

Thomas Neri

MD, PHD

Service de Chirurgie Orthopédique
CHU Saint-Etienne

Inter-university Laboratory of Human
Movement Science, EA 7424, Univ
Lyon



Service de chirurgie Orthopédique,
CHU Saint-Etienne



FIXATION DES GREFFES POUR UNE LIGAMENTOPLASTIE DE LCA



DIU ARTHROSCOPIE
- GENOU

Clermont FD - 07/02/2020

Le succès de la chirurgie du LCA repose sur:

- sélection des patients
- technique chirurgicale (position, tension et approche chirurgicale)
- traitement des lésions associées, des FDR et des contraintes rotatoires
- choix de la greffe
- **méthode de fixation**

1. Phase d'intégration greffe

fixation biologique os-greffe = maillon faible

Contrat mécanique temporaire



Biomechanical Properties of Selected ACL Graft Tissues			
Tissue	Ultimate tensile load N (% ACL)	Stiffness (N/mm)	Cross-sectional area (mm ²)
Intact ACL	2160 (100%)	242	44
BTB 10 mm	2977 (138%)	620	35
Quadruple hamstring	4090 (189%)	776	53
Quadriceps tendon	2352 (109%)	463	62

2. Phase post fixation

portion intra-articulaire du transplant = maillon faible de la chaîne.

BIOMECANIQUE

SYSTEME de fixation

FIXATION OS-OS

FIXATION OS TISSUS MOUS

CONCLUSION

Prérequis BIOMECANIQUE

RÉSISTANCE À LA RUPTURE :

- = quantité de force qu'une reconstruction peut supporter avant l'échec final
- Mesuré en newtons (N)

RIGIDITÉ :

- = quantité de force nécessaire pour déplacer le greffon d'une certaine distance
- Mesurée en N/mm

GLISSEMENT / ELONGATION:

= Changement de position par rapport à la fixation initiale de la greffe
à un nombre spécifique de cycles de charge

-> explique échec clinique (laxité AP, ALRI, PS+): greffe intacte mais non fonctionnelle

Prérequis BIOMECANIQUE

Biomechanical Properties of Selected ACL Graft Tissues			
Tissue	Ultimate tensile load N (% ACL)	Stiffness (N/mm)	Cross-sectional area (mm ²)
Intact ACL	2160 (100%)	242	44
BTB 10 mm	2977 (138%)	620	35
Quadruple hamstring	4090 (189%)	776	53
Quadriceps tendon	2352 (109%)	463	62



**fixation = maillon faible
Avant intégration**

largement supérieur aux contraintes subies pr LCA

- Marche : 150 N (Morrison, J Biomed Eng 1968)
- jogging : **450 N (Morrison, Noyes et Barber JBJS 1991)**
- Rééducation « agressive » : 500 N (Franck et Jackson, JBJS 1997)

Prérequis FIXATION

résistante à la rupture

- > 450 N (Noyes)
- pour éviter rupture

rigide

- pour permettre l'incorporation biologique du greffon

résistante au glissement

Table 3
Failure Strength of Various Techniques of Graft Fixation

Fixation	Ultimate Failure Load (N)	Stiffness (N/m)
Patellar Tendon		
Metal interference screw ¹⁹	558	—
Bioabsorbable interference screw ¹⁹	552	—
Soft Tissue (Femoral)		
Bone Mulch Screw (Arthrotek, Warsaw, IN) ²⁴	1,112	115
EndoButton (Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA) ²⁴	1,086	79
RigidFix (Ethicon, Somerville, NJ) ²⁴	868	77
SmartScrew ACL (Linvatec, Largo, FL) ²⁴	794	96
BioScrew (Linvatec) ²⁴	589	66
RCI Screw (Smith & Nephew Endoscopy) ²⁴	546	68
Soft Tissue (Tibial)		
Intrafix (Ethicon) ²⁵	1,332	223
WasherLoc (Arthrotek) ²⁵	975	87
Tandem spiked washer ²⁵	769	69
SmartScrew ACL ²⁵	665	115
BioScrew ²⁵	612	91
SoftSilk (Acufex Microsurgical, Mansfield, MS) ²⁵	471	61

Prérequis FIXATION

Efficacité de la fixation des greffons
= **multifactoriel**

- Caractéristiques des dispositifs de fixation
- Site de fixation
- Densité de l'os
- Tibia ou fémur
- Type de greffe

- Direct
- Indirect



- Aperture
- Intratunnel
- Cortical

"Cancellous
Cortical"



"Non anatomical
Semi-anatomical
Anatomical"

