

DIU Arthroscopie
Brest, 18 mars 2022



Société Francophone d'Arthroscopie (SFA)

Anatomie et biomécanique du LCA



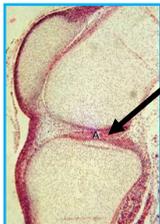
Henri Robert
C. H. Haut Anjou, Château Gontier
Laboratoire Anatomie, Rennes



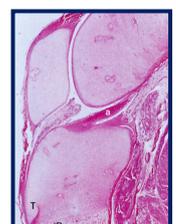
Embryology of the Human Locomotor System

Springer Verlag. Uthhoff Hans K

Embryon de 8 semaines, 30 mm



14 semaines, 120 mm

Anatomie du LCA: toujours discutée

- 1. « Cone aplati » très asymétrique avec 2 faisceaux AM et PL et des surfaces d'insertion spécifiques ?
- 2. « Ribbon-like » ou « Lasagna-like » ?
Smigielski R. ACL Study Group, 2012. Mochizuki T, Arthroscopy, 2006




- Mais toujours :
 - 1. Intra articulaire et extra-synovial
 - 2. Tendu obliquement en bas en avant du fémur au tibia
 - 3. Rôle spécifique de chaque contingent de fibres AM ou PL

Anatomie en « double faisceau » (DB):



Frères Weber
1836



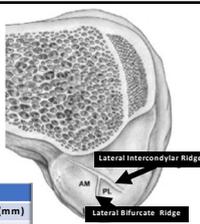
Arthroscopie genou Dt.

Fœtus de 16 semaines
Fu F, KSSTA, 2014



Insertions fémorales: « double bundle »

- Sur la face axiale du condyle latéral
- Sous la « lateral intercondylar ridge » («Resident ridge »)
- De part et d'autre de la « Bifurcate ridge »
- En avant de la limite chondrale postérieure et distale

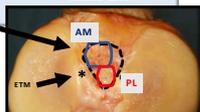


	AM		PL	
	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)
Mochizuki T, 2006	9,2 ± 0,7	4,7 ± 0,6	6 ± 0,8	4,6 ± 0,6
Takahashi M. 2006	11,3 ± 1,6	7,5 ± 1,3	11 ± 1,7	7,1 ± 1
Edwards A, 2008	7,6 ± 1,5	7 ± 1,6	6,2 ± 2,3	5,5 ± 3,1
Siebold R, 2008	7,2 ± 1,5	7,1 ± 1,5	7 ± 1	7 ± 2

Goncalvez DH. Controversies in ACL R. 2014

Insertions tibiales:

- Sur la surface pré spinale, entre les épines tibiales, en arrière du ligament intermésical, de la racine antérieure du MM
- Positionnement variable avec la racine antérieure du ML
- Forme variable: triangle, ovale
- Fx. AM en avant du Fx. PL



Genou droit

	Longueur (mm)	Largeur (mm)
Girgis FG. 1975	30	
Morgan CD. 1995	18	10
Cuomo P. 2006	17	9
Colombet P. 2006	17,6	12,7
Edwards A. 2007	18	9
Siebold R. 2008	14	10
Ferretti M. 2012	18	10,7

Tsukada H, 2009

Insertions tibiales: « double bundle »

Genou droit

Edwards A, KSSTA, 2007

	AM (mm ²)	PL (mm ²)
Harner C. 1999	56 ± 21	53 ± 21
Takahashi M. 2006	67 ± 18	52 ± 17,6
Siebold R. 2008	67 ± 31	52 ± 20

« The subdivision of AM and PL bundles is rather arbitrary »
Dargel J, 2007

Anatomie en ruban: « ribbon-like » ou « lasagna-like »

Genou Dt.

Smigielski R. ACL Study Group, 2012. Mochizuki T, Arthroscopy, 2006

LCA en ruban

Longueur: 22 à 41 mm

Epaisseur: 3 à 4 mm

Largeurs:
Haut: 16 mm
Milieu: 11,4 mm
Bas: 13,7 mm

H. Robert

Smigielsky R, 2012. Siebold R, 2015

Insertions fémorales:

Smigielski R. ACL Study Group, 2012.

