

Étude radiologique de la reconstruction du ligament croisé antérieure type Kenneth-Jones dans la technique du tunnel tibial dépendant: à propos de 31 cas.

Radiological study of the anterior cruciate ligament reconstruction with Kenneth-Jones type according to the unitunnel technique: about 31 cases

Hadj Salah M., Dridi M., Sayed W., Trabelsi M., M'barek M.

Service d'Orthopédie et Traumatologie – Centre de Traumatologie et des Grands Brulés. Ben Arous – Tunisie.

CORRESPONDANCE : Dr. Moez DRIDI

Service d'Orthopédie et Traumatologie – Centre de Traumatologie et des Grands Brulés. Ben Arous – Tunisie.

E-mail: moezdridi85@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'orientation et l'emplacement des tunnels osseux lors des reconstructions du LCA sont essentiels et nécessitent l'utilisation de repères fiables afin de répondre à des impératifs radiologiques précis.

Le but de cette étude est d'évaluer la fiabilité et la reproductibilité des repères conventionnels dans le positionnement du greffon lors de la reconstruction arthroscopique type Kenneth-Jones du LCA selon la technique unitunnel.

Nous avons réalisé une étude radiologique rétrospective de 31 reconstructions du LCA au tendon rotulien sous arthroscopie selon la technique unitunnel. Nous avons mesuré plusieurs items que nous avons regroupés en trois rubriques : l'orientation et le positionnement des tunnels osseux, la divergence vis-baguette osseuse ainsi que leur positionnement au niveau des tunnels. Nous avons ensuite comparé nos résultats aux valeurs théoriques préconisées.

Les orifices articulaires étaient bien situés mais l'orientation de ces tunnels manquait de précision par rapport aux angles de références tout en ayant un bon positionnement en zone isométrique pour les deux tunnels. La divergence vis-baguette osseuse est en moyenne de 4° en frontal et de 3° en sagittal au niveau du tibia. A l'étage fémoral elle est en moyenne de 7° en frontal et de 12° en sagittal. Nous n'avons pas noté de saillie articulaire de la baguette ou de la vis tibiale. Au niveau fémoral il y avait un retrait moyen de 7 mm de la baguette et de 3 mm de la vis.

Les repères classiques de visée sont fiables mais insuffisants pour un positionnement optimal, rigoureux et reproductible. Ceci devrait conduire à l'utilisation de la chirurgie assistée par ordinateur pour tendre vers la précision et la reproductibilité.

ABSTRACT

Correct orientation and position of bone tunnels in arthroscopic ACL reconstructions are essential and require the use of reliable marks. The purpose of this study is to assess the reliability and reproducibility of conventional markers in the positioning of the graft in the Arthroscopic ACL reconstruction with Kenneth-Jones type according to the unitunnel technique. We conducted a radiological study of 31 ACL reconstructions with patellar tendon under arthroscopy using the unitunnel technique. We measured items that we have grouped under three headings: the orientation and positioning of bone tunnels, the divergence screw-bone graft at the tibia and femur tunnel, and positioning of the bone graft in tunnels. We then compared our results with theoretical values. Joint openings were well located, but the orientation of these tunnels was inaccurate with respect to reference angle while having a good positioning in isometric zone for both tunnels. The difference screw-bone wand is on average 4° in frontal and sagittal 3° in the tibia. Upstairs femur is an average of 7° in frontal and sagittal 12°. We have not noted in passing the orifice cortical projection of the tibia or tibial joint of the stick. At the femoral y'avait it means a withdrawal of the rod 7 mm and 3 mm of the screw.

Benchmarks classic sights are reliable but not sufficient for optimal positioning, accurate and reproducible. This should lead to the use of computer-assisted surgery to strive for accuracy and reproducibility.

I. INTRODUCTION

La reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA) au tendon rotulien sous arthroscopie selon la technique de Kenneth Jones est une intervention couramment pratiquée [1-12]. Son objectif mécanique est de contrôler la laxité et d'autoriser une mobilité complète du genou. Ce double objectif est fortement dépendant de la position intra-articulaire du transplant [1, 3, 13]. L'orientation et l'emplacement corrects des tunnels osseux tibial et fémoral sont essentiels et nécessitent l'utilisation de repères intra-articulaires fiables afin de répondre à des impératifs radiologiques précis [1, 2, 5-15]. Il existe de multiples scores d'évaluation fonctionnelle du genou, tel que le score IKDC (international knee documentation committee), utilisés lors du suivi post-opératoire des reconstructions du LCA [3, 7]. Aucun de ces scores ne prend en considération la radiographie post-opératoire du genou selon les incidences de face et de profil. En effet, l'orientation des tunnels osseux, l'emplacement du greffon dans les tunnels ainsi que la position des vis n'est pas évaluée. Il est nécessaire d'identifier quelles mesures radiologiques sont fiables et reproductibles pouvant servir d'indice d'évaluation de nos reconstructions. Il est primordial que les différences de mesure de l'emplacement du greffon ainsi que de l'orientation des tunnels, selon les patients, correspondent véritablement à une variation anatomique due à la technique opératoire et non à une différence de lecture radiologique entre observateurs. Le but de cette étude est d'évaluer la fiabilité et la reproductibilité des repères conventionnels dans le positionnement idéal du greffon lors de la reconstruction du LCA sous arthroscopie au tendon rotulien type Kenneth-Jones selon la technique unitunnel ou tunnels dépendants. Ceci afin de détecter les insuffisances et d'apporter les corrections éventuelles pour les interventions futures. On retrouve ainsi le concept d'« assurance qualité » que toute technique, quelque soit le domaine de son application, doit atteindre.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

