

THÈSE  
pour le  
**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN**  
**MÉDECINE**  
**Qualification en CHIRURGIE GENERALE**

ROLES RESPECTIFS DU LIGAMENT CROISE ANTERIEUR ET  
DES STRUCTURES ANTEROLATERALES DANS LE CONTROLE  
DE LA ROTATION MEDIALE PASSIVE DU GENOU :  
UNE ETUDE BIOMECANIQUE

**RUIZ Nicolas**  
Né le 16 décembre 1987 à Grenoble (38)

Présentée et soutenue publiquement le :  
***9 septembre 2016, à la Faculté de Médecine d'Angers***

**Président du Jury :**

**Professeur F. DUBRANA - CHU BREST**

**Directeur de Thèse :**

**Docteur H. ROBERT - CH MAYENNE**

**Membres du Jury :**

**Docteur P. CRONIER - CHU ANGERS**

**Professeur F. GOUIN - CHU NANTES**

**Docteur V. STEIGER - CHU ANGERS**

**Docteur T. VIEL - LA ROCHE / YON**

THÈSE  
pour le  
**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**  
Qualification en **CHIRURGIE GENERALE**

**THE COMPARATIVE ROLE OF THE ANTERIOR  
CRUCIATE LIGAMENT AND ANTEROLATERAL  
STRUCTURES IN CONTROLLING PASSIVE  
INTERNAL ROTATION OF THE KNEE :  
A BIOMECHANICAL STUDY**

**ROLES RESPECTIFS DU LIGAMENT CROISE ANTERIEUR ET  
DES STRUCTURES ANTEROLATERALES DANS LE CONTROLE  
DE LA ROTATION MEDIALE PASSIVE DU GENOU :  
UNE ETUDE BIOMECHANIQUE**

**RUIZ Nicolas**

Né le 16.12.1987 à Grenoble (38)

Sous la direction de Monsieur Henri ROBERT

**Membres du jury**

Monsieur le Professeur Frédéric DUBRANA	Président
Monsieur le Docteur Henri ROBERT	Directeur
Monsieur le Docteur Patrick CRONIER	Membre
Monsieur le Professeur François GOUIN	Membre
Monsieur le Docteur Vincent STEIGER	Membre
Monsieur le Docteur Timothée VIEL	Membre

Soutenue publiquement le :  
**9 septembre 2016**

**The Comparative Role of the Anterior Cruciate  
Ligament and Anterolateral Structures in Controlling  
Passive Internal Rotation of the Knee: A  
Biomechanical Study**



Nicolas Ruiz, M.D., German J. Filippi, M.D., Bertrand Gagnière, M.D., M.Sc.,  
Mark Bowen, M.D., and Henri E. Robert, M.D.

**Purpose:** To determine the respective functions of the anterior cruciate ligament (ACL) and the anterolateral structures (ALSs) in controlling the tibia's passive internal rotation (IR) with respect to the femur, under uniaxial rotation. **Methods:** To test the function of the ACL and the anterolateral ligament (ALL) in IR, we designed a sequential transection study of the ACL and the anterolateral structures (including the ALL) in 24 cadaveric knees divided in 2 groups. Two sequences were conducted successively: group 1 (12 knees) in which the ACL was sectioned first followed by the ALS, and group 2 (12 knees) with reversed transections. Each knee, in neutral rotation position and at flexion angle of 30°, was subjected to a 5 Nm torsion torque of IR. IR was measured using a rotatory laximeter, the Rotam with a gyroscope's measurement accuracy of 0.1°. Laxities were compared using paired t test within each group and using t test between groups. Fisher exact test was used to compare proportions. **Results:** In group 1, IR increased from  $22.1^\circ \pm 10.6^\circ$  to  $25.7^\circ \pm 10.9^\circ$  after ACL transection then to  $28.1^\circ \pm 10.5^\circ$  after we sectioned the ALS. In group 2, IR increased from  $22.5^\circ \pm 8.9^\circ$  to  $25.2^\circ \pm 8.4^\circ$  after sectioning the ALS, then to  $29.1^\circ \pm 8.8^\circ$  after we sectioned the ACL. Total postsectioning increase in IR was  $6.4^\circ \pm 2^\circ$  in group 1, and  $6.55^\circ \pm 0.9^\circ$  in group 2. The IR increase after each stage of transection and final IR were statistically significant ( $P < .001$ ). **Conclusions:** In a pure rotational cadaveric test model, the ACL and the ALS contribute to resistance to passive IR of the knee. **Clinical Relevance:** In some specific clinical cases, peripheral lesions may be considered, and injuries to these structures may need to be addressed to improve results controlling postoperative IR.

*See commentary on page 1063*

**C**ontrol of internal rotation (IR) in the knee is dependent on the cruciate ligaments, peripheral ligament structures, and the hamstring muscles.<sup>1</sup> Over the last 20 years, substantial progress has been made in the anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL).<sup>2</sup> "Anatomic" double-bundle

*From the University Hospital Orthopaedic Department (N.R.), Angers, France; Orthopaedic Department, North Mayenne Hospital (N.R., G.J.F., B.G., H.E.R.), Mayenne, France; Hospital Universitario CEMIC (G.J.F.), Buenos Aires, Argentina; and NorthShore Orthopedic Institute (M.B.), Chicago, Illinois, U.S.A.*

*The authors report that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this article.*

*Received September 13, 2015; accepted February 8, 2016.*

*Address correspondence to Henri E. Robert, M.D., North Mayenne Hospital, Orthopaedic Department, 53100 Mayenne, France. E-mail: henri.robert@wanadoo.fr*

*© 2016 by the Arthroscopy Association of North America  
0749-8063/15880/\$36.00  
http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2016.02.017*

