원저&gt;

# Telometer를 이용한 슬관절 측부인대 Stress-radiogram의 재현성 비교평가

정진만·정성빈·김상현·이정훈

신한대학교 방사선학과

## Comparative Evaluation of Reproducibility of Knee Joint Collateral Ligament Stress-radiogram Using Telometer

Jin-Man Jeong·Seong-Bin Jeong·Sang-Hyun Kim·Jung-Hoon Lee

Department of Radiological Science, Shinhan University

**Abstract** Telometer is a supplementary filming device that improves the image quality and minimizes the motion unsharpness by enhancing the reproducibility of diagnostic images because it applies constant pressure (force) to the affected area. The stress-radiogram which is widely used to provide the objective quantitative stability of knee ligament is reported in literature as the most suitable method to evaluate the stability of ligament and it is advised to use the Telometer. In order to evaluate the image reproducibility of the Telometer, the collateral ligament which is the most vulnerable among the ligaments consisting of the knee joint, the stress-radiogram was executed in the order of the Telometer, the push pull gauge and the conventional stress radiogram. Then, SPSS (Statistical Package for the Social Science) for Windows 22.0 was used for comparison and evaluation. According to the results of comparison and evaluation, the standard errors and standard deviations became smaller in the order of the Telometer, the push pull gauge, the conventional stress radiogram while the image reproducibility was higher in the order of the Telometer, the push pull gauge, the conventional stress radiogram. Therefore, it is considered that the use of the TELOS for stress-radiogram would enhance the quality of patient diagnostic images and the work performance of radiologists.

**Key Words:** Telometer, Push Pull Gauge, Stress Radiogram, Reproducibility, Collateral Ligament

**중심 단어:** 탈로미터, 푸쉬풀 게이지, 방사선스트레스검사, 재현성, 측부인대

## 1. 서 론

슬관절(knee joint)은 골 구조상 불안정하고, 외력을 받기 쉬운 하지 중간에 위치하여 가장 손상 받기 쉬운 관절이다. 슬관절의 측부인대(collateral ligament)는 슬관절을 구성하는 인대 중 가장 흔히 손상 받는 구조물로 측부인대의 손상을 확인하는 이학적 검사로는 Slocum, Jerkr 검사, 방사선스트레스검사(stress-radiogram) 등이 존재한다. 그 중 방사선스트레스검사는 슬관절인대의 안정성을 객관적 정량화

를 제공하기 위해 널리 사용되고 있는 방법으로 여러 방법들 중 인대의 안정성평가에 가장 적합한 방법으로 문헌에 보고되었다[1-5]. 최근에는 자기공명영상(magnetic resonance imaging; MRI)을 이용하여 평가하기도[6] 하지만 고가의 비용과 만성 불안정성환자에서는 진단율이 낮은 단점이 있어 비교적 저비용인 방사선을 이용한 스트레스검사가 정량적 평가방법으로 사용되고 있다[7,8].

Telometer를 사용하지 않는 슬관절 내측 측부인대 방사선스트레스검사에선 방사선사가 양쪽 무릎 대퇴부를 끈으로

Corresponding author: Jung-Hoon Lee, Department of Radiological Science, Shinhan University, 95, Hoam-ro, Uijeongbu, Gyeonggi 11644, Korea / Tel: +82-31-870-3414 / E-mail: jhlee11@shinhan.ac.kr