Lateral intercondylar ridge

Insertion directe: fibro-cartilagineuse

Insertion indirecte: fibreuse

	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)
Mochizuki T. 2006	15,1	4,7
Iwahashi T. 2010	17,9	8
Sasaki N. 2012	17,7	5,3
Smigielski R. 2015	11,4	3,4

Genou droit

LCA

Ligne chondrale inférieure

Apex

Ligne capsulaire postérieure

H. Robert

Insertions tibiales directes: 3 types

Ménisque médial

Ménisque latéral

« C » 67%

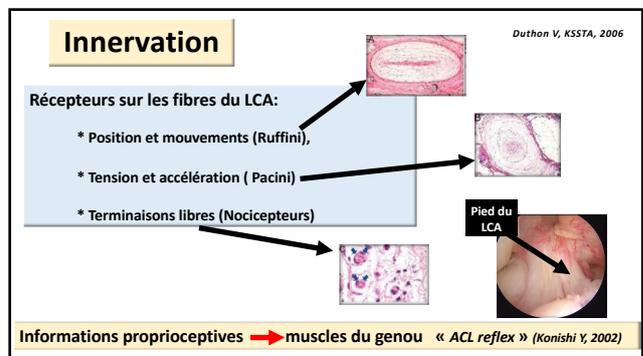
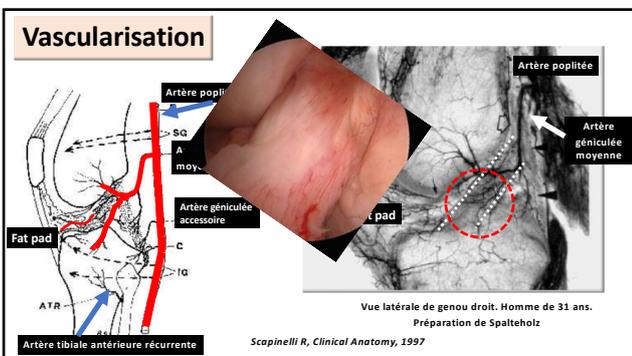
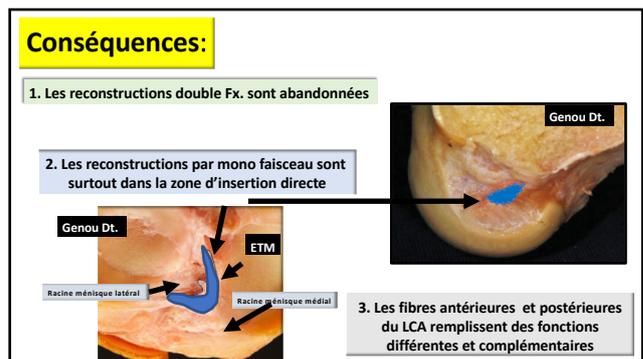
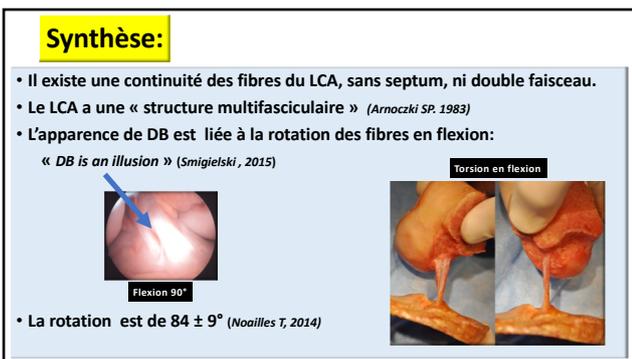
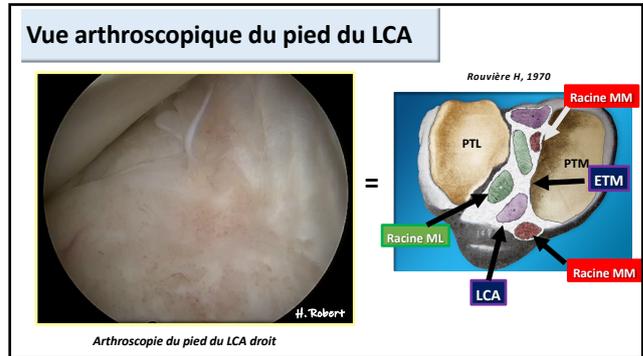
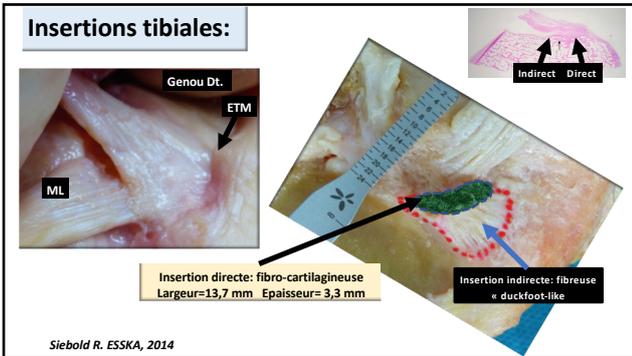
« J » 24%

« Cc » 9%

Ménisque médial

Ménisque latéral

Smigielski R. ACL Study Group, 2012.



