

Pourquoi et comment mesurer les laxités des ruptures du LCA ?

Henri Robert

henri.robert@wanadoo.fr

La rupture du LCA déstabilise le genou dans le plan frontal et rotatoire. La mesure des laxités est réalisée, en pratique quotidienne, par des tests cliniques bien connus : Lachman en flexion 30°, tiroir en flexion 80° et ressauts rotatoires. L'évaluation clinique est rapide, ne nécessite aucun matériel et donne des résultats immédiats. Mais ces tests subjectifs sont peu reproductibles entre différents examinateurs (Daniel), peu chiffrables (+, ++ ou +++) et dépendent de l'état de relâchement et du tonus musculaire du patient (Noyes).

Depuis 30 ans, les cliniciens ont cherché des instruments de mesure faciles d'utilisation en pratique quotidienne, reproductibles et peu onéreux. La mesure objective de la laxité est essentielle dans l'analyse du genou lésé (rupture partielle ou complète du LCA) puis de sa réparation (mono ou double faisceaux, plastie d'augmentation, plasties au TR ou aux IJ, ténodèse latérale...).

Nous avons classé les instruments de mesure en 4 groupes :

Mesure de la laxité sagittale

Mesure des rotations

Mesure des rotations + translations

Mesure du ressaut ou pivot shift

1. Les instruments de mesure de la laxité sagittale.

- a. Le KT-1000 (Dale Daniel). Il s'agit du 1^{er} laximètre disponible et sûrement le plus utilisé encore aujourd'hui. Précision des mesures de 1 mm. La reproductibilité est bonne pour un opérateur entraîné mais mauvaise entre inter examinateurs en raison des conditions de positionnement, de traction et de lecture très différentes (Jardin). Le risque de faux négatif atteint 50 % pour certains auteurs (Isberg), en grande partie attribué à la contraction involontaire ou de défense des ischio-jambiers.



- b. Le Rolimètre (Roland Jakob). Il s'agit d'un laximètre très voisin du KT-1000, dont la mesure ne peut s'effectuer qu'à traction manuelle maximale, ce qui explique sa faible reproductibilité. Précision des mesures de 1 mm.



- c. Le Telos (Hans Passler). Il s'agit d'une mesure radio comparative, sous stress de 150, 200 ou 250 N. Le Telos est largement utilisé en Europe, mais sa précision est de 0.5 mm, le taux de faux négatif à 250 N est de 28 % (Boyer), et son utilisation répétée en post opératoire est impossible.

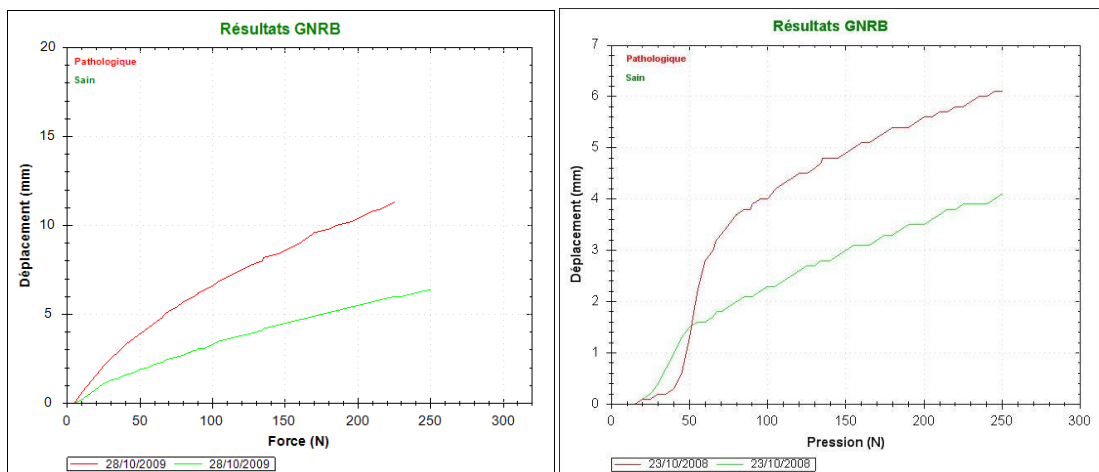


- d. Le Laxitester (Hermann Mayr). La translation mesurée par un KT-1000 (efforts de 67, 89, 134 N) est enregistrée en rotation neutre, interne et externe du bottillon bloquant le pied et la cheville en flexion dorsale (moment de 2 Nm). Ce système a été validé sur des genoux sains et des genoux à LCA rompus isolément ou avec un plan interne avec une bonne reproductibilité (ICC > 0,83).