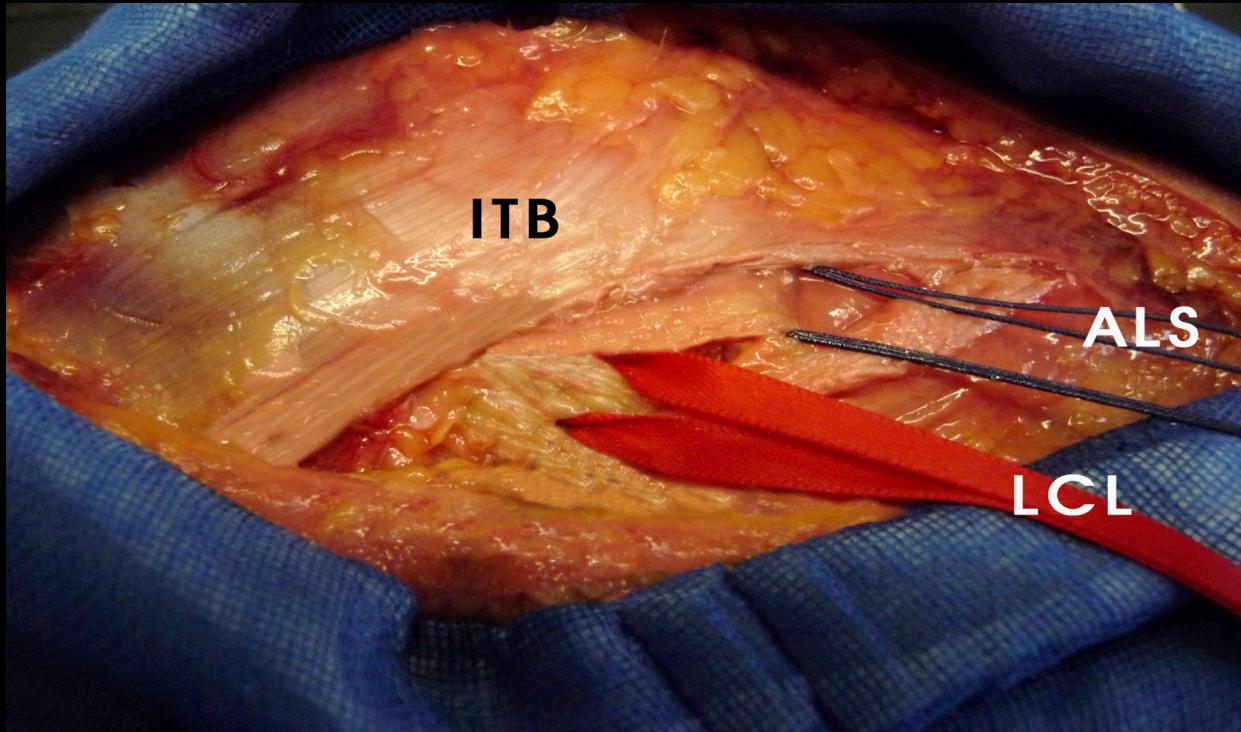
reconstructions (ADBRs) have been proposed in place of single-bundle reconstructions or anatomic single-bundle reconstructions (ASBRs) to ensure better rotational control and reduce the frequency of a persistent pivot shift.<sup>3-7</sup> Recent studies showed no significant difference between ADBR and ASBR groups for clinical outcomes (Lysholm score and subjective IKDC score) or for laximetric results (anterior tibial translation and pivot shift), when an individualized reconstruction is used.<sup>8,9</sup>

Residual sagittal laxity remains, and the presence of pivot shift with ADBR seems to be just as frequent (around 10%) as in cases of ASBR.<sup>8,9</sup> In a meta-analysis on 4 randomized controlled trials, Meredick et al.<sup>9</sup> concluded that "double-bundle reconstruction does not result in clinically significant differences in KT-1000 arthrometer or pivot-shift testing."

Because the ACL reconstruction (ACLR) technique, meaning the intra-articular graft itself, does not control the pivot shift alone, we should consider some possible

# ROLES RESPECTIFS DU LIGAMENT CROISE ANTERIEUR ET DES STRUCTURES ANTEROLATERALES DANS LE CONTROLE DE LA ROTATION MEDIALE PASSIVE DU GENOU : UNE ETUDE BIOMECANIQUE

N. RUIZ – G.J. FILIPPI – B. GAGNIERE – M. BOWEN – H. ROBERT



# INTRODUCTION

Problématique :

La reconstruction du LCA peut laisser persister une instabilité rotatoire



Cliniquement : PIVOT-SHIFT  
= Valgus - Flexion + RM



Questions :

- La reconstruction du LCA est-elle anatomique ?
- Le LCA est-il seul responsable du contrôle de la RM ?

# INTRODUCTION

## HYPOTHESES :

- Plastie non anatomique
- Reconstruction mono-faisceau

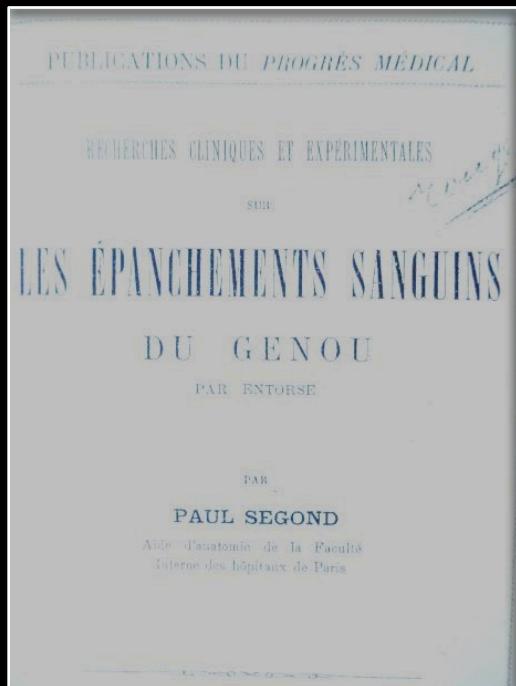
(...)