Histologie

A Très cellulaire
La plus fragile

B Fibroblastes fusiformes rares
Haute densité de fibres

C Fibro chondrocytes
La plus solide

H. Robert

Duthon V, KSSSTA, 2006

Caractéristiques mécaniques du LCA

Courbe charge / élongation

Limite élastique
Charge à la rupture
Raideur

Force (N)
Déplacement (mm)

Woo SL, AJSM, 1991

	Charge à la rupture (N)	Raideur (N/m)
< 35 ans	2160 ± 157	242 ± 28
40-50 ans	1503 ± 83	220 ± 24
> 60 ans	658 ± 129	180 ± 25

Contraintes sur le LCA

Vélo	30 N
Montée des escaliers	70 N
Descente des escaliers	400 N
Se lever d'une chaise	180 N
Marche terrain ascendant	300 N
Marche terrain plat	200 N
Marche terrain descendant	450 N
Extension active	480 N
Jogging	550-650 N

1. Les fixations doivent supportées des charges > 450 N (Noyes FR, JBJS, 1998)
2. L'extension active en rééducation est délétère pour les plasties (CCO)

Morrison JB, Biomed Eng, 1968

Biomécanique du LCA

1^{er} Frein de la translation antérieure

Anisométrie des faisceaux

AM
PL
Comp let

L'AM est relativement isométrique
Le PL se détend en flexion

Pearle A, AJSM, 2008

Extension
AM tendu
PL tendu

Flexion
AM reste tendu
PL détendu en flexion

Contrôle de la translation antérieure

Sakane M, JOR, 1997

In situ force sous 110 N de poussée

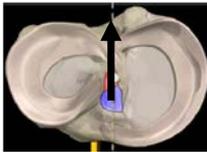
AM
PL
Comp let

Les σ dans l'AM sont relativement stables avec la flexion, ce sont les « guiding fibers »
Pour le PL, les σ sont maximales à 15° puis diminuent avec la flexion, le PL contrôle le TTA en début de flexion.

LCA intervient surtout à faible flexion et contrôle 85% du tiroir (Butler DL, 1980)

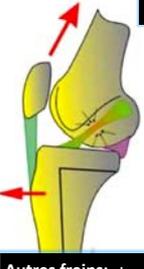
Rôle du LCA sur la translation antérieure :

- TTA augmente avec la flexion (*Tiroir physiologique*)
- TTA augmente > section d'1 ou des 2 faisceaux
- Fibres AM relativement isométriques, contrôlent la TTA > 30° de flexion, grâce à une orientation AP
- Fibres PL contrôlent la TTA en début de flexion puis se détendent > 30°



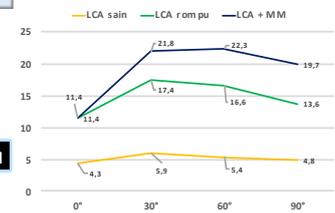
Le LCA est le frein principal de la TTA (85%)
Le recrutement des fibres est fonction de la flexion
Les fibres sont complémentaires entre 0 et 90°

Synergies avec le LCA



1^{er} frein: LCA

2^{ème} frein: MM



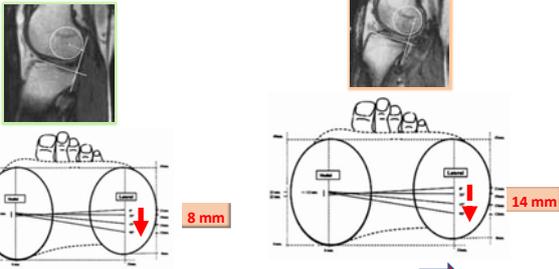
Flexion (°)	LCA sain	LCA rompu	LCA + MM
0°	4,3	11,4	11,4
30°	5,9	17,4	21,8
60°	5,4	16,6	22,3
90°	4,8	13,6	15,7

« Medial meniscus is a secondary restraint to A-P displacement in ACL deficient knee during Lachman test »
Levy IM, JBIS, 1982

Autres freins: plans périphériques, ML, TFL, pente tibiale.....