A- La Série :

Entre 2002 et 2005, 61 cures sous arthroscopie d'une laxité antérieure du genou ont été colligées. Nous avons exclu les vingt premières ligamentoplasties correspondant

à la courbe d'apprentissage, les reconstructions au DIDT, ainsi que les reconstructions utilisant des vis d'interférence résorbables. Ainsi nous avons retenus 31 dossiers pour notre étude correspondant aux reconstructions du LCA par un greffon type « os-tendon-os », sous arthroscopie, selon la technique du tunnel tibial dépendant, fixé par des vis d'interférence métallique. Les données de notre étude ont été saisies au moyen du logiciel Excel et analysées au moyen du logiciel SPSS version 11.5.

Tous nos patients ont été opérés sous arthroscopie selon la technique unitunnel avec un tunnel fémoral borgne. Le premier temps correspond au prélèvement du greffon « os-tendon-os ». Ensuite vient un deuxième temps arthroscopique classique permettant après un temps d'exploration et de nettoyage le forage du tunnel tibial. Puis le forage du tunnel fémoral au travers du tunnel tibial (Figure 1). En fin passage soigneux et fixation du transplant des vis d'interférences en titane.



Figure 1 : La technique de forage du tunnel fémoral borgne à travers le tunnel tibial (technique unitunnel ou tunnel dépendant)

B- Étude radiologique :

Nous avons procédé à la réalisation de radiographies du genou en post-opératoire en incidence de face et de profil strict en extension complète et en appui monopodal. Pour étudier l'orientation et positionnement des tunnels osseux nous avons fait plusieurs mesures sur les incidences de face et de profil (Tableau I) (Figures 2, 3).

Tableau I : Différents paramètres radiologiques mesurés sur les incidences du genou de faces et de profils pour étudier l'orientation et le positionnement des tunnels osseux

Tunnel tibial		Tunnel fémoral	
Face	Profil	Face	Profil
a- Distance entre l'orifice extra-articulaire du tunnel tibial et le bord interne de la tubérosité tibiale antérieure	e- Angle entre les plateaux tibiaux et le tunnel tibial.	a- Angle entre le tunnel fémoral et la ligne bicondylienne.	e- Angle entre le tunnel fémoral et la corticale postérieure du fémur.
b- Angle entre le plateau tibial interne et le tunnel tibial.	f- Angle entre le tunnel tibial et la perpendiculaire à la pente tibiale.	b- Latéralisation et hauteur du tunnel fémoral***.	f- Rapport d'Aglietti.
c- Angle entre le tunnel tibial et l'axe du tibia.	g- Rapport tibial**.	c- Rapport fémoral de face**.	g- Rapport de Jackson.
d- Passage du tunnel tibial par le point M*	h- Zone du tunnel tibial**.	d- Zone du tunnel fémoral**.	
	i- Position de l'orifice intra-articulaire du tunnel tibial en pourcentage de la largeur du plateau tibial.		
	j- Projection du tunnel tibial sur la ligne de Blumensaat*.		

* Le point M et la projection du tunnel tibial sur la ligne de Blumensaat ont été définis par Muneta et al. [11].

** Le rapport tibial, la zone du tunnel tibial de profil, le rapport fémoral de face et la zone du tunnel fémoral ont été définis par Courage et al. [27].

*** Proposée par Lemos et al. [26]



Figure 2 : Différents paramètres radiologiques mesurés sur les incidences du genou de faces et de profils pour étudier l'orientation et le positionnement du tunnel osseux tibial