- Structures ligamentaires périphériques négligées
- => Structures antérolatérales (dont ALL)

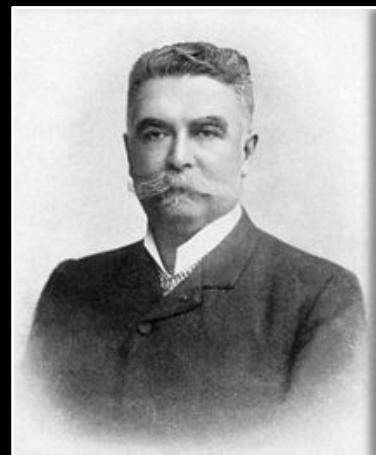
# INTRODUCTION

## SEGOND PF.

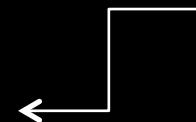
Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse. Paris. 1879



*« Il existe une bande fibreuse, nacrée, résistante, qui, dans l'exagération du mouvement en dedans, subit toujours un degré de tension extrême »*



*Fracture de Segond*

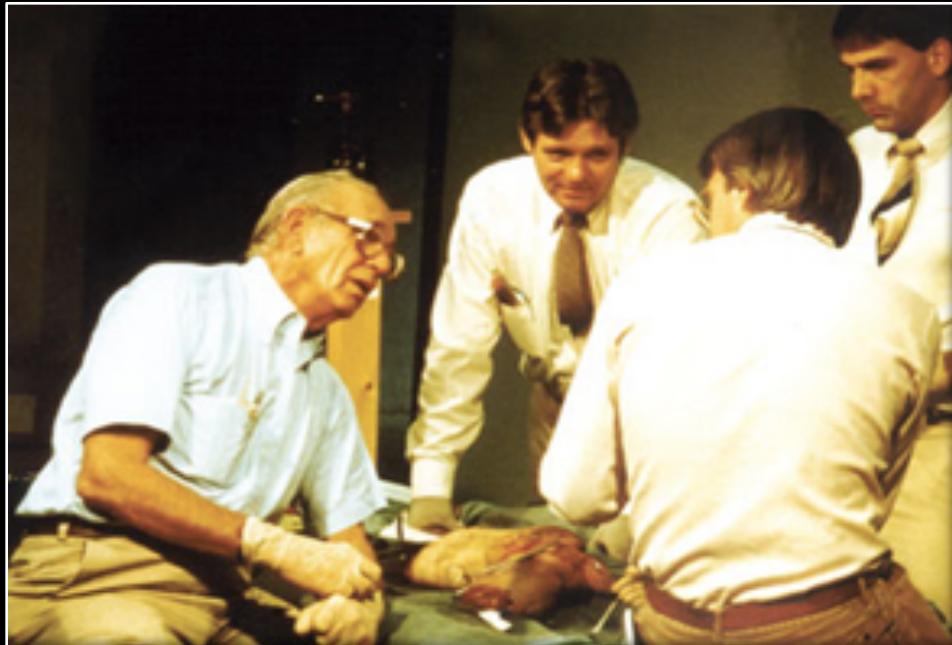


# INTRODUCTION

HUGHSTON JC et al.

Classification of knee ligament instabilities

Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg Am* 1976



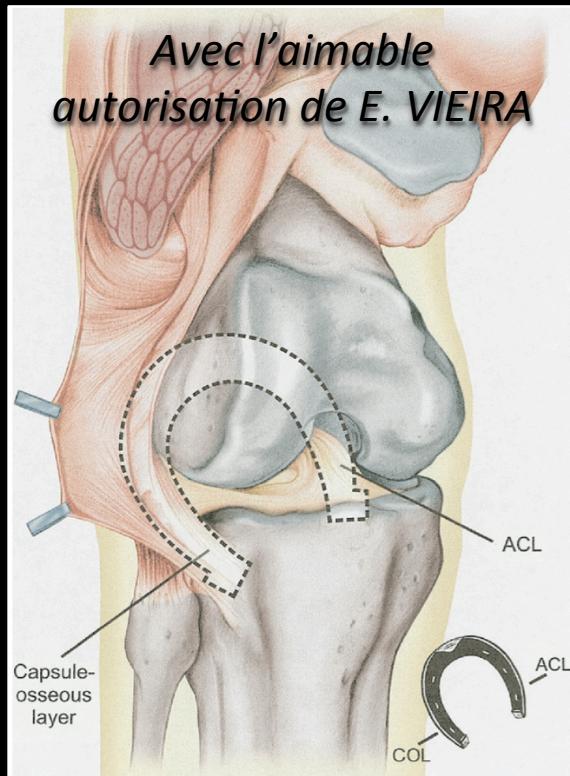
« *The mid third of the lateral capsular ligament attaches proximally to the lateral epicondyle and distally at the tibial joint margin* »

« *Anterolateral rotatory instability, demonstrated by the Jerk test is caused by a tear of the lateral capsular ligament but it may be accentuated by a tear of the ACL* »

# INTRODUCTION

VIEIRA EL et al.