Received 31 October 2018; Revised 26 November 2018; Accepted 30 November 2018

Copyright ©2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

뭉어 고정시키고, 양쪽 발목을 잡고, 외반력을 가하여 내측 측부인대 손상을 평가하였다[9]. 이 방법은 방사선사가 환부에 직접적으로 압력을 가하기 때문에 가하는 압력(힘)이 방사선사마다 달라 영상의 객관성과 재현성이 현저하게 저하되었다. 이것은 Telometer를 사용하지 않는 방사선스트레스검사가 진단영상으로서 부족한 점들을 가지고 있다는 것을 의미한다. 또한 Telometer를 사용하지 않는 방사선스트레스검사는 방사선사가 촬영하는 동안 촬영실에서 환부에 압력을 가하기 때문에 방사선사의 피폭문제도 야기된다[10-12]. Telometer는 환부를 고정하고, 일정한 압력(힘)을 지속적으로 유지하기 때문에 앞의 문제점들을 해결하였고, 영상의 질과 재현성을 높이기 때문에 방사선스트레스검사 시 사용이 권장되고 있다. 하지만 Telometer는 고가의 장비이기 때문에 규모가 작은 의료기관에서는 가격적 측면의 문제로 구비에 어려움이 있다. 기존에 보고된 연구들에서는 앞십자인대(anterior cruciate ligament; ACL)의 Telometer와 손상정도 측정기를 사용하여 재현성을 비교평가하거나 측부인대를 고식적 방사선스트레스검사와 Telometer를 비교하는 것들이었다.

이에 본 연구는 슬관절을 구성하는 인대 중 가장 흔히 손상 받는 구조물인 측부인대를 Telometer, push pull gauge, 고식적 방사선스트레스검사 순으로 방사선스트레스검사를 실시하고, 측정값의 비교평가를 통해 재현성과 push pull gauge가 Telometer의 대체용으로 사용이 가능한지를 평가하고자 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구대상

우측 슬관절 측부인대에 문제가 없는 정상인 3명을 대상으로 Telometer-DST1000 [Daiseungmedics Co, Korea], push pull gauge[Shimpo Co., Japan], 고식적 방사선스트레스검사 순으로 우측 슬관절 방사선스트레스검사를 실시하였다. 스트레스검사에 사용한 장비는 Telometer-DST1000, push pull gauge를 사용하였다(Fig. 1).

### 2. 연구방법

우측 슬관절 측부인대에 가하는 기준압력은 13daN(13Kg)으로 설정하였고, 촬영횟수는 각 5회 반복 촬영하여 1인 당 15장의 슬관절 측부인대 방사선스트레스검사 영상을 획득하였다.

#### 1) Telometer를 이용한 슬관절 스트레스검사

힘을 주지 않은 자연적인 상태의 우측 슬관절을 Telometer를 사용하여 고정한 후 압력이 0 dan임을 확인한다. 고정된 우측 슬관절에 기준 압력인 13 daN의 외반력을 가하여 사선스트레스검사를 실시하였다. 검사완료 후 우측 슬관절에 가한 압력을 0 daN으로 되돌린 후, 다시 13 daN을 가하여 반복 촬영하였다(Fig. 1, b).

#### 2) Push pull gauge를 이용한 슬관절 스트레스검사

환자의 발목에 끈을 묶어 push pull gauge의 압력걸이부분을 걸어 고정시킨 후 힘을 주지 않은 자연적인 상태의 우측 슬관절의 상부를 직사각형스티로폼으로 고정시키고, 발목에 걸려있는 push pull gauge를 13kg의 힘으로 당겨 방사선스트레스검사를 실시하였다.

push pull gauge의 측정 수치는 kg으로 나타나기 때문에 단위환산 식을 이용하여 Telometer-DST1000 압력단위인 daN으로 환산하였으며, 기준압력인 13daN의 값에 해당하는 13kg의 힘을 가하였다(Fig. 1, c).

힘의 단위는 N(newton), daN(decan ewton), KN(kilroneuton) 등이 있다.

1 N은 질량이 1 kg인 물체에 작용하여 1m/sec<sup>2</sup>의 가속도를 생기게 하는 힘이 물체를 가속시키는 힘이다.

$$F = m \times a \quad [m = \text{물체의 질량(kg)}, a = \text{가속도(m/sec}^2\text{)}, F = \text{힘(N)}]$$

$$\therefore 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/sec}^2 = 1 \text{ N}, 1,000 \text{ N} = 100 \text{ daN} = 1 \text{ KN} \approx 100 \text{ kg}$$