- e. Le Lachman magnétique (M C Logan, J F Luciani). Une translation antérieure sur le tibia est exercée lors d'une IRM, par l'intermédiaire d'une orthèse pneumatique. Les TTA de chaque plateau tibial sont mesurées ainsi que la rotation tibiale couplée. Les résultats sont corrélés aux laxités mesurées par le KT-1000 et le GNRB lors de ruptures complètes et partielles.
- f. Le GNRB® (H Robert et S Nouveau). Il s'agit d'un système de mesure automatique de la laxité antérieure et rotatoire couplée du tibia jusqu'à 300 N de

poussée antérieure. Précision de 0,1 mm et 0,1 °. L'appareil a été validé comparativement au KT-1000 chez des genoux sains pour la laxité antérieure (Robert, Courville). Des seuils de différentiel de laxités (3 mm) et de pentes (12mm/N) ont été définis pour le dépistage des ruptures partielles et complètes du LCA.



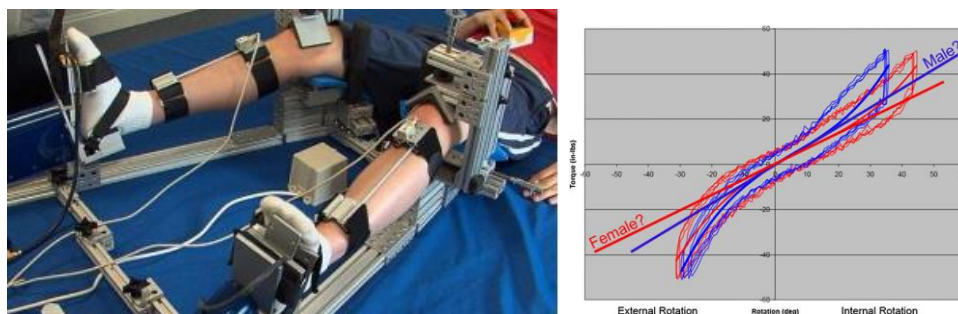
Ex : rupture complète du LCA, $\Delta L > 3$ mm.

Rupture partielle du LCA, $\Delta L < 3$ mm.

De nombreuses études montrent que la laxité sagittale résiduelle n'est pas corrélée avec la satisfaction du patient (Kocher), le score fonctionnel (Eastlack) ou le risque dégénératif (Van Der Hart). La persistance d'une laxité rotatoire anormale est à l'origine de ces insuffisances.

2. Les instruments de mesure de la rotation. La persistance d'une rotation interne résiduelle après reconstruction du LCA apparaît comme un élément de mauvais résultats dans 25 % des cas pour Zaffagnini et 50 % pour Branch. Cette laxité rotatoire persistante est ressentie par les sportifs de haut niveau (Tashman). Elle peut aussi expliquer les évolutions dégénératives à long terme (Stergiou)

- a. Robotic Knee Testing Device (Thomas Branch). Ce système mesure l'angle de rotation interne et externe, induit à 25° de flexion par un couple de 5,6 Nm.

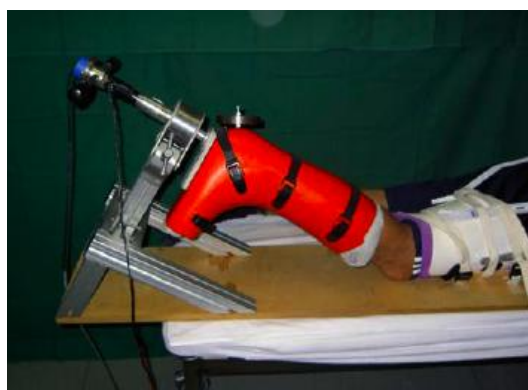


La validation et la reproductibilité du RKT a été faite sur 10 volontaires par 4 examinateurs (ICC de 0,97).