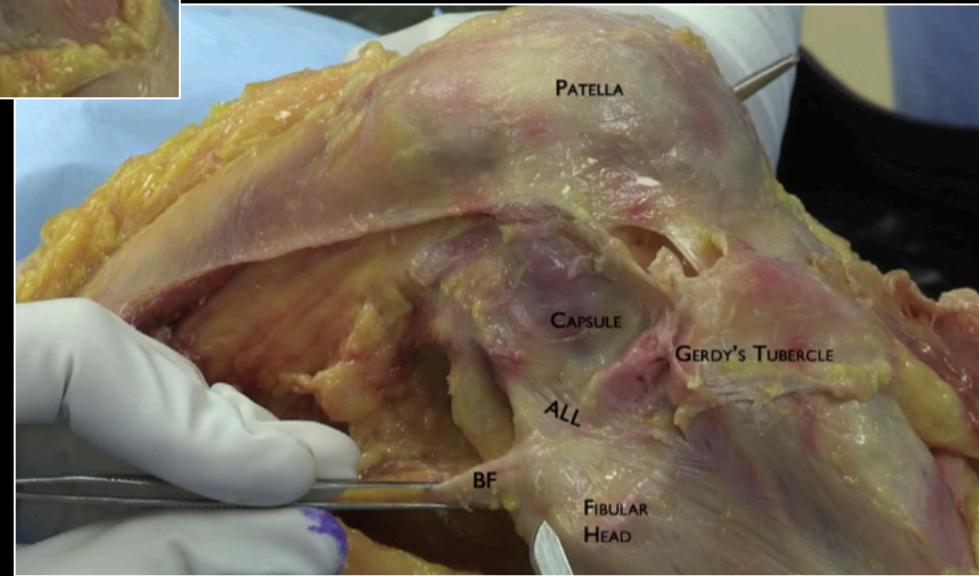
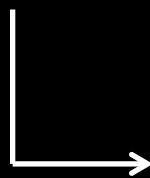
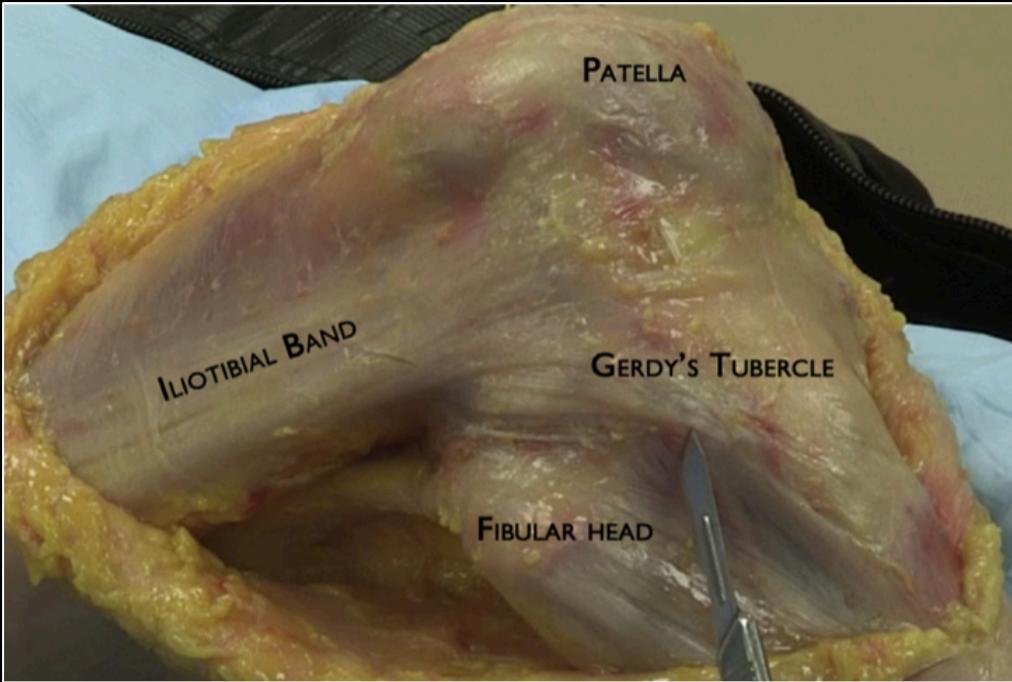
An anatomic study of the iliotibial tract. *Arthroscopy* 2007



« (...) because of its function named it as anterolateral ligament of the knee, particularly regarding its capsular-osseous layer »

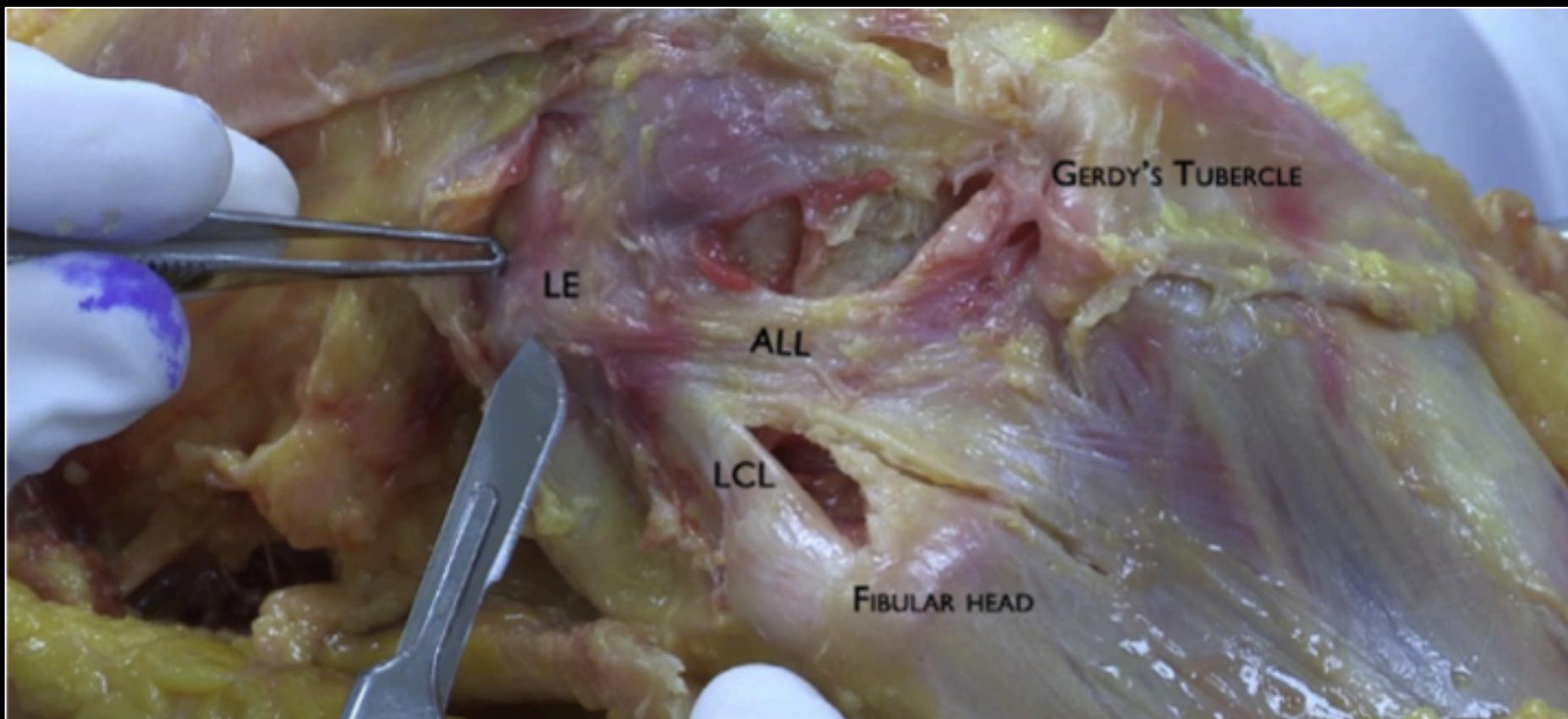
« In fact, it acts as a true anterolateral ligament »

MULLER W. - LAPRADE R. -  
VINCENT JP. - CLAES S. -  
DODDS AL. - DAGGETT M. (...)



