



Thèse

2007

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

---

Reconstruction du ligament croisé antérieur assistée par ordinateur : étude prospective non randomisée avec résultats à 12 mois des 30 premiers cas

---

Messerli, Guy

#### How to cite

MESSERLI, Guy. Reconstruction du ligament croisé antérieur assistée par ordinateur : étude prospective non randomisée avec résultats à 12 mois des 30 premiers cas. Doctoral Thesis, 2007. doi: 10.13097/archive-ouverte/unige:458

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:458>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:458](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:458)

**UNIVERSITE DE GENEVE**

**FACULTE DE MEDECINE**

**Section de médecine clinique**  
Département de Chirurgie  
Service de Chirurgie orthopédique  
et de Traumatologie de  
l'Appareil moteur

**Thèse rédigée sous la direction du Dr. Jacques Ménétreay PD**

---

**Reconstruction du ligament croisé antérieur assistée par  
ordinateur :**

*Etude prospective non randomisée avec résultats à 12 mois  
des 30 premiers cas*

**Thèse**

présentée à la Faculté de Médecine  
de l'Université de Genève  
pour obtenir le grade de Docteur en médecine

par

Guy MESSERLI

de

Seftigen / BE

Thèse n° **10503**

Genève

2007

UNIVERSITE DE GENEVE

FACULTE DE MEDECINE

Section de médecine clinique  
Département de Chirurgie  
Service de Chirurgie orthopédique  
et de Traumatologie de  
l'Appareil moteur

Thèse rédigée sous la direction du Dr. Jacques Ménétreay PD

---

**Reconstruction du ligament croisé antérieur assistée par  
ordinateur :**

*Etude prospective non randomisée avec résultats à 12 mois  
des 30 premiers cas*

**Thèse**

présentée à la Faculté de Médecine  
de l'Université de Genève  
pour obtenir le grade de Docteur en médecine

par

Guy MESSERLI

de

Seftigen / BE

Thèse n° 10503

Genève

2007



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DE MÉDECINE**

## **DOCTORAT EN MEDECINE**

Thèse de :

**Monsieur Guy MESSERLI**

originaire de Seftigen (BE)

Intitulée :

**RECONSTRUCTION DU LIGAMENT CROISE ANTERIEUR**

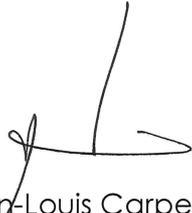
**ASSISTEE PAR ORDINATEUR :**

**ETUDE PROSPECTIVE NON RANDOMISEE AVEC RESULTATS A 12 MOIS DES 30 PREMIERS CAS**

La Faculté de médecine, sur le préavis de Monsieur Daniel FRITSCHY, professeur associé au Département de chirurgie, et de Monsieur Jacques MENETREY, privat-docent au Département de chirurgie, autorise l'impression de la présente thèse, sans prétendre par là émettre d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 22 mars 2007

Thèse n° **10503**

  
Jean-Louis Carpentier  
Doyen

N.B. - La thèse doit porter la déclaration précédente et remplir les conditions énumérées dans les "Informations relatives à la présentation des thèses de doctorat à l'Université de Genève".

## **Résumé**

Le succès d'une reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA) dépend du placement des tunnels fémoral et tibial. L'assistance par ordinateur (CAS) devrait améliorer la précision et la reproductibilité de ce placement.

Trente patients (30 genoux) ont bénéficié d'une reconstruction du LCA assistée par ordinateur. Tous les patients ont été évalués cliniquement à 6 semaines, 3, 6 et 12 mois post opératoires en utilisant : le score IKDC 2000 ; la laxité antérieure par mesure arthrométrique ; l'emplacement des tunnels par la technique d'Aglietti.

A 12 mois, 28 patients ont été classés A (score maximal) à l'IKDC 2000. Selon Aglietti, tous les tunnels tibiaux et fémoraux étaient correctement placés et la différence moyenne de laxité était de 1,3 mm.