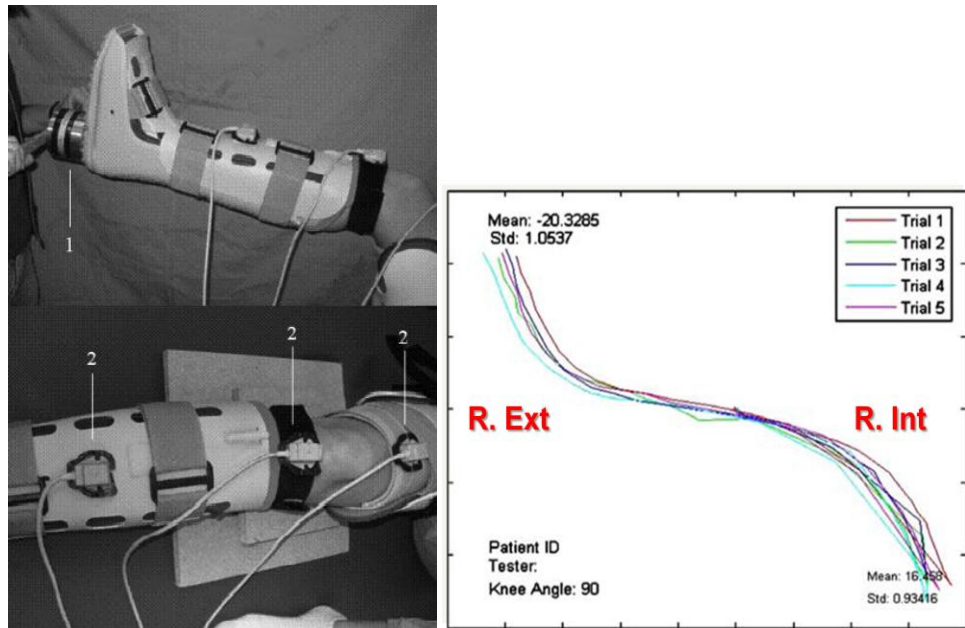
Les patients porteurs d'une rupture du LCA ont une rotation interne controlatérale supérieure (+ 8 °) et une rotation externe inférieure (-10 °) à celle d'une population sans rupture, il s'agit d'une population « à risque » pouvant expliquer la fréquence des lésions bilatérales. Les femmes ont une amplitude rotation globale (R. ext + R. int) supérieure de 7 ° en moyenne à celle des hommes.

Une étude ultérieure a comparé les plasties mono faisceaux et les doubles faisceaux : la rotation résiduelle est plus élevée après plastie mono faisceau.

- b. Le Rotameter (O. Lorbach et R. Seil). Ce système mesure l'amplitude de rotation interne et externe induite par un couple de rotation de 5, 10 et 15 Nm. Il a été validé en intra et inter-observateurs par comparaison avec un navigateur.

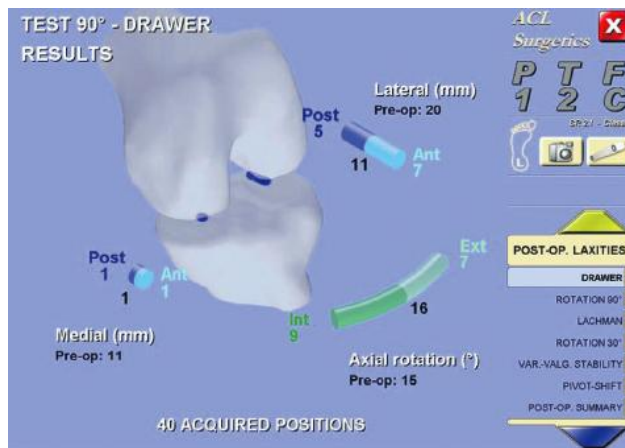


- c. Système des mesures rotatoires (Volker Musahl, 2007). Les rotations sont imprimées par l'intermédiaire d'un bottillon fixant le pied et soumis à un moment de 6 Nm. Les amplitudes de rotations maximales sont enregistrées par des capteurs électro magnétiques fixés dans le tibia et le fémur. La rotation médiale atteint 20° en flexion 30°, 27 ° à 90° de flexion et la rotation latérale atteint 19° à 30° et 18° à 90° de flexion (mesures cadavériques). Le même système évalué en clinique n'a pas retrouvé des valeurs de rotation identiques car les capteurs EM étaient fixés par des scratches (Tsai).