*Avec l'aimable autorisation de M. Daggett*

DAGGETT M. et al. Surgical dissection of the anterolateral ligament. *Arthroscopy* 2016



*Avec l'aimable autorisation de M. Daggett*

DAGGETT M. et al. Surgical dissection of the anterolateral ligament. *Arthroscopy* 2016

# HYPOTHESE

Les structures antérolatérales (dont l'ALL)  
– comme le LCA –  
ont un rôle dans le contrôle de la RM du genou

# OBJECTIF

Comparer les rôles respectifs du LCA et des structures antérolatérales dans le contrôle de la RM passive du tibia sous le fémur à 30° de flexion

# MATERIEL ET METHODE

## PREPARATION ANATOMIQUE & LAXIMETRE ROTATOIRE

24 membres inférieurs cadavériques frais

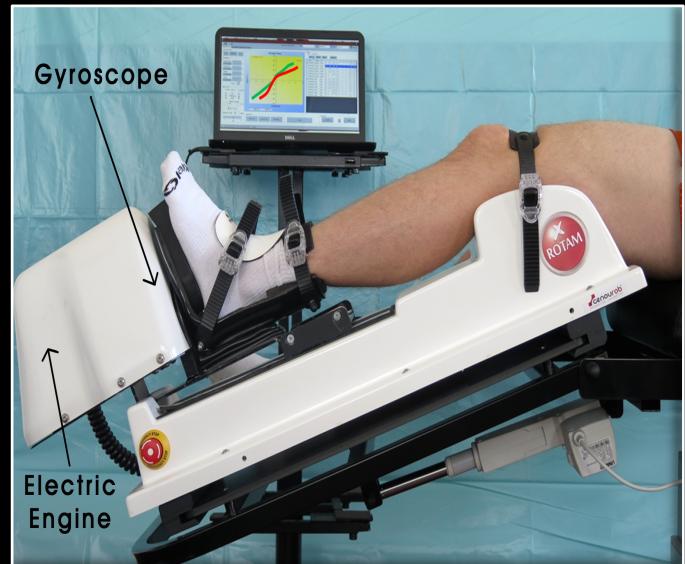
- 8H, 16F : d'âge moyen 76 ans (47-92)
- Genoux indemnes de lésions dégénératives