Cette étude permet de valider l'usage d'un système de navigation informatique dans la reconstruction du LCA. Cette technique est fiable, précise, applicable en salle d'opération et assure d'excellents résultats sans complication notable.

« Labor omnia vincit improbus », Virgile.

« Rien n'est plus dur que gérer l'instant », A. Einstein.

Je remercie le Dr Jacques Ménétreay, les Professeurs Daniel Fritschy et Pierre Hoffmeyer pour m'avoir permis de mener ce travail à bien.

Un grand merci également à Mariette, pour son aide précieuse...

Merci à tous les membres de ma famille qui m'ont soutenu et supporté.

## **Table des matières**

1. Résumé
2. Introduction :
  - 2.1 Historique
  - 2.2 Anatomie et biomécanique du ligament croisé antérieur (LCA)
3. Lésion aiguë du ligament croisé antérieur :
  - 3.1 Epidémiologie
  - 3.2 Anamnèse
  - 3.3 Examen clinique
  - 3.4 Arthromètre KT-1000
  - 3.5 Imagerie
  - 3.6 Choix thérapeutique
  - 3.7 A quel moment opérer
4. Enjeux d'une reconstruction du ligament croisé antérieur
5. Reconstruction du ligament croisé antérieur assistée par ordinateur :
  - 5.1 Technique
  - 5.2 Matériel et méthode
  - 5.3 Résultats
6. Discussion
7. Conclusion
8. Bibliographie

## **1. Résumé**

### **Résultats à un an des 30 premières reconstructions du ligament croisé antérieur par le système Computer Assisted Surgery (CAS)**

#### **Introduction**

Le succès d'une reconstruction du ligament croisé antérieur dépend principalement du placement correct des tunnels fémoral et tibial. Ces tunnels sont actuellement placés à l'aide de guides, sous contrôle arthroscopique, ce qui génère une variabilité et des erreurs à l'origine des échecs de la technique. L'usage d'un système CAS devrait améliorer la précision et la reproductibilité du placement des tunnels dans la reconstruction du LCA.

#### **Objectifs**

Evaluer cliniquement et radiologiquement les premiers patients opérés avec le système CAS.

#### **Matériel et méthode**

Trente patients consécutifs (30 genoux) ont bénéficié d'une reconstruction arthroscopique du ligament croisé antérieur avec l'aide du système CAS en utilisant le tiers central du tendon rotulien autologue comme greffon. Il s'agissait de 27 hommes et 3 femmes, d'un âge moyen de 25 ans (15-42). Tous les patients ont été évalués cliniquement et radiologiquement 6 semaines après l'opération, ainsi qu'à 3, 6 et 12 mois. L'évaluation clinique a été réalisée par le score IKDC 2000, la laxité antérieure par mesure arthrométrique et le placement des tunnels par le système décrit par Aglietti et al [1].

#### **Résultats**

Vingt-huit patients ont été classés A à l'IKDC 2000 subjectif et objectif. Un patient n'a pu être classé en raison de la rupture traumatique de sa greffe avant le 12<sup>ème</sup> mois post-op. La valeur moyenne de la différence manuelle maximale au KT-1000 était de 1.3mm (0-3). Selon les critères d'Aglietti, tous les tunnels tibiaux (ratio moyen 37,2%) et fémoraux (ratio moyen 63.5%) étaient correctement placés. Aucune complication majeure n'a été rapportée.

#### **Conclusions**

Cette étude permet de valider l'usage d'un système de navigation informatique dans la reconstruction du ligament croisé antérieur. Cette technique est fiable, précise, applicable en salle d'opération; elle assure d'excellents résultats et permet le placement correct des tunnels tibial et fémoral.