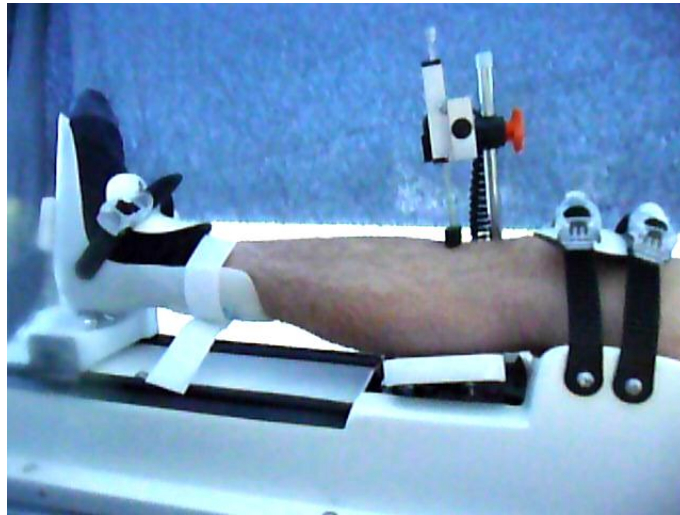


3. Les instruments de mesure de la laxité sagittale et de la rotation.

- a. La navigation chirurgicale. Elle permet des mesures 3-D des déplacements sagittaux, frontaux et rotatoires selon 3 axes (mesure des vecteurs projetés sur chaque plan et des rotations) mais elle nécessite l'implantation des diodes dans les segments osseux et une caméra infra-rouge. Les résultats sont très précis, ($< 0,1\text{mm}$ et $< 0,1^\circ$), reproductibles mais la navigation n'est pas comparative à l'autre genou et n'est utilisable qu'au bloc opératoire. La navigation est actuellement délaissée dans la recherche des points isométriques d'insertion des faisceaux du LCA au profit d'une implantation anatomique (Colombet P).



- b. La radio stéréométrie. La RSA permet la mesure de la micro mobilité relative (précision de $0,1\text{ mm}$ et $0,1^\circ$) du tibia par rapport au fémur au laboratoire mais est invasive et non comparative en clinique (Kan). Les mesures de translation enregistrées sont inférieures à celles obtenues par le KT-1000 car il s'agit de mesures inter osseuses et indépendantes des parties molles (Un).
- c. Le GNRB® rotatoire (H Robert et S Nouveau). Actuellement, nous validons une version rotatoire du GNRB® permettant la mesure de la rotation interne couplée à la translation antérieure et la mesure du pivot-shift en pré et post-opératoire.



4. Les instruments de mesure du ressaut rotatoire.

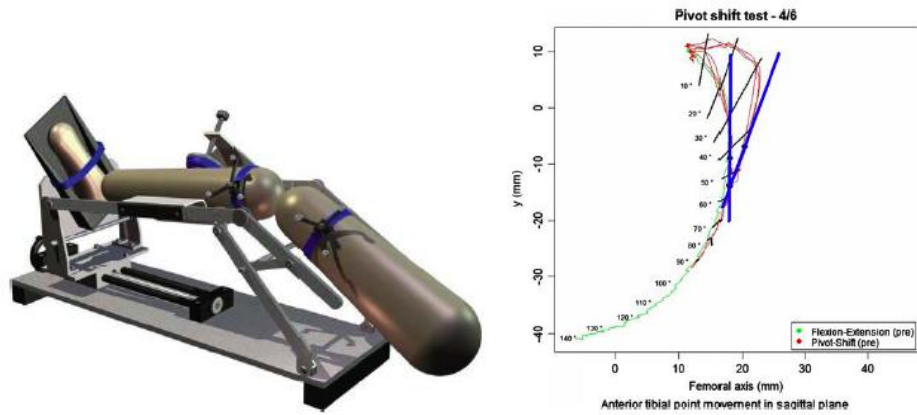
Le ressaut ou pivot shift est très spécifique de la rupture du LCA (Katz) mais sa quantification reste grossière surtout en inter observateur (modéré, franc ou explosif)

- a. La navigation (Colombet P). Elle permet l'enregistrement des translations et les rotations selon 3 axes. On peut mesurer au bloc un pivot-shift en pré-op et de le rechercher en post-op immédiat.