### Mesures des laxités rotatoires

**ROTAM® : 5N/m**

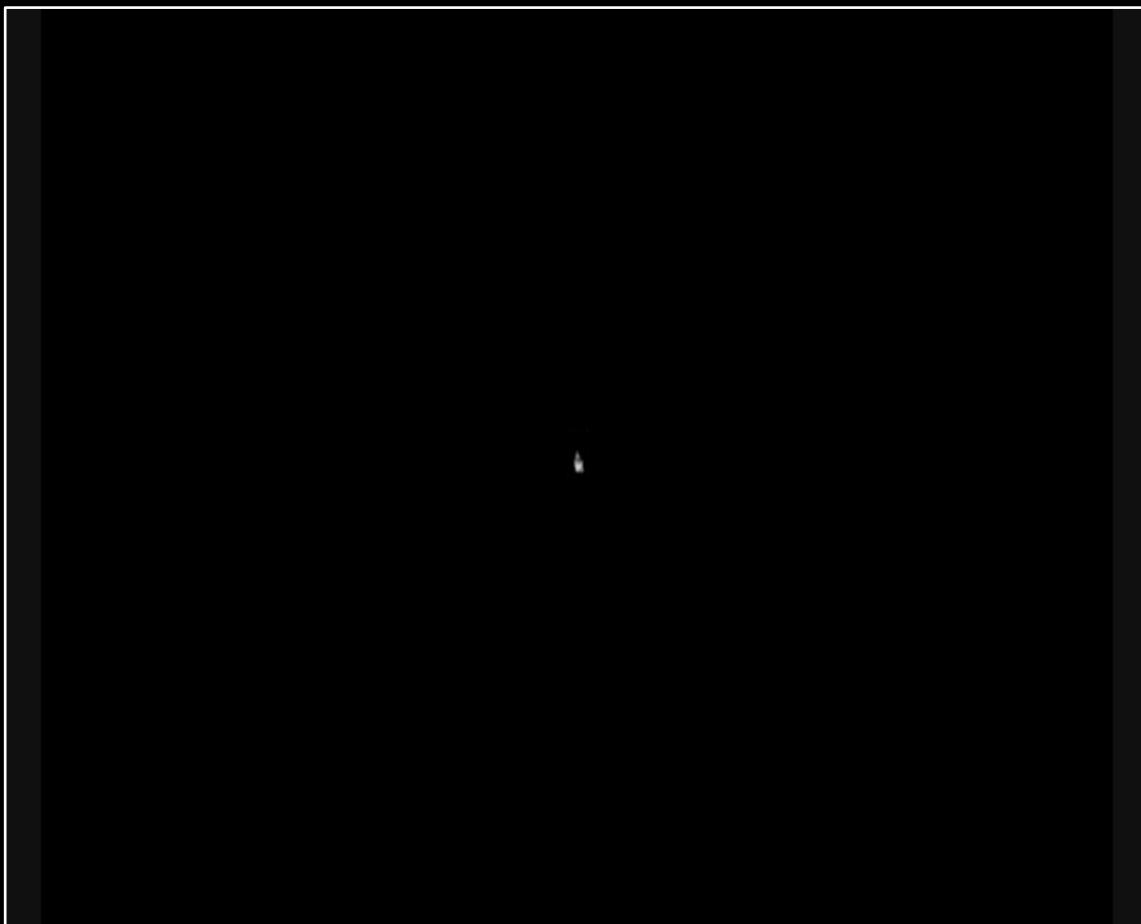
### Mesures comparatives des RM

- Gyroscope : 0.1°
- Genou à 30° de flexion
- Bloc pied-cheville



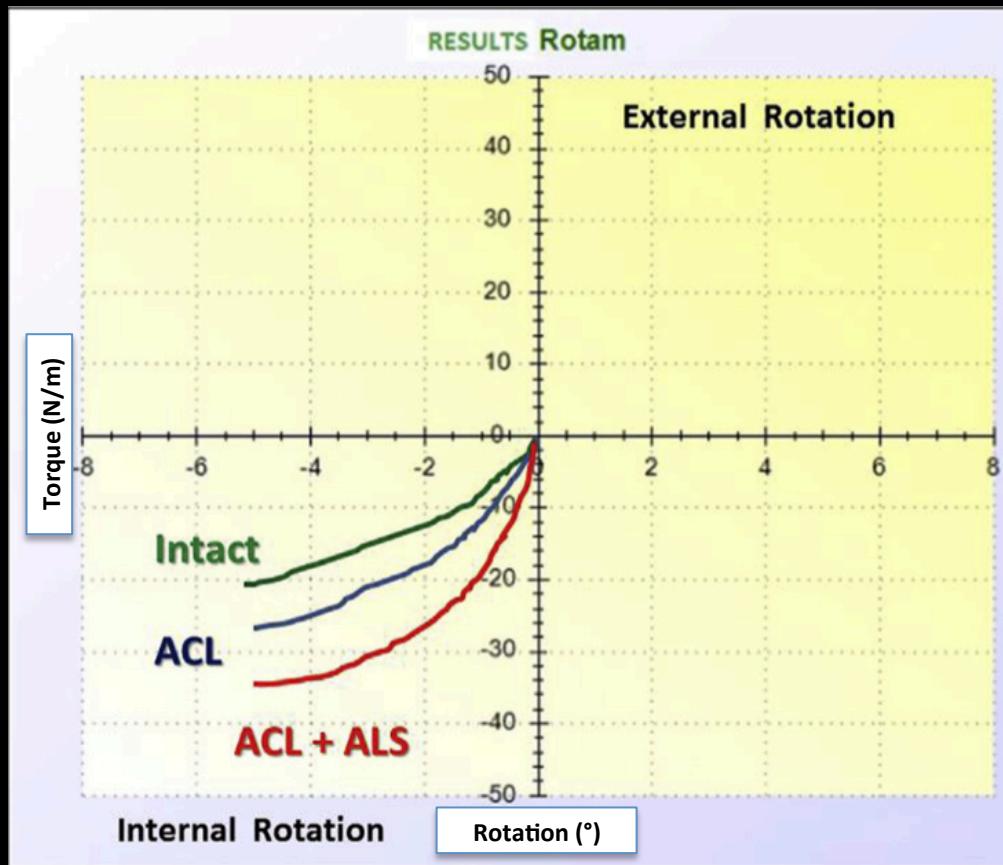
# MATERIEL ET METHODE

## LAXIMETRE ROTATOIRE : ROTAM®



# MATERIEL ET METHODE

Courbe : RM ( $^{\circ}$ ) / moment de force (N/m)  
→ Moyenne de 3 mesures à chaque étape



# MATERIEL ET METHODE

## PROTOCOLE DE L'ETUDE : SECTIONS SEQUENTIELLES

Série 1 (12 genoux) :

- Section du LCA ...  
... puis section des structures antérolatérales

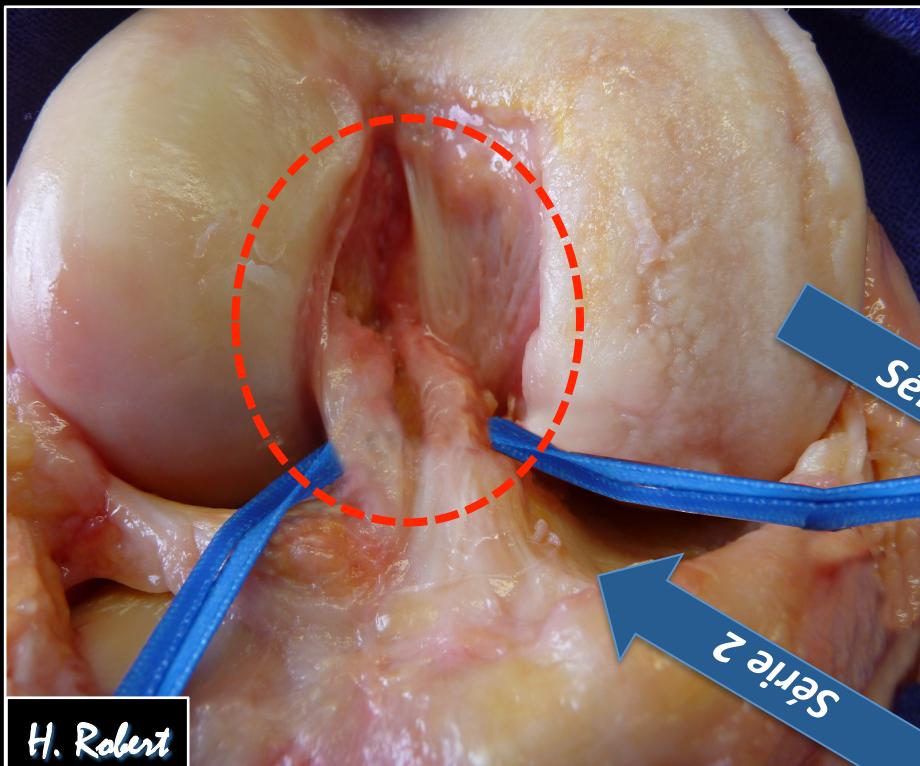
Série 2 (12 genoux) :