## **2. Introduction**

Quand on se penche sur la chirurgie du ligament croisé antérieur (LCA), on s'aperçoit rapidement qu'il s'agit d'un sujet à l'origine de nombreuses controverses. Pour s'en convaincre, il suffit de consulter les milliers de publications parues dans ce domaine ces 20 dernières années seulement. En effet, des dizaines de techniques ont été décrites pour obtenir une reconstruction « optimale » du LCA, mais aucune n'a encore réellement emporté l'unanimité au sein des spécialistes de la plastie ligamentaire. Certains auteurs comparent même l'histoire de cette chirurgie à la quête du Graal [102], tellement elle semble semée d'embûches. Cependant, l'apport des sciences de base telles que l'anatomie, la biologie ou la biomécanique, a permis l'élaboration de nouveaux concepts [48] dans cette chirurgie. Il semble désormais acquis qu'une reconstruction adéquate du LCA augmente la stabilité et la fonction du genou chez la majorité des patients [49].

Dans notre société, un nombre croissant d'individus ont des activités de loisirs qui les exposent à un risque élevé de rupture du LCA. On pense en premier lieu aux sports avec pivot, tels que le football, le basket-ball, le snowboard ou le ski. Aux USA, l'incidence annuelle de rupture aiguë du LCA est estimée à environ 1/3000 [60]. En Suisse, les statistiques de la SUVA indiquent que plus de 3300 cas de déchirures du LCA sont déclarés chaque année. Dans notre service de chirurgie orthopédique et de traumatologie de l'appareil locomoteur, la statistique indique qu'en moyenne, 120 patients sont opérés annuellement. La procédure avant toute intervention passe systématiquement par l'obtention d'une anamnèse précise et d'un examen clinique à la recherche de signes d'instabilité propre à la lésion du LCA. En cas de doute diagnostique, le recours à l'imagerie est systématique. Outre les radiographies conventionnelles, la résonance magnétique nucléaire (IRM) est très largement utilisée.

La cicatrisation du LCA ne pouvant pas être espérée, on doit effectuer une reconstruction de ce ligament en utilisant une greffe libre. Le tendon rotulien et les ischio-jambiers sont actuellement les tissus les plus utilisés avec les allogreffes. Le choix s'effectue en fonction des activités du patient et des caractéristiques du greffon. Le but d'une reconstruction est d'obtenir une meilleure stabilité et une meilleure fonction du genou comparées à un traitement conservateur [45-48-110]. Pour atteindre ce but, il est nécessaire d'implanter les tunnels tibial et fémoral de manière précise [1-57-63-72-74-81-134-143]; la cause principale d'un échec après chirurgie des ligaments croisés étant un positionnement incorrect de ces tunnels. Actuellement, le placement des tunnels est pratiqué à l'aide de guides positionnés généralement sous contrôle arthroscopique, selon des repères anatomiques. Ce positionnement est parfois techniquement difficile et fait appel à l'habileté et à l'expérience du chirurgien. L'approche assistée par ordinateur permet de visualiser en trois dimensions l'articulation de chaque patient, de simuler en temps réel le positionnement optimal des tunnels pour éviter un conflit avec l'échancrure intercondylienne ou un allongement excessif du greffon et finalement de déterminer avec précision où forer les tunnels.

Ce travail me permet de vous présenter les résultats de la reconstruction du LCA avec le tiers moyen du tendon rotulien selon la technique du «guide main libre assisté par ordinateur». Il concerne les 30 premiers patients opérés selon cette technique entre 2000 et 2002, avec un recul minimum de 12 mois. De plus, il retrace l'histoire de cette chirurgie, l'anatomie, la biologie et la biomécanique du LCA, ainsi que la genèse de sa lésion et celle de sa reconstruction avec les résultats produits par notre technique en comparaison avec d'autres études publiées. Enfin, il met en évidence la faisabilité de l'assistance par ordinateur en salle d'opération en termes de volume et de temps.