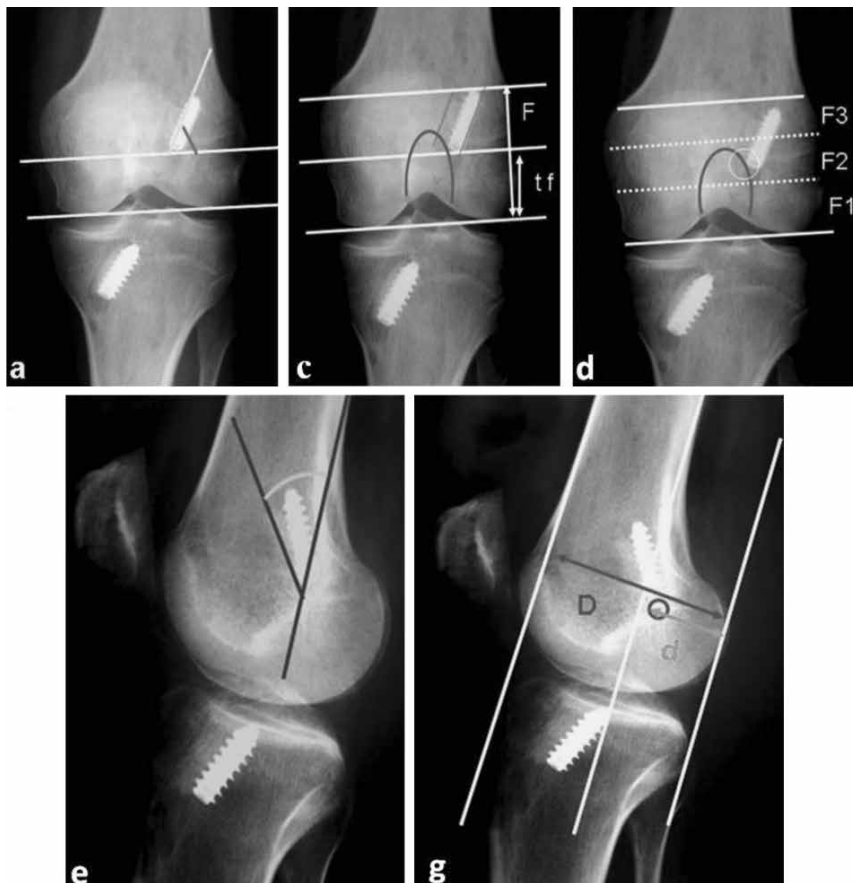


Figure 3 : Différents paramètres radiologiques mesurés sur les incidences du genou de faces et de profils pour étudier l'orientation et le positionnement du tunnel osseux fémoral

Pour l'étude de la divergence entre la vis d'interférence et les baguettes osseuses nous avons mesuré l'angle de divergence entre l'axe de la vis d'interférence tibiale et l'axe de la baguette osseuse tibiale, ainsi que l'angle de divergence entre l'axe de la vis d'interférence fémorale et l'axe de la baguette osseuse fémorale sur les incidences de face et de profil. Pour l'étude de la position du

greffon dans le tunnel osseux nous avons mesuré pour le tunnel tibial la distance entre l'extrémité proximale de la baguette osseuse et l'orifice articulaire du tunnel tibial, la longueur de la baguette osseuse tibiale, la distance entre l'extrémité distale de la baguette osseuse tibiale et la corticale antérieure du tibia et la longueur totale du tunnel tibial. Au niveau du tunnel fémoral nous avons

mesuré La distance entre la corticale postérieure du fémur et la baguette osseuse fémorale, entre la baguette osseuse fémorale, l'extrémité distale de la vis d'interférence et la ligne de Blumensaat (Figure 4).

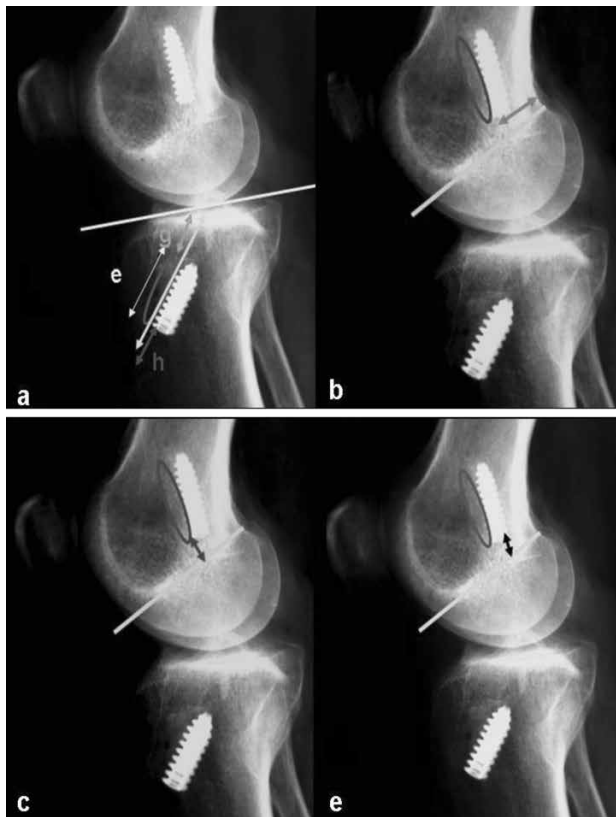


Figure 4 : Etude de la position du greffon et de la vis d'interférence dans les tunnels osseux

III. RÉSULTATS

Notre série ne comporte que des hommes dont l'âge moyen est de 31 ans [21-45]. Le genou droit était concerné 14 fois soit 45 % contre 17 fois pour le genou gauche. L'ensemble des résultats des différents paramètres radiologiques mesurés pour évaluer le positionnement et l'orientation des tunnels osseux au niveau tibial ou fémoral sont groupés dans le (Tableaux II, III) en fonction de la moyenne, médiane et le nombre maximal de cas en pourcentage.