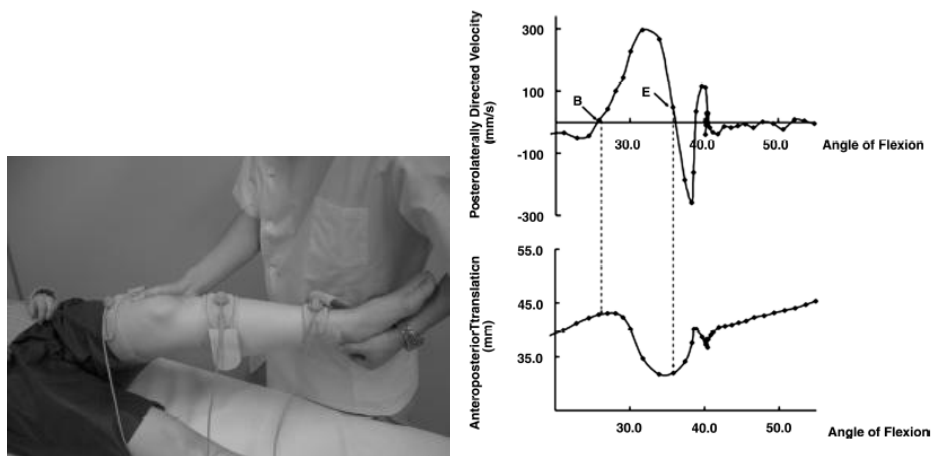


- b. La navigation combinée à un Kinétec (Musahl V). Le membre inférieur est fixé sur le Kinétec en valgus du genou et rotation interne du pied. La flexion contrôlée de 0° à 90° permet de provoquer le ressaut de subluxation du plateau tibial latéral en extension puis sa réduction en flexion. Ce mouvement de translation antérieure + rotation interne suivi d'une translation postérieure brutale + rotation externe est

enregistré sous forme d'un angle « P », caractéristique de la sévérité du ressaut (Lane).



- c. Les systèmes électromagnétiques. Ils font appel à des capteurs fixés sur des attelles moulant la cuisse et la jambe dont les déplacements sont enregistrés par une caméra. Cette méthode est très précise (0.1 mm) et permet de visualiser les modifications brutales de rotation tibiale caractéristiques du grade du ressaut (Kubo). La reproductibilité ne serait pas meilleure que celle du KT-1000 (Benvenuti), de plus, elle nécessite un environnement sans métal et sans interférences EM. La mobilisation des capteurs peut entraîner de grosses erreurs de mesure (Benoit, Almquist).



Analyse de la translation postérieure du tibia

Pour mieux comprendre les conséquences de la rupture du LCA et la qualité de nos réparations, il faut disposer en pratique quotidienne de systèmes performants, reproductibles, faciles d'utilisation. Beaucoup de travail reste à faire ...

« If you cannot measure it, you cannot improved it » Lord Kevin. 1827-1907

De nombreuses applications seront alors possibles avec un appareil multi fonction:

- Le dépistage des patients à risque de rupture du LCA par la mesure d'une rotation interne excessive,

- La recherche des lésions postéro-externes et postéro-internes dans des lésions complexes du LCA ou du LCP.
- L'enregistrement comparatif des ressauts avant et après reconstruction.
- L'aide à l'indication de réparation complète ou partielle en fonction de la qualité du tissu résiduel.
-

Bibliographie

Almquist PO, Arnbjornsson A, Zatterstrom R, Ryd L, Ekdahl C, Friden T. Evaluation of an external measuring knee joint rotations: an in vivo study with simultaneous RSA. *J Orthop Res* 2002; 20(3):427-432

Benoit DL, Ramsey DK, Lamontagne M, Xu L. Effect of skin movement artefact on knee kinematics during gait and cutting motions measured in vivo. *Gait Posture* 2006;24(2):152-164

Benvenuti JF, Valloton JA, Meystre JL, Leyvraz PF. Objective assessment of the anterior tibial translation in Lachman test position. comparison between 3 types of measurement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1998; 6: 215-19

Boyer T, Djian P, Christel P, Paoletti X, Degeorges R. Fiabilité de l'arthromètre KT-1000 pour la mesure de la laxité antérieure du genou. *Rev Chir Orthop* 2004; 90: 757-64

Branch T, Browne J, Campbell J et al. Rotational laxity greater in patients with contralateral ACL injury than healthy volunteers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18(10): 1379-84

Branch T, Hermann O, Browne JE, Campbell JC, Stoehr A, Jacobs CA. Instrumented examination of ACL injuries: minimizing flaws of the manual clinical examination. *Arthroscopy* 2010; 7: 997-1004

Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi JP, Djian P. Using navigation to measure rotation kinematic during ACL reconstruction. *Clin Orthop* 2006; 454:59-65

Courville J. Evaluation objective de la laxité antérieure du genou. Analyse de la reproductibilité intra et inter opérateur de 2 arthromètres : KT-1000 et GNRB. 2009. Thèse de Kinésithérapie

Daniel D. Assessing the limits of knee motion. *Am J Sports Med* 1991;19:139-147

Eastlack M, Axe M, Snyder-Mackler L, Laxity, instability and functional outcome after ACL injury. *Am J Sports Med* 1999;31:210-215

Isberg J, Faxen E, Brandsson S, Eriksson B, Karrholm J, Karlsson J. KT-1000 records smaller side to side differences than rsa before and after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14:529-35

Jardin C, Chantelot C, Migaud H, Gougeon F, Debroucker MJ, Duquenois A. Fiabilité du KT-1000 pour la mesure de la laxité antérieure du genou : analyse comparative avec le Telos de 48 reconstructions du ligament croisé antérieur et reproductibilité intra et inter observateurs. *Rev Chir Orthop* 1999; 85: 698-707.