## 2.1 Historique

C'est à Claudius Galien, né en 131 après JC à Pergame en Asie Mineure (mort à Rome vers 205), qu'on attribue le mérite d'avoir le premier décrit l'anatomie et la fonction des ligaments croisés du genou. Il les considérait comme des stabilisateurs articulaires et les nomma « genu cruciata » [53]. Avant lui, Hippocrate (460-370 av. JC) avait décrit la subluxation du genou après lésion des ligaments croisés [68], ligaments dont il serait déjà fait mention dans des papyrus de l'Égypte ancienne.

L'obscurantisme du Moyen-Âge les relégua aux oubliettes de la médecine et cette éclipse dura près de 1500 ans. Dans les années 1845, l'école lyonnaise emmenée par Amédée Bonnet publia les constatations cliniques suivantes : « Le craquement, l'hémarthrose et l'impotence fonctionnelle marquent, en dehors d'une fracture, une atteinte ligamentaire du genou ». Il décrivait ainsi les 3 signes fondamentaux de la rupture du LCA [17].

Dans la littérature anglo-saxonne, on considère que la première description de rupture du LCA revient à J. Stark, en 1850, un Écossais qui traita 2 patients par contention plâtrée avec des résultats satisfaisants malgré une légère instabilité résiduelle [135]. Il est intéressant de constater que Stark ne parlait pas de « cruciate ligament », mais de « crucial ligament », terme utilisé jusqu'à l'entre-deux guerres et soulignant bien l'importance accordée au pivot central du genou.

Georges Noulis, rédigea à l'université de Paris une thèse intitulée « Entorse du genou » [105], où il décrivait le rôle du LCA et la manière de tester la laxité antérieure du genou proche de l'extension. Nous sommes en 1875, 100 ans avant que le test de Lachman ne s'impose. Il est utile de faire une petite digression pour un test actuellement utilisé et reconnu mondialement. C'est à Jones en 1906 [78], Pringle en 1907 [119] ainsi qu'à Jones et Smith en 1913 [79] que l'on doit la constatation suivante : « proche de l'extension, le tibia ne peut être translaté vers l'avant que si le ligament croisé antérieur est déchiré ». Cette constatation fut occultée jusque dans les années 30, quand Krida [85], Milch [99] et Campbell [25], dont on reparlera, la réactualisèrent. Le Lyonnais Trillat décrivait et enseignait ce test dès 1948. Finalement, Ritchey en fit une description précise en 1960 [122] et Torg [139], disciple de John Lachman, présenta « le test de Lachman » en 1976 à La Nouvelle Orléans lors du congrès annuel de l'Académie Américaine de Chirurgie Orthopédique et imposa le terme que l'on connaît actuellement.

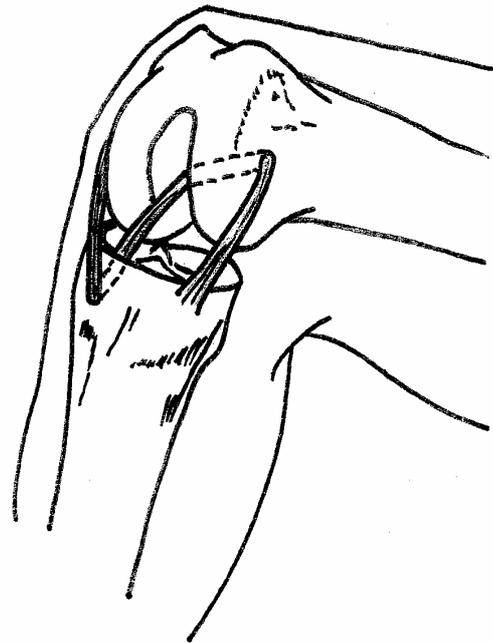
En 1879, Paul Segond présenta une étude sur les entorses de genou [127] et décrivit la fracture par arrachement du bord antéro-latéral du plateau tibial s'accompagnant généralement d'une rupture du LCA, fracture qui porte encore son nom.