Par ailleurs nous avons retrouvé une corrélation positive entre la zone de sortie du tunnel tibial et la zone d'entrée du tunnel fémoral.

En ce qui concerne la divergence entre la vis d'interférence et les baguettes osseuses au niveau du tibia et fémoral sur le plan frontal et sagittal l'ensemble des angles mesurés sont rapporté sur (Tableau IV).

Pour la position du greffon dans le tunnel osseux, Au niveau du tunnel tibial La distance entre l'extrémité proximale de la baguette osseuse et l'orifice articulaire du tunnel tibial est en moyenne était de 13 (+/-) 6 mm, avec des extrêmes allant de 0 à 28 mm. Il n'y avait aucune saillie articulaire de la baguette osseuse tibiale. La distance entre l'extrémité distale de la baguette osseuse tibiale et la corticale antérieure du tibia est en moyenne était de 9 (+/-) 6 mm, avec des extrêmes allant de 3 à 22 mm. Aucun cas de saillie distale de la baguette osseuse tibiale n'a été relevé.

La longueur totale du tunnel tibial est en moyenne de 47 (+/-) 5 mm.

Tableau II : Résultats des différents paramètres radiologiques mesurés pour évaluer le positionnement et l'orientation des tunnels osseux tibiaux

Tunnel tibial	Face					Profil				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Moyennes	19,5 (+/-) 4 mm	68 (+/-) 7°	17 (+/-) 7°	- type A: 0% - type B: 81% - type C: 19%	68° (+/-) 8°	22° (+/-) 7°	0,32 (+/-) 0,11	-T1: 17% - T2: 83%	37(+/-) 5%	-type 1: 0% -type 2: 3% -type 3: 10% -type 4: 87%
Extrêmes	13-30 mm	50°-82°	6°-36°		48°-82°	5°-38°	0,1-0,57		22- 53%	
Médiane	19 mm	70°	16°		70°	21°			39%	
Maximum (cas)		61% entre 60° et 70°	29% entre 20° et 30°		65%> 65°		83% entre 0,3 et 0,5		90% entre 25 et 50%	

Tableau III : Résultats des différents paramètres radiologiques mesurés pour évaluer le positionnement et l'orientation des tunnels osseux fémoraux

Tunnel fémoral	Face			Profil				
	a	b	c	d	e	f	g	
		Latéralisation (d1/D1)	Hauteur (h1/D1)					
moyennes	66° (+/-) 8°	0,42 (+/-) 0,04 cm	0,3 (+/-) 0,05 cm	0,57 (+/-) 0,11	-F1 : 3% -F2 : 68% -F3 : 29%	41° (+/-) 11°	65 (+/-) 7%	0.35 (+/-) 0.06
Extrêmes	38°-78°	0,34-0,48 cm	0,2-0,4cm	0,39-0,80		25°-70°	50-72%	0.20-0.58
Médiane	66°					40°	64%	0,34
Maximum (cas)	61% entre 55°-70°			68% entre 0,4-0,6		61% entre 25°-40°	87% entre 60-70%	97% entre 0,2-0,4

Tableau IV : Résultats des angles mesurés pour l'étude de la divergence entre la vis d'interférence et les baguettes osseuses au niveau du tibia et fémoral sur le plan frontal et sagittal

	Tibia			Fémur		
	Moyenne	Extrêmes	maximum	Moyenne	Extrêmes	maximum
frontal	4° (+/-) 4°	1°-15°	-	7° (+/-) 7°	1°-30°	90°< 15°
sagittal	3° (+/-) 2°	1°-10°	-	12° (+/-) 11°	1°-33°	65°<15°

Les extrêmes allaient de 40 à 58 mm. 77 % des patients avaient un tunnel tibial d'une longueur situé entre 40 et 50 mm. Au niveau du tunnel fémoral La distance entre

la corticale postérieure du fémur et la baguette osseuse fémorale est en moyenne de 7 (+/-) 3 mm avec des extrêmes allant de 2 à 13 mm. La distance entre la baguette

osseuse fémorale et la ligne de Blumensaat est moyenne était de 7 (+/-) 5 mm. Les valeurs extrêmes s'étendaient entre -4 et 15 mm. Il y avait une saillie articulaire de la baguette osseuse dans un seul cas. La distance entre l'extrémité distale de la vis d'interférence fémorale et la ligne de Blumensaat est en moyenne était de 3 (+/-) 5 mm avec des extrêmes allant de -7 à 23 mm. Dans 16 % des cas nous avons noté une saillie articulaire de la vis d'interférence dont la plus élevée était de 7 mm. La vis d'interférence était totalement enfouie dans 84 % des cas.