Katz JW, Fingerhuth RJ. The diagnostic accuracy of ruptures of the ACL comparing the lachman test, the anterior drawer sign and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. *Am J Sports Med* 1986;14:88-91

Khan R, Konives A, Rama BS, Thomas R, Amis AA. RSA can measure ACL graft stretching and migration. *Clin Orthop* 2006; 448: 139-45

- Kocher M, Steadman J, Briggs K, Sterett W, Hawkings R. Relationship between objective assessment of symptoms and function after ACL reconstruction. *Am j Sports Med* 2004;32:629-34
- Kubo S, Muratsu H, Yoshiya S, Mizumo K, Kurasaka M. Reliability and usefulness of a new in vivo measurement system of the pivot shift. *Clin Ortho* 2006; 454:54-58
- Lane CG, Warren RF, Stanford FC. In vivo analysis of the pivot shift phenomenon during computer navigated ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008; 16:487-92
- Logan MC, Williams A, Lavelle J, Gedroyc W, Freeman M. What really happens during the Lachman test? A dynamic MRI analysis of tibio-femoral motion. *Am J Sports Med* 2004;2:369-75
- Lorbach O, Wilmes P, Maas S, Zerbe T, Busch L, Kohn D, Seil R. A non-invasive device to objectively measure tibial rotation: verification of the device. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17(7): 756-62
- Luciani JF, Bordet B, Pialat J, Brunet-Guedj E. IRM dynamique des ruptures partielles du LCA. Communication SFTS, Paris, 1 octobre 2010
- Mayr H, Stoehr A, Hoeil A, Bernstein A. Objectivation of anterior knee instability, taking into account the rotational laxity. Communication ESSKA, Mai 2010, Oslo.
- Musahl V, Voos J, O'Loughlin PF, Stueber V, Kendoff D, Pearle AD. Mechanized pivot shift test achieves greater accuracy than manual shift test. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18(9): 1208-13
- Noyes F, Grood E, Cummings J, Wroble R. An analysis of the pivot shift phenomenon. The knee motions and the subluxations induced by different examiners. *Am J Sports Med* 1991; 19: 148-155
- Park HS, Wilson N, Zhang L, Gender differences in passive knee biomechanical properties in tibial rotation. *J Orthop Res* 2008;26:937-944
- Robert H, Nouveau s, Gageot S, Gagnière B. A new arthrometer, the GNRB. Experience in ACL complete and partial tears. *Orthop Traum Surg Res* 2009;95:171-176
- Robert H, Nouveau S, Gageot S, Gagnière B. Can you detect ACL partial tears with the GNRB ? Communication à l' ESSKA. Oslo Mai 2010
- Stergiou N, Ristanis S, Moraiti C, Georgoulis A. Tibial rotation in ACL-deficient and ACL reconstructed knees. A theoretical proposition for the development of osteoarthritis. *Sports Med* 2007;37:601-613
- Tashman S, Collon D, Anderson K, Kolowich P, Anderst W. Abnormal rotation knee motion during running after ACL reconstruction. *Am j Sports Med* 2004;32:975-983
- Tsai AG, Musahl V, Steckel H, Bell KM, Zantop T, Irrgang JJ, Fu FH. Rotational knee laxity: reliability of a simple measurement device in vivo. *BMC Musculoskelet Disord* 2008; 18:9:35
- Un BS, Beynnon BD, Churchill DL, Haugh LD, Risberg MA, Fleming BC. A new device to measure knee laxity during weightbearing and non weightbearing conditions. *J Orthop Res.* 2001, 19: 1185-1191
- Van Der Hart, Van Der Bekerom, Patt T. The occurrence of osteoarthritis at a minimum of 10 years after ACL reconstruction. *J Orthop Surg* 2008;3: 24-
- Zaffagnini S, Bignozzi S, Martelli S, Imakiire N, Lopomo N, Marcacci M; New intraoperative protocol for kinematic evaluation of ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:811-816