- Section des structures antérolatérales ...  
... puis section du LCA

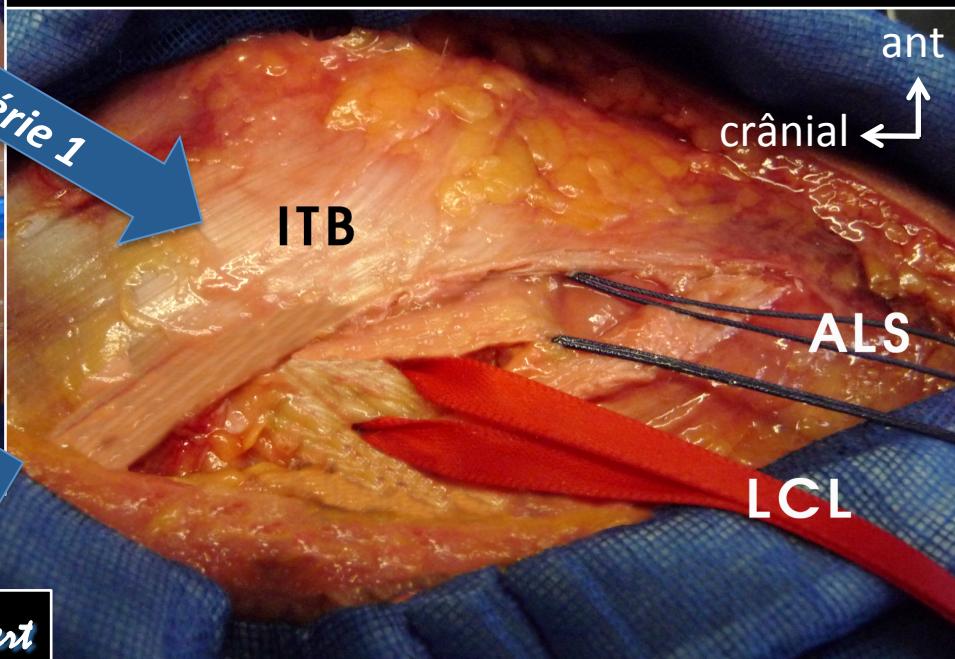
*Les deux séries étaient comparables en âge, sexe, et RM initiale*

# MATERIEL ET METHODE

## PROTOCOLE DE L'ETUDE : SECTIONS SEQUENTIELLES



- Section du LCA
- Section de la capsule AL

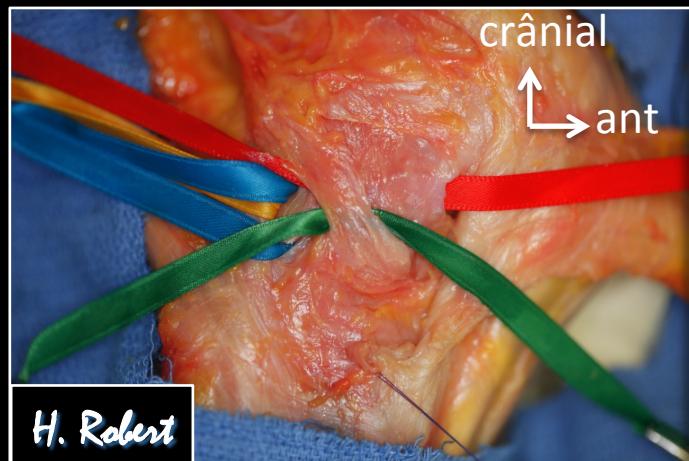


# MATERIEL ET METHODE

## PROTOCOLE DE L'ETUDE : SECTIONS SEQUENTIELLES

Sections des structures capsulo-ligamentaires antérolatérales :

- ◆ au dessus du ML
- ◆ en avant du LCL
- ◆ respect du TFL



# RESULTATS

Série 1	Genou sain	Section LCA	Section capsule AL + LAL
Rotation médiale	22,1°	25,7°	28,1 °
Gains après section		+ 3,6° (2,5 à 4,3°)	+ 2,8° (1,2 à 5,5°)
Série 2	Genou sain	Section capsule AL + LAL	Section LCA
Rotation médiale	22,5°	25,2°	29,1°
Gains après section		+ 2,7° (1 à 4,5°)	+ 3,9° (2 à 6,2°)

# RESULTATS

## Progression significative de la RM Gains totaux après section LCA + ALS

Série 1 : **+6,4° (+28,9%)\***

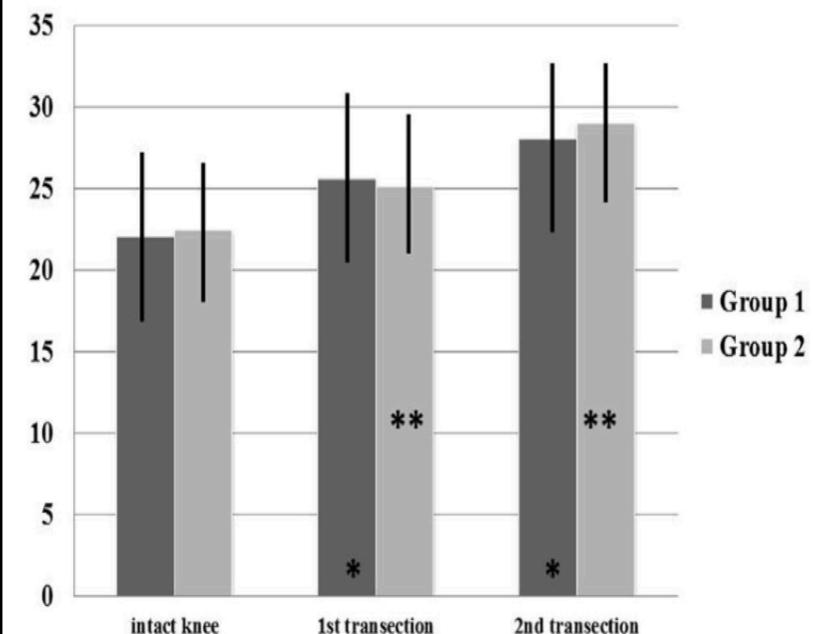
Série 2 : **+6,6° (+29,2%)\***

GAIN DE RM SIGNIFICATIF ( $p<0,001$ )