IV. DISCUSSION

Dans la technique unitunnel, le tunnel fémoral est foré à travers le tunnel tibial. Plusieurs études ont démontré que la zone d'insertion fémorale du greffon conditionne l'isométrie du transplant [1-5]. En effet, un manque de précision ou une orientation inadéquate aura des conséquences néfastes sur la mobilité et la stabilité du genou. L'emplacement correct du tunnel tibial est l'étape la plus cruciale de la reconstruction du LCA selon la technique unitunnel car d'elle dépend l'emplacement correct du tunnel fémoral et le respect de l'isométrie [6, 7]. L'emplacement correct des tunnels osseux permet l'absence de conflit du greffon avec le LCP et avec le toit de l'échancrure. L'angle du tunnel tibial dans le plan frontal reste sujet à controverse et aucune valeur précise n'a encore été validée. L'étude de SIMMONS et HOWELL [8] a démontré que le conflit du greffon avec le LCP est source de tension excessive du greffon en flexion. L'étude a démontré aussi que le conflit du greffon avec le LCP est une conséquence d'un tunnel fémoral trop vertical (70° à 80° dans le plan frontal). Un tunnel fémoral trop vertical est la conséquence d'un tunnel tibial trop vertical ($\geq 75^\circ$ dans le plan frontal). HOWELL et al. [9] ont démontré qu'un tunnel tibial de plus de 75° dans le plan frontal aura pour conséquence une tension importante du greffon avec diminution de la flexion du genou. Ainsi, afin de minimiser la tension du greffon en flexion lors des reconstructions du LCA selon la technique unitunnel, ils préconisent de réaliser un tunnel tibial entre 60° et 65° dans le plan frontal dont dépendra l'orientation du tunnel fémoral et donc la tension du greffon [8, 10].

L'angle formé par le tunnel tibial et l'interligne articulaire est dépendant de l'emplacement de l'orifice extra-articulaire du tunnel tibial. En effet, MUNETA et al. [11] ont individualisé un point de repère radiologique sur le cliché du genou de face appelé point M. Ce repère correspond à l'intersection de la tangente aux plateaux tibiaux avec la perpendiculaire passant par l'apex de l'épine tibiale médiale. Selon MUNETA et al [11], le centre du tunnel tibial doit passer par le point M dans le plan frontal (Type B).

En cas de mauvais positionnement dans le plan sagittal, il y a un risque d'avoir plusieurs complications, telles que la limitation de la mobilité et la laxité sagittale. Le flessum est la complication opératoire la plus fréquente, due principalement à un conflit du greffon avec le toit de l'échancrure lors de la mise en extension du genou [12, 13].

HOWELL et CLARK [14] ont conclu que le positionne-

ment antérieur du tunnel tibial était une source constante de conflit avec l'échancrure et de flessum du genou. KHALFAYAN et al. [15], rapportaient qu'un positionnement de l'orifice du tunnel tibial entre 20% et 40% de la largeur antéro-postérieure du plateau tibial améliorerait de façon significative la stabilité des genoux ainsi que la mobilité.

MUNETTA [11] a établi une classification radiologique du tunnel tibial sur l'incidence de profil lorsque le genou est en extension complète en fonction de sa projection sur la ligne de Blumensaat. Dans notre étude nous avons utilisé cette classification afin d'étudier les rapports du transplant avec le toit de l'échancrure. Dans 98% des cas, le tunnel tibial était classé type 3 et 4, c'est-à-dire était en arrière de la ligne de Blumensaat et donc indemne de tout conflit avec l'échancrure. Plusieurs repères externes ont été déterminés afin de pouvoir obtenir le meilleur positionnement du tunnel tibial [16, 17].

HOWELL [18] a mis au point un ancillaire qui prend comme repère le toit de l'échancrure lorsque le genou est en extension complète. Selon YOSHIYA et al. [19], l'angle théorique optimal du tunnel tibial dans le plan sagittal est de 20°. Cet angle correspond à l'angle entre le tunnel tibial et la perpendiculaire à la pente tibiale.

Beaucoup d'auteurs préconisent de situer l'orifice articulaire du tunnel tibial à une distance fixe du bord antérieur du LCP, et ce, indépendamment de la taille du genou du patient [13, 16, 20, 21]. Il existe des ancillaires qui permettent de situer le centre du tunnel à cette distance du bord antérieur du LCP.

La mauvaise orientation et position du tunnel fémoral est une des causes les plus fréquentes d'échec des reconstructions arthroscopiques du LCA [22-25]. HOWELL et al. [9] ont démontré que plus le tunnel tibial est vertical dans le plan frontal, plus la tension appliquée au greffon est importante lors de la mise en flexion du genou. Ils préconisent d'orienter le tunnel tibial à 65°-70° dans le plan frontal afin de diminuer la perte de flexion et la laxité sagittale. GIRON et col. [4] retrouvent un angle moyen de 68° du tunnel fémoral par rapport à la ligne bicondylienne suivant la technique unitunnel.

LEMOS [26], COURAGE et LOCKER [27] ont défini et validé une technique de mesure de la position du tunnel fémoral sur le cliché du genou de face. Selon leur technique, la zone idéale du tunnel fémoral est en position F2, ce qui est équivalent à un positionnement entre 10 h et 11 h pour un genou droit et entre 13 h et 14 h pour un genou gauche. Ainsi, ils concluent qu'une orientation plus oblique du tunnel fémoral dans le plan frontal permet de reconstruire de façon plus anatomique le LCA et d'améliorer le rôle mécanique de celui-ci.