INCORPORATION de la greffe

= ancrage histologique

Greffe avec plot osseux: os-os

- = Intégration osseuse
- **6 semaines** (étude animale)
- vis métallique = vis résorbable (Walton)

Greffe tendineuse: os-tissus mou

- = néovascularisation + ligamentisation + ossification jonctionnelle
- **6-12 semaines**

DIFFÉRENCE ENTRE FIXATION TIBIALE ET FÉMORALE

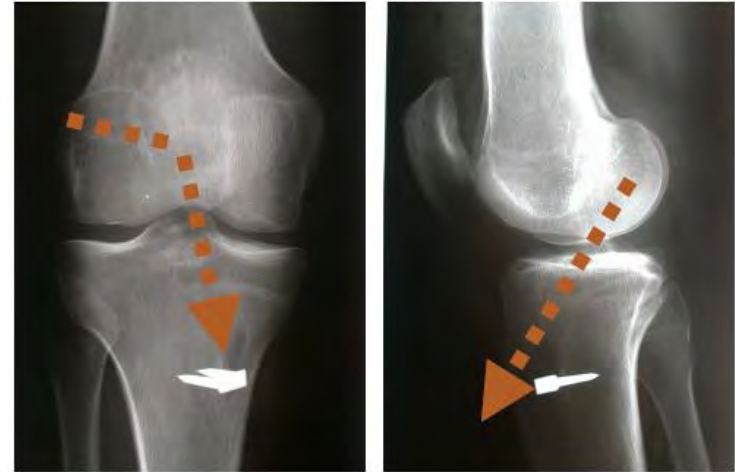
fixation fémorale >>> fixation tibiale

Aspect biomécaniques

- = angle de fixation par rapport à la fixation
- fixation tibiale: angle parallèle à la portion intraosseuse de la greffe
- Fixation fémorale: angle oblique/perpendiculaire

Densité minérale osseuse

- supérieure pour la partie distale du fémur
- densité minérale osseuse -> augmente rigidité



SITE DE FIXATION

Fixation anatomique DIRECTE

- = vis d'interférence
- fixation proche de l'ouverture du tunnel

Avantages:

- augmente stabilité & isométrie de greffe
- évite mouvement greffe dans tunnel

Inconvénients

augmentation rigidité greffe -> manque d'élasticité -> risque de rupture



Fixation suspendue INDIRECTE

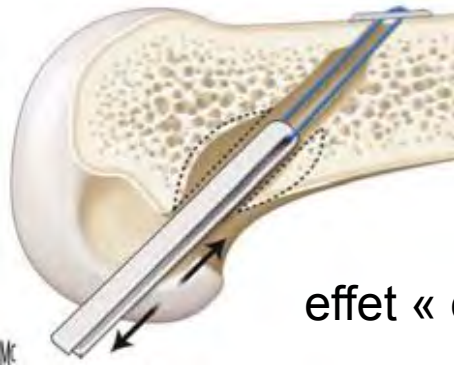
= fixation loin de l'ouverture du tunnel

Avantages:

diminution rigidité greffe -> augmente élasticité -> diminue risque de rupture

Inconvénients

- rigidité inférieure
 - effet « essuie-glace » ou « élastique »
- > incorporation retardée + élargissement tunnel



effet « élastique »



effet « essuie-glace »

3 familles de systèmes de fixation pour LCA:



fixation juxta-articulaire (directes)

- = vis d'interférence
- Métalliques
 - PEEK
 - résorbables



fixation mixte corticospongieuse :

- Transfix
- cross-pin
- système TLS

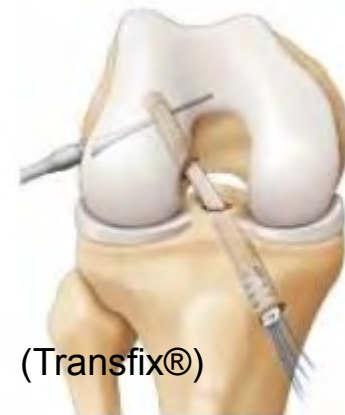


fixation à appui cortical :

- Endobutton
- Étriers
- Boutons
- agrafes

- **Vis d'interférence**
- Fixation os–os sans implant
- Fixation corticale
 - en suspension
 - suture appuyée sur vis/agrafe
- Compression transverse
- transfixion
- Systeme hybride

(Endobutton®, Tightrope®, Cortape®...)