$$\therefore 13 \text{ daN} = 0.13 \text{ KN} \approx 13 \text{ kg}$$

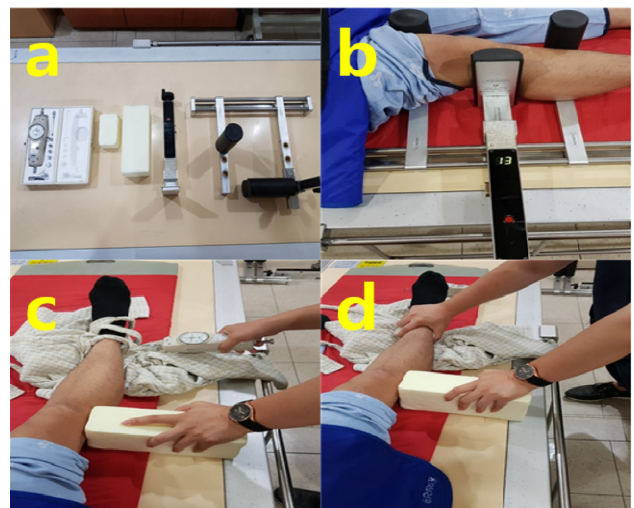


Fig. 1. Stress-radiogram was performed in three ways: telometer, push-pull gauge, and conventional stress radiogram. (a) Experimental equipment, (b) Telometer-DST1000 [Daiseungmedics Co., Korea], (c) Push pull gauge [SHIMPO Co., Japan], (d) conventional stress radiogram

### 3) 고식적 방사선스트레스검사

고식적 방사선스트레스검사의 경우 우측 슬관절에 외반력을 가하는 사람은 push pull gauge를 이용하여 압력을 반복적으로 확인함으로써 기준압력을 몸에 익혔다. 그 후 힘을 주지 않은 자연적인 상태의 우측 슬관절 상부를 직사각형스티로폼으로 고정 후 발목을 잡고 13 daN이라고 생각되는 압력으로 발목을 당겨 방사선스트레스검사를 실시하였다(Fig. 1, d).

### 4) 우측 슬관절 스트레스검사의 영상각도 측정

우측 슬관절 측부인대의 스트레스검사영상을 INFINITT Version 3.0.11.4 BN432Bit를 통해 우측 슬관절의 각도변화를 측정하였다.

각도측정방법은 조정제 외[13]의 “슬관절 내측 측부인대 손상에 대한 방사선학적 통계고찰”의 검사방법을 적용하였다. 우측 슬관절에 외반력을 가한 후 스트레스영상에서 대퇴골의 내측 하단에서 경골의 외측 하단을 연결한 일직선을 “K” 라고 하고, 경골의 내측 하단에서 대퇴골의 외측 하단을 연결한 직선을 “k” 라고 했을 때, 두 일직선 K와 k가 교차하여 이루는 각도를 측정하였다[13], (Fig. 2).

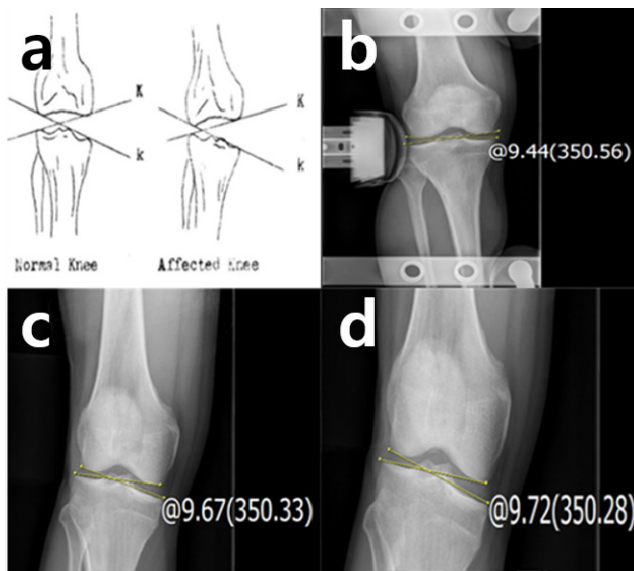


Fig. 2. Angle measurement of stress test image

(a) Angle measurement method, (b) Telometer stress radiograph, (c) conventional stress radiograph, (d) push pull gauge stress radiogram

### 3. 통 계

우측 슬관절 방사선스트레스검사 영상의 각도측정값은 SPSS software(SPSS 22.0 for Windows, SPSS, Chicago,

IL USA)를 활용하여 평균, 표준오차, 표준편차 값을 얻은 후 비교평가가 하였다. 영상의 재현성평가는 표준오차, 표준편차가 작은 순서대로 나열하고 표준편차와 표준오차에 대한 상자그림(Box plot) 그래프를 나타내어 평가하였다.