La grande majorité des auteurs [28-33] s'accordent à écrire que le point d'ancrage fémoral détermine l'isométrie du transplant. Plusieurs études concernant la situation de l'orifice d'entrée du tunnel fémoral dans le plan sagittal le long de la ligne de Blumensaat ont été faites.

GIRON et al. [4] ont rapporté jusqu'à 62,5% d'échecs des reconstructions arthroscopiques du LCA lorsque le tunnel fémoral est situé dans la moitié antérieure de la

largeur antéro-postérieure des condyles fémoraux. KHAL-FAYAN et al. [15] lors d'une étude prospective de 128 reconstructions arthroscopiques du LCA au tendon rotulien, confirment qu'une position postérieure du tunnel fémoral, située à 35% - 40% de la largeur postero-antérieure des condyles fémoraux est associée à une meilleure stabilité sagittale.

D'ailleurs, certains auteurs [26, 27, 34] ont défini des rapports en utilisant des repères radiologiques et des constructions géométriques permettant d'évaluer la position de l'orifice articulaire fémoral. C'est le cas du rapport d'Aglietti et du rapport de Jackson.

Selon AGLIETTI [34-36], le rapport théorique doit être compris entre 60% et 70%. Selon Jackson [26], le rapport théorique doit être compris entre 0,2 et 0,4. YOSHIYA et al. [19] prennent comme repère de la bonne orientation du tunnel fémoral dans le plan sagittal, l'angle formé par le tunnel fémoral et la corticale postérieure du fémur. Selon eux, cet angle doit être de 25°.

La qualité de la résistance des vis d'interférence aux forces de traction en fonction de l'amplitude de la divergence entre la vis et la baguette osseuse, ainsi que les conséquences sur la laxité postopératoire ont été étudiées par plusieurs auteurs. FEAGIN [37] fut le premier à remarquer que la capacité de fixation des vis allait en diminuant avec l'augmentation de l'angle de divergence entre la vis et la baguette osseuse. LEMOS [38] a procédé à une étude expérimentale comparative sur la résistance aux forces de traction des vis d'interférence entre un positionnement parallèle avec la baguette osseuse et une divergence de 15° au niveau de l'insertion fémorale. Il conclut qu'à 15° de divergence la qualité de la fixation est moindre mais reste toutefois excellente.

Cependant, malgré ces données, les conséquences cliniques de la divergence vis-baguette ne sont pas encore bien connues. FANELLI et al. [39] n'ont pas rapporté de cas d'échec peropératoire de la fixation de la baguette osseuse fémorale et ce malgré un fort pourcentage et des angles élevés de divergence.

L'importance de la position de la vis d'interférence par rapport au greffon ainsi que la position du greffon dans le tunnel fémoral a été souligné par plusieurs auteurs [38, 40-42]. Une vis trop enfoncée, dépassant la baguette osseuse ne permettra pas une fixation solide par diminution de la surface de contact entre les deux. LEMOS [38] a montré que la résistance à l'arrachement était proportionnelle aux nombres de spires en contact avec la baguette osseuse. Une vis insuffisamment enfoncée sera une source de conflit avec le transplant. En effet, la vis doit être totalement enfouie faute de quoi un conflit contre la greffe va apparaître en extension vite sanctionnée par l'attrition de la greffe et sa rupture. D'après O'DONNELL [42], il faut que la vis soit enfoncée autant, voire légèrement plus que le greffon afin d'éviter le risque d'abrasion. Selon KENNA et al. [40], une baguette osseuse trop enfoncée dans le tunnel peut être responsable d'un conflit de la portion tendineuse du greffon avec le bord antérieur du tunnel fémoral. Certains auteurs proposent « d'émousser » le bord antérieur du tunnel fémoral afin d'éviter une abra-

sion du transplant lors de l'extension du genou [40, 42]. MORGAN et al. [43] ont étudié les conséquences sur l'isométrie du greffon en fonction du niveau de fixation du greffon dans le tunnel tibial. ISHIBASHI et al. [44] ont étudié le rapport entre la position de fixation de la baguette osseuse tibiale dans le tunnel tibial et la stabilité antéro-postérieure et rotatoire post-opératoire. Il s'avère que plus la fixation est distale, donc loin de l'orifice articulaire du tunnel tibial, moins bonne est la stabilité du genou, et ce quelque soit le degré de flexion du genou. Les genoux les plus stables sont ceux dont la baguette osseuse tibiale est située près de l'orifice articulaire, reproduisant au mieux l'anatomie originelle du LCA. En effet, d'après certains auteurs [45-47], la fixation proximale de la baguette tibiale dans le tunnel osseux diminue de façon significative la ballonnisation du tunnel tibial. Selon L'INSLATA [45] et WILSON [47] le débatement de la portion tendineuse du greffon dans le tunnel tibial lors d'une fixation distale de la baguette osseuse, associé à l'issue de liquide synovial chargé en cytokines dans la partie proximale du tunnel tibial favorisée par le diamètre inférieur de la portion tendineuse du greffon par rapport au diamètre du tunnel, est à l'origine de la lyse osseuse et donc de l'élargissement du tunnel tibial.