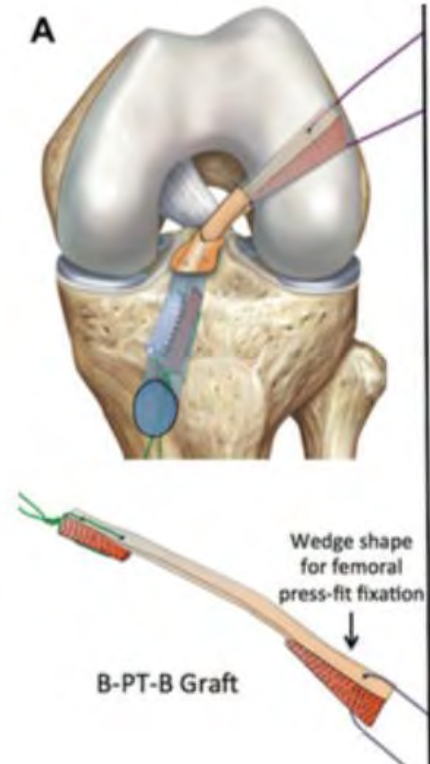


(Transfix®)



Fixation os–os sans implant

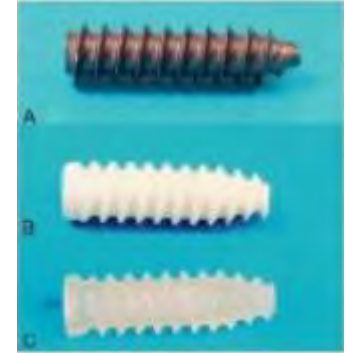
- press-fit
- baguette conique
- fixation fémorale +++
- tunnel transfixiant de dehors en dedans
- passage du transplant de distal en proximal
- inconvénient: difficile à régler
- Avantages: absence de matériel, comblement complet



Vis d'interférence

- **Composition de la vis :**
 - métalliques (titane)
 - Biorésorbables (PLA, PGA)
 - PEEK
 - ostéo-inductrices ?

- AUCUNE DIFFÉRENCE: force de fixation & résultats identiques



MÉTAL

- + pas de risque de rupture/déformation
- + efficacité durable de la fixation
- + contrôle radiologique du positionnement
- ablation difficile
- agressivité vis-à-vis du transplant
- artefacts en imagerie

RESORBABLE

- + comblement du tunnel +/- complete
- + pas d'artefacts en imagerie
- + pas de nécessité d'ablation si révision
- Difficulté à l'insertion (déformation empreinte)
- Réactions aux corps étrangers potentiels
- Potentiel de lyse -> Kystes

Vis d'interférence

- Diamètre de la vis :**
- Adaptée
 - Tibial > fémoral

*Kohn D, Rose C.
Primary stability of interference screw
fixation: influence of screw
diameter and insertion torque.
Am J Sports Med 1994;22:334-8.*



Comparison in both tibial and femoral for a 10mm tunnel

- 9,0 mm > 6,5 mm
- 9 mm > 7 mm



It was recommended that 7 mm screws should not be used on the tibial side

Vis d'interférence

Longueur de la vis : Pas de différence

Brown CH Jr, Hecker AJ, Hipp JA, Myers ER, Hayes WC. The biomechanics of interference screw fixation of patellar tendon anterior cruciate ligament grafts. Am J Sports Med 1993;21:880-6.



No difference between screws which were 20 mm and 25 mm long.

Black KP, Saunders MM, Stube KC, Moulton J, Jacobs CR. Effects of interference fit screw length on tibial tunnel fixation for anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 2000;28:846-9.



No significant difference in displacement, load to failure and stiffness (porcine) between interference screws of length 12.5, 15 and 20 mm.

Vis d'interférence

Densité minérale osseuse

tunnel fémoral > tunnel tibial

-> diamètre de la vis plus important dans le tunnel tibial

-> Zone antéro-médiale du tibia ++++

Ishibashi Y, Rudy TW, Livesay GA, et al. The effect of anterior cruciate ligament graft fixation site at the tibia on knee stability: evaluation using a robotic testing system. Arthroscopy 1997;13:177-82.