## III. 결 과

우측 슬관절 방사선스트레스검사서 획득한 영상에서 측정된 각도를 검사방법과 대상자를 구분하여 각 영상의 평균과 표준편차, 표준오차를 분석하였다.

### 1. 검사방법에 따른 각도측정값의 분석

정상 대상자(1)의 경우 Telometer에서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $9.44^{\circ} \pm 0.06^{\circ}$ 이며, push pull gauge에서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $9.64^{\circ} \pm 0.16^{\circ}$ 이며, 고식적 방사선스트레스검사서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $9.6^{\circ} \pm 0.4^{\circ}$ 로 분석되었다(Table 1), (Fig. 3).

정상 대상자(2)의 Telometer에서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $7.28^{\circ} \pm 0.04^{\circ}$ 이며, push pull gauge에서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $9.09^{\circ} \pm 0.09^{\circ}$ 이며, 고식적 방사선스트레스검사서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $9.74^{\circ} \pm 0.21^{\circ}$ 로 분석되었다(Table 1), (Fig. 3).

정상 대상자(3)의 경우 Telometer에서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $5.91^{\circ} \pm 0.04^{\circ}$ 이며, push pull gauge에서 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $5.79^{\circ} \pm 0.05^{\circ}$ 이며, 고식적 방사선스트레스검사는 각도측정값의 평균(±표준편차)은  $6.46^{\circ} \pm 0.33^{\circ}$ 로 분석되었다(Table 1), (Fig. 3).

### 2. 검사방법에 따른 표준오차의 분석

정상 대상자(1)의 경우 Telometer에서 각도측정값의 표준오차는  $0.03^{\circ}$ 이며, push pull gauge에서 각도측정값의 표준오차는  $0.07^{\circ}$ 이며, 고식적 방사선스트레스검사서 각도측정값의 표준오차는  $0.18^{\circ}$ 로 분석되었다(Table 2), (Fig. 4).

정상 대상자(2)의 Telometer에서 각도측정값의 표준오차는  $0.02^{\circ}$ 이며, push pull gauge에서 각도측정값의 표준오차는  $0.04^{\circ}$ 이며, 고식적 방사선스트레스검사서 각도측정값의 표준오차는  $0.09^{\circ}$ 로 분석되었다(Table 2), (Fig. 4).

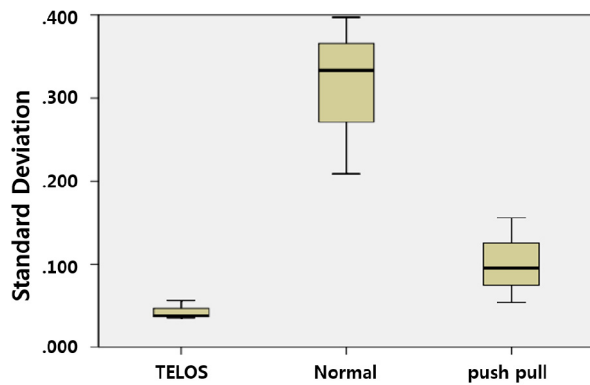
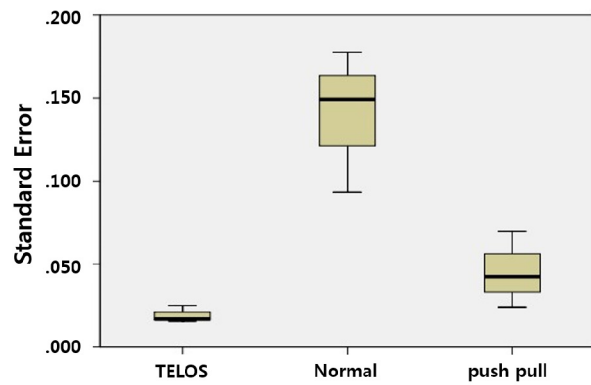
정상 대상자(3)의 경우 Telometer에서 각도측정값의 표준오차는  $0.016^{\circ}$ 이며, push pull gauge에서 각도측정값의 평균오차는  $0.024^{\circ}$ 이며, 고식적 방사선스트레스검사는 각도측정값의 평균오차는  $0.15^{\circ}$ 로 분석되었다(Table 2), (Fig. 4).