- après section ACL
- après section ALS
- après section ACL+ ALS ou ALS + ACL

PAS DE DIFFERENCE SIGNIFICATIVE DE  
GAIN DE RM ENTRE GROUPE 1 & 2

( $p=0,80$ )



# DISCUSSION

Le LCA et les structures capsuloligamentaires antérolatérales participent au contrôle de la RM passive du genou à 30° de flexion, de manière synergique et indépendante :

Section couplée LCA + ALS => +30% de RM

Rôle prédominant du LCA à 30° de flexion :  
Section LCA : +3,6° & +3,9° (+16,4% & +17,2%)  
Section ALS : +2,8° & + 2,7° (+12,5% & +12%)

Non significatif

# DISCUSSION

Rôle du LCA dans le contrôle de la RM :

- +1,3° KANAMORI, *Arthroscopy* 2000
- +3° DIERMANN, *AOTS* 2009
- +4° MARKOLF, *JBJS Am* 2009
- +5° LORBACH, *AJSM* 2010
- +3,8° AMIS, *Arthroscopy* 2014
- +1,6° NOYES, *AJSM* 2015

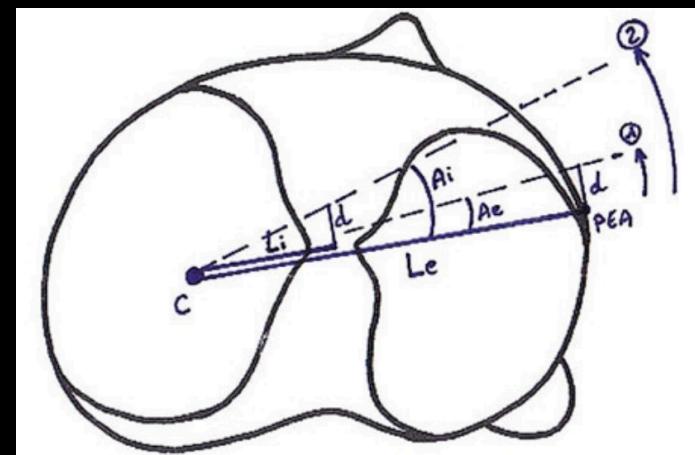
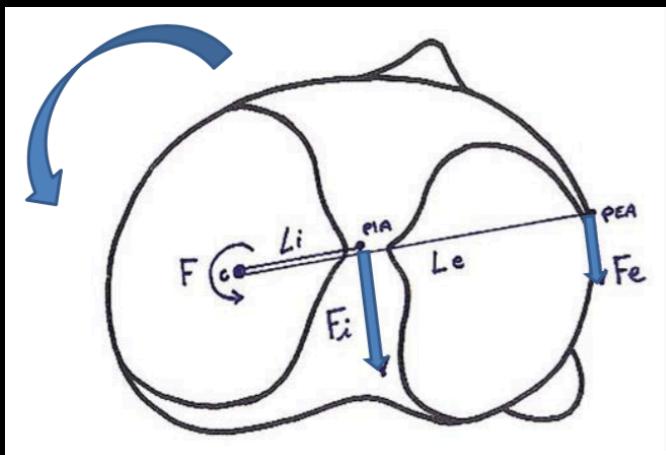
Rôle des structures capsuloligamentaires AL dans le contrôle de la RM :

- +5,5° MONACO, *KSSTA* 2012
- [ACL>ALL]<30°<[ALL>ACL] PARSONS, *AJSM* 2015
- +4° SPENCER, *AJSM* 2015

# DISCUSSION

## PLACE DES TENODESES EXTRA ARTICULAIRES : *Raisons ANATOMIQUES et BIOMECANIQUES*

**CONTRÔLE DE LA RM** : puisque les ALS participent au contrôle rotatoire du genou, il semble logique de les reconstruire lors des greffes du LCA



# DISCUSSION

## PLACE DES TENODESES EXTRA ARTICULAIRES : *Raisons ANATOMIQUES et BIOMECANIQUES*

### DIMINUTION DES CONTRAINTES SUR LA GREFFE INTRA ARTICULAIRE :

ENGEBRETSEN L. et al. The effect of an iliotibial tenodesis on intraarticular graft forces and knee joint motion. AJMS 1990

*“Adding the iliotibial band tenodesis to an existing standardized intraarticular reconstruction significantly decreased the force in the ACL composite graft by an average of 43%”*

# DISCUSSION

## PLACE DES TENODESES EXTRA ARTICULAIRES : *Raisons ANATOMIQUES et BIOMECANIQUES*

### Quand ... ?

- Laxité majeure
  - Rotatoire : Ressauts grade II ou III
  - Antéropostérieure : LACHMAN +++, GnRB, TELOS...
- Niveau sportif & sports pivot-contact
  - Rupture itérative

### Systématique ... ?

Bénéfices controversés & Complications

# FORCES DE L'ETUDE

Etude biomécanique originale et série importante

Mesures rotatoires fiables et précises : 0,1°

Couple de torsion de 5N/m contrôlé

Bonne reproductibilité des mesures

Section en bloc des éléments capsuloligamentaires AL

# LIMITES DE L'ETUDE

Genoux cadavériques âgés

Pas d'enregistrement simultané de la translation AP

Pas d'étude du rôle des ménisques

# CONCLUSION

*« We will never fully understand rotatory instability  
as long as we look only at the ACL »*

MONACO E. KSSTA 2012

*« Individualized approach to restore anatomical  
structure according to unique characteristics of a  
patient knee »*

ARAUJO P. KSSTA 2014



# MERCI DE VOTRE ATTENTION