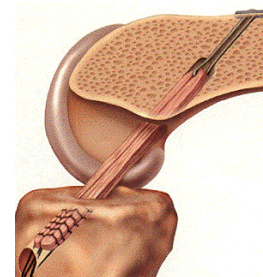
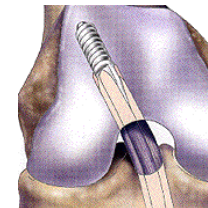
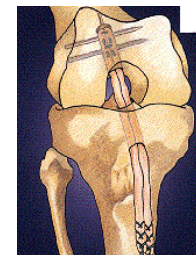
Martin SD, Martin TL, Brown CH. Anterior cruciate ligamentgraft fixation. Orthop Clin North Am. 2002; 33:685-696

Fémur

Compression

Transfixion/Expansion

Suspension



Tibia

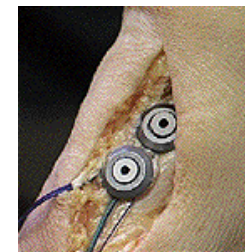
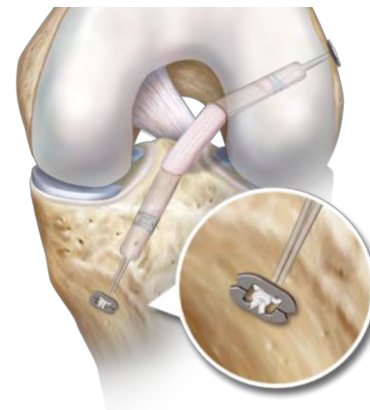
Compression

Expansion

Cortical anchoring

Hybrid fixation

Suspension



Vis d'interférence os-tissus mous

- filetage émoussé (risque de lacération greffe)
- rigidité à la compression adaptée: < os adjacent, > tissu mou
- Pour tibia et fémur
- bioabsorbable ou métalliques: résultats identiques
- Mais force de fixation plus faible (glissement jusqu'à 5 mm)

Weiler A, Hoffmann RF, Stahelin AC, Bail HJ, Siepe CJ, Sudkamp NP. Hamstring tendon fixation using interference screws: a biomechanical study in calf tibial bone. *Arthroscopy*. 1998; 14:29-37

Ahmad CS, Gardner TR, Groh M, Arnouk J, Levine WN. Mechanical properties of soft tissue femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2004; 32:635-640

Vis d'interférence os-tissus mous

- Fémur : Dispositif endopearl
- Tibia : Swivelock, agrafes, ou pédiculé
- Forage de compactage (Selby et al.)
- Correspondance précise du tunnel avec le diamètre du greffon (0,5 mm) (Steenlage et al.)



Vis d'interférence os-tissus mous

- **Diamètre de la vis** : taille pour taille ou 1mm de plus que le greffon(tibia)
 - Diamètre vis < diamètre tunnel: risque de glissement
 - Diamètre vis > diamètre tunnel: endommager le greffon
- **divergence** : < 20°
- **Longueur**: nécessite longueurs plus importantes que BTB
 - tibial: vis de 30 à 35 mm recommandées

Suspension

- Tightrope[®], Endobutton[®], Cortape[®], Ziploop[®]
- fixation au niveau du cortex fémoral latéral
- force et une rigidité similaires aux dispositifs de transfixion et aux vis résorbables
- boucle continue ou réglable
- Traction IN-OUT ou OUT-IN



Systeme TLS®

- Tape Locking Screw
- = système de fixation corticospongieux
- bandelette synthétique qui passe au travers du greffon et le maintien en tension, cette bandelette étant elle-même fixée à l'aide d'une vis d'interférence (métallique, en PEEK ou résorbable) s'appuyant à la fois sur l'os spongieux et cortical
- résistance très importante



Transfixation

- passage en boucle sur un axe transversal vissé ou impacté
= cross-pin
- ancillaire spécifique: Rigidfix[®] ,Transfix[®] , SemiFix[®]
- bons résultats cliniques à 2 ans
- mais la fixation est réalisée proximale dans le tunnel
et permet théoriquement un mouvement du greffon



LITTÉRATURE:

- BTB: gold standard = vis d'interférence
- Os-tissus mous:
 - méta-analyses ou études comparatives récentes -> pas de supériorité
 - systèmes de fixation fémorale satisfaisants mais la fixation tibiale encore à améliorer

EN PRATIQUE

- fixation adaptée au type de greffe utilisée
- confortable pour le chirurgien
- adapté au patient (âge...)
- Adapté à une révision éventuelle



MERCI pour votre attention



- Chapitre “Reconstruction du ligament croisé antérieur : fixation des greffes (chez l'adulte) » Pr S. Lustig, Pr P. Neyret, Livre l’arthroscopie 2015
- Cours de P. Landreau « Principles of ACL graft fixation »
- Neyret P, Demey G, Servien E, Lustig S (2012) Traité de chirurgie du genou. Elsevier Masson
- McKeon BP, Bono JV, Richmond JC (2009) Knee Arthroscopy. Springer Science & Business Media