**Table 1.** Normal subject in visual measurement value of mean and standard deviation

	Telometer	Push pull gauge	Stress radiogram
Normal Subject -1	9.44°±0.06	9.64°±0.16	9.6°±0.4
Normal Subject -2	7.28°±0.04	9.09°±0.09	9.74°±0.21
Normal Subject -3	5.91°±0.04	5.79°±0.05	6.46°±0.33

**Table 2.** Normal subject in visual measurement value of standard error

	Telometer	Push pull gauge	Stress radiogram
Normal Subject -1	0.03°	0.07°	0.18°
Normal Subject -2	0.02°	0.04°	0.09°
Normal Subject -3	0.016°	0.024°	0.15

**Fig. 3.** Normal subject Box Plot of standard deviation**Fig. 4.** Normal subject Box Plot of standard error

## IV. 고 찰

Telometer-DST1000, push pull gauge, 고식적 방사선스트레스검사 순으로 표준편차와 표준오차가 작게 나타났으며, 이를 통해 영상의 재현성이 Telometer, push pull gauge, 고식적 방사선스트레스검사 순으로 높다는 것을 알 수 있었다. 가장 좋은 표준편차와 표준오차를 보인 것은 Telometer로 일정한 값의 압력으로 슬관절의 측부인대에 힘이 가해짐을 알 수 있었다. push pull gauge는 고식적방법보다 일정한 재현성을 나타냈고, Telometer보다는 큰 표준편차와 표준오차를 나타내어 재현성이 떨어짐을 알 수 있었다. 고식적 방사선스트레스검사는 일정한 힘으로 측부인대에 압력을 가하지 못함으로써 표준편차와 표준오차가 크게 나타났고 이는 재현성에 문제점이 있다는 것을 알 수 있었다. 하지만 Telometer, push pull gauge, 고식적 방사선스트레스검사 모두 표준편차와 표준오차가 존재하였다. Telometer의 경우 검사자, 조립방법에 따라 영상의 재현성이 영향을 받기 때문에 영상 각도측정값의 오차가 발생하였다[14,15]. 이것으로 미루어보아 영상의 완벽한 재현성은 힘들 것이라 예상된다. Telometer와 고식적 방사선스트레스검사의 표준편차와 표준오차를 비교

할 경우 확연한 차이를 확인할 수 있었으며, 이는 Telometer가 사용된 진단영상과 고식적 방사선스트레스검사의 진단영상은 재현성과 진단적 측면에서 차이가 있을 것이라 사료된다. 방사선스트레스검사는 인대의 안정성평가에 있어 가장 적합한 방법으로 문헌에 보고되었다[5]. Telometer의 사용이 없는 고식적 방사선스트레스검사는 압력(힘)에 대한 일정한 값을 유지하는데 어려웠고 그로 인해 영상의 재현성이 현저하게 저하되고 방사선사의 추가피폭 등의 단점을 가지고 있다. Telometer의 경우에는 환자의 방사선 노출과 일정한 값의 압력을 유지하는 것에 대한 조작자 의존성, 그리고 햄스트링 수축을 제한하는 생체 자기 제어 시스템의 부재 등의 단점을 가지고 있다[16]. 하지만 환부를 안정적으로 고정시켜 주고 육안으로 확인 가능한 압력(힘)을 제시하며 일정한 힘을 가하기 때문에 방사선스트레스검사 시 사용한다면 영상의 재현성을 높여 진단적 가치가 높은 영상을 획득할 수 있게 도움 것이며, 또한 방사선사의 직업피폭을 줄여주는 등 고식적 방사선 스트레스 검사의 단점을 보완할 수 있을 것이다. 본 실험의 제한점은 첫째, 실험에 참여한 연구자가 소수인원이었으며 검사자 또한 소수의 인원이었고, 둘째, 환자가 아닌 정상인에서 측정되었다. 향후 연구에서는 다수의 환자에서 슬관절

스트레스검사를 하여 신뢰성을 가진다면 더욱 좋은 연구가 되리라 사료된다.