V. CONCLUSION

Les repères classiques conventionnels de visée sont fiables mais insuffisants pour un positionnement optimal, rigoureux et reproductible qui nécessite des ancillaires plus sophistiqués. Il faudra dans le futur apporter plus de rigueur dans le repérage anatomique, plus d'attention dans l'orientation dans l'espace afin d'essayer d'avoir les angles optimaux tout en tenant compte de la variabilité anatomique.

Avec les ancillaires disponibles et l'apport uniquement visuel de l'arthroscopie, le positionnement idéal des tunnels, greffons et vis est difficile. Ceci a conduit à l'utilisation de l'ordinateur pour tendre vers la précision et la reproductibilité. En effet, la chirurgie assistée par ordinateur aura une influence sur nos indications et pourra également servir d'outil d'évaluation. C'est en voie de devenir un outil incontournable dans l'arsenal diagnostique et thérapeutique de la chirurgie ligamentaire du genou.

VI. RÉFÉRENCES

- 1) Beaufile P., Frank A. Reconstruction os-tendon rotulien-os du ligament croisé antérieur sous contrôle arthroscopique. Pièges et difficultés. Dans : Frank A, Dorfmann H. Arthroscopie. Nancy : éditions scientifiques et médicales 1999: 159-62.
- 2) Daniel M.D., Penner D.A., Burks R.T. Anterior cruciate ligament graft isometry and tensioning. Dans : Friedman MJ, Ferkel RD. Prosthetic Ligament Reconstruction of the Knee. Philadelphia: WB Saunders Ed, 1988; 17-21.
- 3) Fineberg M.S., Zarins B., Sherman O.H. Practical Considerations in Anterior Cruciate Ligament Replacement Surgery. Arthroscopy 2000; 16:715-24.
- 4) Giron F., Buzzi R., Aglietti P. Femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction using three techniques. A cadaver study. Arthroscopy 1999; 15:750-56.
- 5) Graf B. Isometric placement of substitutes for the anterior cruciate ligament. Dans: Jackson DW, Drez DJr, eds. The anterior cruciate deficient knee. New concepts in ligament repair. St Louis: The CV Mosby Company, 1987: 102-13.
- 6) Berns G.S., Howell S.M. Roofplasty requirements in vitro for different