Rotation interne couplée à la TTA

Logan M Freeman M, AJSM 2004

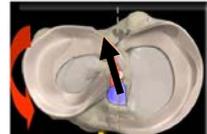


Genou sain: recul de 8 mm du CL

LCA rompu: recul de 14 mm du CL → rotation tibiale de 15 à 20°

Contrôle de la rotation interne

1. Orientation oblique (6°) des fibres PL permet le contrôle du condyle latéral



2. Plans capsulo-ligamentaires antéro-latéral et postéro-médial + les ménisques (Dorgel J, 2007)

Contrôle de la RI par le LCA: sections expérimentales

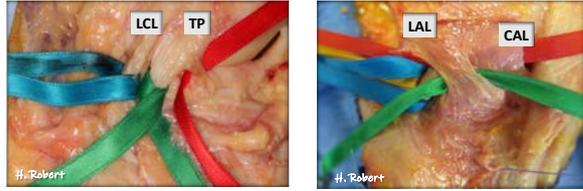
Author	Method	Couple (Nm)	Augmentation de RI
Markolf KL, 2009	Robot	5 Nm	4 ± 2,8°
Lorbach O, 2010	Navigation optique	5 Nm	3,8°
Noyes F, 2015	Robot UFS	5 Nm	1,6 ± 1,1 °
Kondo E, 2014	Optique	5 Nm	3,8°
Kanamori A, 2000	Robot UFS	10 Nm	2°
Diermann N, 2009	Robot UFS	10 Nm	3°
Robert H, 2016	Laximètre Dyneelax*	5 Nm	3,6 ± 10°

RI augmente en moyenne de 3°

Contrôle de la rotation interne: le LAL

Vieira EL, 2007
Vincent PH, 2022
Claus S, 2013
Zens M, 2015
Helito CP, 2013

« Il existe un authentique ligament antéro-latéral, de direction oblique en bas et en avant, tendue entre la zone postéro-supérieure à l'épicondyle et le tibia »

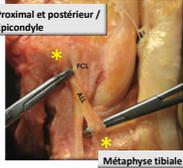
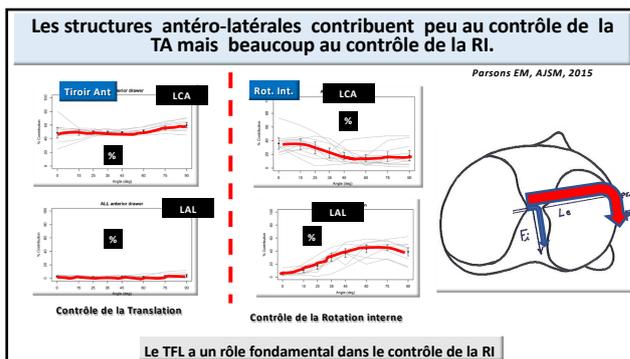
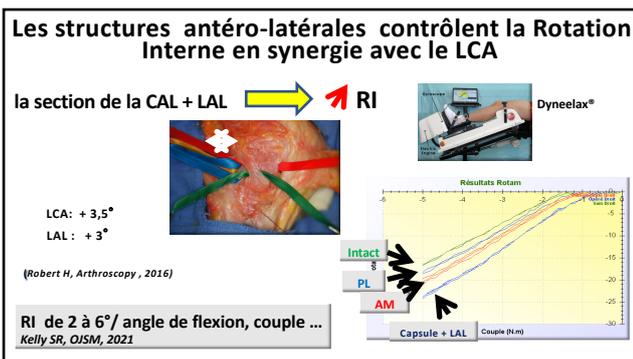
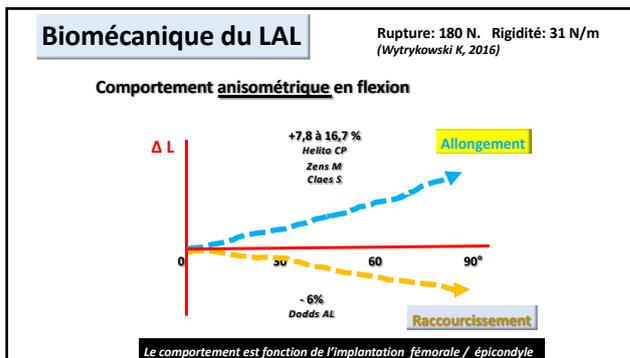


H. Robert

Vue latérale genou droit

Ligament antéro-latéral

	Longueur	Largeur	Épaisseur
Vincent JP, 2012	34,1	8,2	1,3
Claes S, 2013	38,5	6,7	1,3
Dodds AL, 2014	59	6	
Helito CP, 2013	35,1	6,8	2,6
Stijak I, 2016	41	4	1
Neri T, 2017	39	7,3	1,4
Moyenne	40 mm	7 mm	1,5 mm

- ### Les messages :
- Il existe une continuité des fibres du LCA, sans septum, ni double faisceau.
 - Le LCA a une « structure multifasciculaire, en forme de ruban plat »
 - L'apparence de double Fx. est liée à la rotation des fibres en flexion
 - Les insertions F. et T. sont directes et indirectes
 - Le LCA a un comportement visco-élastique
 - Les fibres antérieures isométriques, contrôlent le tiroir antérieur
 - Les fibres postérieures anisométriques, contrôlent la RI + avec le plan AL + TFL
 - Les ménisques agissent en synergie avec le LCA dans le contrôle du TA
 - Les plans latéraux contrôlent les rotations en synergie avec le LCA.