## V. 결 론

위 연구를 통해 재현성을 비교평가 하였을 때 Telometer-DST1000, push pull gauge, 고식적 방사선 스트레스 검사 순으로 재현성이 높게 나타났다. Telometer의 사용은 방사선 스트레스검사 시 진단영상의 질과 방사선사의 직무능력을 높일 것으로 판단된다. 그리고 실험값을 통해서 확인한 결과 push pull gauge는 Telometer보다 재현성이 낮지만 고식적 방사선 스트레스검사보다 재현성이 높았으며 환자에게 가하는 압력(힘)의 객관성을 부여함으로써 Telometer를 가격적 측면의 문제로 보유할 수 없는 의료기관에서는 인-장력 측정이 가능한 push pull gauge를 Telometer의 대용으로 사용이 가능할 것이라 사료된다.

## REFERENCES

- [1] Ahn BG. Radiographic Status of the Visited Patients at University Hospital Emergency Room, *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2011;5:81-92.
- [2] Lim JC, Han DK. Study on the Standardization of the Test Method Upon Testing the Anterior Cruciate Ligament Damage Using TELOS. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2014;8:57-63.
- [3] Bouguenneca N, Odri GA, Graveleau N, Colombet P. Comparative reproducibility of TELOSTM and GNRB® for instrumental measurement of anterior tibial translation in normal knees. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2015;101:301-05
- [4] Orthopedics, Korean Orthopedics Association, fifth edition. 1999;12:497
- [5] Seo SY, Han MS, Jeon MC, Yu SJ, Kim YK. The Evaluation of Usefulness for New Assistant Device to Observe Posterior Cruciate Ligament Rupture and Patellofemoral Joint Injury in Emergency Patient. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2010;33:93-6.
- [6] Lee JH. Evaluation of O-MAR XD Technique for Reduction of Magnetic Susceptibility Artifact of Knee Implant. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41:413-9.
- [7] Seoung YH. Evaluation of the Knee Lateral Collateral Ligament Stability by Using the Digital Telometer. *Journal of Digital Convergence*. 2013;11:319-24.
- [8] Lee BI, Kim DI, Rah SK, Choi CU. Comparative Analysis of Medial Collateral Ligament Grade injury of the Knee. *Journal of the Korea Orthop Assoc*. 1995;30:375-81.
- [9] Hong CK, Nam KC, Man WJ, Bong KC. A Clinical Study on Collateral Ligament Injuries of the Knee. *Journal of the Korea Orthop Aedic Association*. 1977;12:461-7.
- [10] Jung TM, Reinhardt C, Scheffler SU, Weiler A. Stress radiography to measure posterior cruciate ligament insufficiency: a comparison of five different techniques. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 2006;14:1116-21.
- [11] Ross G, Chapman AW, Newberg AR, Scheller AD. Magnetic resonance imaging for the evaluation of acute posterolateral complex injuries of the knee. *Am J Sports Med*. 1997;25:444-8.
- [12] Yao L, Dungan D, Seeger LL. MR imaging of tibial collateral ligament injury: comparison with clinical examination. *Skeletal Radiology*. 1994;23:521-24.
- [13] Cho CC, Lee CJ, Kim KS, Park SS. Radiologic analysis of the medial collateral ligament rupture. *Journal of the Korean Radiological Society*. 1979; 15:55-9.
- [14] Benvenuti JF, Vallotton JA, Meystre JL, Leyvraz PF. Objective assessment of the anterior tibial translation in Lachman test position. Comparison between three types of measurement. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 1998;6:215-9.
- [15] Wiertsema SH, van Hooff HJ, Migchelsen LA, Steultjens MP. Reliability of the KT1000 arthrometer and the Lachman test in patients with an ACL rupture. *The Knee*. 2008;15:107-10.
- [16] Beldame J, Mouchel S, Bertiaux S, Adam JM, Mouilhade F, Roussignol X, Dujardin F. Anterior knee laxity measurement: Comparison of passive stress radiographs Telos® and "Lerat", and GNRB® arthrometer. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2012;98:744-50.