- tibial hole placements in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993; 2:292-8.
- 7) Vergis A., Gillquist J. Graft failure in intra-articular anterior cruciate ligament reconstructions: a review of the literature. *Arthroscopy* 1995; 2:312-21.
 - 8) Simmons R., Howell S.M., Hull M.L. Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament graft: an in vitro study. *J Bone Joint Surg* 2003; 85A:1018-29.
 - 9) Howell S.M., Gittins M.E., Gottlieb J.E., Traina S.M., Zoellner T.M. The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2001; 29:567-74.
 - 10) Pena E., Calvo B., Martinez M.A., Palanca D., Doblare M. Influence of the tunnel angle in ACL reconstructions on the biomechanics of the knee joint. *Clin Biomec* 2006; 21:508-16.
 - 11) Muneta T., Yamamoto H., Ishibashi T., Asahina S., Murakami S., Kohtaro F. The effects of tibial tunnel placement and roofplasty on reconstructed anterior cruciate ligament knees. *Arthroscopy* 1995; 11:57-62.
 - 12) Howell S.M., Taylor M.A. Failure of reconstruction of the anterior cruciate ligament due to impingement by the intercondylar roof. *J Bone Joint Surg* 1993; 75A:1044-55.
 - 13) McGuire D.A., Hendricks S.D., Sanders H.M. The relationship between anterior cruciate ligament reconstruction tibial tunnel location and the anterior aspect of the posterior cruciate ligament insertion. *Arthroscopy* 1997; 13:465-73.
 - 14) Howell S.M., Clark J.A. Tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstructions and graft impingement. *Clin Orthop Relat Res* 1992; 283:187-95.
 - 15) Khalfayan E.E., Sharkey P.F., Alexander A.H., et al. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1996; 24:335-41.
 - 16) Morgan C.D., Kalman V.R., Grawl D.M. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1995; 11:275-88.
 - 17) Goble E.M., Downey D.J., Wilcox T.R. Positioning of the tibial tunnel for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1995; 11:688-95.
 - 18) Howell S.M. Evaluation, classification et traitement de la lésion du ligament croisé antérieur. *Maîtrise Orthopédique* n° 109 - Décembre 2001.
 - 19) Yoshiya M., Kurosaka M., Yamada M. Optimal orientation of bone tunnels in the anterior cruciate ligament reconstruction. *Trans ORS* 1991; 16:60-2.
 - 20) Harner C., Marks P., Fu F., Irrgang J., Silby M., Mengato R. ACL reconstruction: Endoscopic versus Two-Incision technique. *Arthroscopy* 1994; 10:502-12.
 - 21) Jackson D.W., Grasser S.I. Tibial tunnel placement in ACL reconstruction. *Arthroscopy* 1994; 10:124-31.
 - 22) Getelman M.H., Friedman M.J. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Surgery* 1999; 7:189-98.
 - 23) Kassis B., Burdin P., Cohen P., Frank A., Boabighi A., Lamare J.P. Etude expérimentale de l'ancrage fémoral d'une ligamentoplastie intra-articulaire du LCA. *Ann Orthop Ouest* 1991; 23:91-3.
 - 24) Wetzler M.J., Bartolozzi A.R., Gillespie M.J., et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Op Techn Orthop* 1996; 6:181-89.
 - 25) Yu J., Garrett W.E. Femoral tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Op Techn Sports Med* 2006; 14:45-9.
 - 26) Lemos M.J., Albert J., Simon T., Jackson D.W. Radiographic analysis of femoral interference screw placement during ACL reconstruction: endoscopic versus open technique. *Arthroscopy* 1993; 9:154-8.
 - 27) Courage O., Locker B., Vielpeau C. Apport de l'arthroscopie dans la fiabilité des visées tibiales et fémorales lors des plasties du LCA. *Ann Soc Fr Arthroscopie* 1994; 4:27-32.
 - 28) Chambat P. Les relations entre l'anatomie, la biomécanique et la reconstruction chirurgicale du ligament croisé antérieur. *Ann Soc Fr Arthroscopie* 1994; 4:17-20.
 - 29) Graf B., Van derby R.Jr. Autograft reconstruction of the anterior cruciate ligament: placement, tensioning and preconditioning. Dans: Jackson DW, ed. *The anterior cruciate ligament, current and future concepts*. New York: Raven Press, 1993; 281-90.
 - 30) Hefzy M., Grood E., Noyes F. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments (ACL). *Am J Sports Med* 1989; 17:208-16.
 - 31) Lintner D.M., Dewitt S.E., Moseley J.B. Radiographic evaluation of native anterior cruciate ligament attachments and graft placement for reconstruction. *Am J Sports Med* 1996; 24:72-8.
 - 32) Romano V., Graf B., Keene J., Langer R. ACL reconstruction. The effect of tibial tunnel placement on range of motion. *Am J Sports Med* 1993; 21:415-8.
 - 33) Sapega A., Moyer R., Sneck C., Komalahiranya N. Testing for isometry during reconstruction of the ACL. *J Bone Joint Surg* 1990; 72A:259-67.
 - 34) Zaccherotti G., Aglietti P., Menchetti P. ACL reconstruction: a randomized study of tunnels position using two techniques. Berlin: E.S.S.K.A., 1994:9.
 - 35) Aglietti P., Buzzi R., D'Andria S., Zaccherotti G. Long-term study of anterior cruciate ligament reconstruction for chronic instability using the central one-third patellar tendon and a lateral extraarticular tenodesis. *Am J Sports Med* 1992; 20:38-45.
 - 36) Aglietti P., Buzzi R., Giron F., et al. Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon. A 5-8 year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997; 5:138-44.
 - 37) Feagin J.A.Jr. *The crucial ligaments*. New York: Churchill Livingstone 1988: 405-8.
 - 38) Lemos M.J., Jackson D.W., Lee T.Q., Simon T.M. Assessment of Initial Fixation of Endoscopic Interference Femoral Screws With Divergent and Parallel Placement. *Arthroscopy* 1995; 11:37-41.
 - 39) Fanelli G.C., Desai B.M., Cummings P.D., Hanks G.A., Kalenak A. Divergent alignment of the femoral interference screw in single incision endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Contemp Orthop* 1994; 28:21-5.
 - 40) Kenna B., Simon T.M., Jackson D.W., Kurzwel P.R. Endoscopic ACL reconstruction: A technical note on tunnel length for interference fixation. *Arthroscopy* 1993; 9:228-30.
 - 41) Lantermer H. Reconstruction du LCA: imperfections de tension et direction. Dans : *Perspectives en arthroscopie*, éditions Broché SFA 2004 ; 3:23-6.
 - 42) O'Donnell J.B., Scerpella T.A. Endoscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Modified Technique and Radiographic Review. *Arthroscopy* 1995; 11:577-84.
 - 43) Morgan C.D., Kalmam V.R., Grawl D.M. Isometry testing for anterior cruciate ligament reconstruction revisited. *Arthroscopy* 1995; 11:647-59.
 - 44) Ishibashi Y., Rudy T.W., Livesay G.A., Stone J.D., Fu F.H., Woo S.L.Y. 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.
 - 45) L'Insalata J.C., Klatt B., Fu F.H., Harner C.D. Tunnel expansion following anterior cruciate ligament reconstruction: A comparison of hamstring and patellar tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997; 5:234-8.
 - 46) Weiler A., Peine R., Pashmineh-Azar A. Tendon healing in a bone tunnel. Part I: Biomechanical results after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthroscopy* 2002; 18:113-23.
 - 47) Wilson C.T., Kantaras A., Atay A., Johnson D.L. Tunnel Enlargement After Anterior Cruciate Ligament Surgery. *Am J Sports Med* 2004; 32:543-9.