W.H. Battle, publia le « premier cas » de reconstruction du LCA en 1900 [12], intervention effectuée 2 ans plus tôt. En fait c'est à Mayo Robson un autre Anglais que l'on doit cette première, réalisée en 1895 [97]. Il pratiqua une suture des croisés au

niveau fémoral à l'aide de catgut chez un mineur de 41 ans, blessé 9 mois auparavant lors d'un éboulement. Ce cas, publié 8 ans après l'opération, soit en 1903, relate que ce patient n'avait manqué aucun jour de travail depuis sa sortie d'hôpital, qu'il pouvait courir sans boiterie et travailler 8 heures par jour. L'extension était complète, la flexion légèrement diminuée et le genou stable...

F. Lange réalisa en 1903, la première reconstruction du LCA en utilisant le tendon du demi-tendineux et des fils de soie tressés comme plastie ligamentaire [89].

Grekow préconisa le fascia lata et d'autres tendons comme néoligament en 1914 déjà et l'Irlandais Hey-Grove pratiqua en 1917 la première reconstruction du LCA utilisant la bandelette de Maissiat comme transplant [67]. Une bande de 20 cm de long, 3 cm de large, laissée pédiculée sur le tibia, était passée dans un tunnel condylien externe puis dans un tunnel antérieur au massif des épines et finalement fixée à la face interne du condyle fémoral médial, formant ainsi un cadre (Fig.1). Il est encore considéré comme le promoteur de la reconstruction du LCA.



**Figure 1: Reconstruction selon Hey-Grove**

Un an plus tard, Smith, décrit une variante de la technique de Hey-Groves renforçant, avec le greffon, l'insertion sur le condyle fémoral du ligament collatéral interne [133]. Il recommandait une immobilisation des lésions aiguës et une reconstruction des lésions anciennes. Au contraire, Goetjes en 1913 [59] proposait une prise en charge chirurgicale des cas aigus et un traitement conservateur des cas négligés ou des patients âgés.

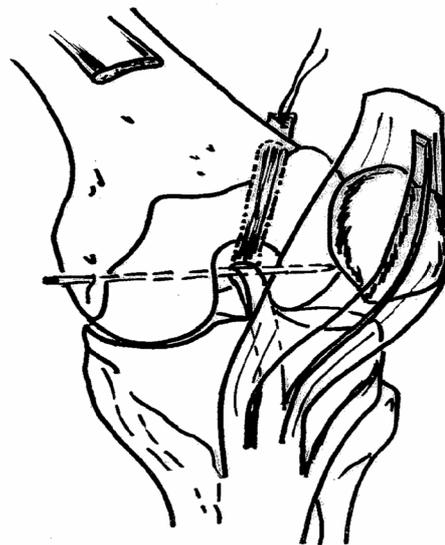
A la fin de la première guerre mondiale, on voit apparaître de nombreuses techniques et toutes sortes de greffons sont proposés. Ainsi, Holzel propose la partie libre d'un ménisque rompu en anse de seau [71] et l'Italien Zanolli, une bandelette de peau autologue conservée un mois dans le sous-cutané et réimplantée à la place du LCA [147]. Perthes utilise des fils en acier [116] qui ne possèdent pas l'élasticité du tendon de kangourou proposé par Uffreduzzi [141] ou de la soie par Ludloff [93].

Mille neuf cent trente-six marque l'arrivée du tendon rotulien comme autogreffe pour la reconstruction du LCA. En effet, Campbell utilise pour la première fois un greffon pédiculé au tibia, composé du tiers interne du tendon rotulien, du surtout

fibreux pré-rotulien et se terminant par une partie du tendon quadricipital [24]. L'ancrage au niveau proximal se faisait par suture au périoste et au fascia lata, après le passage dans un tunnel tibial et fémoral. La même année, Bosworth et Bosworth décrivent la première stabilisation extra-articulaire réalisée grâce à un greffon libre de fascia lata [20]. En 1939, Macey [94] décrit la première technique de reconstruction utilisant le demi-tendineux bien que l'idée ne fût pas nouvelle [89-120-138].

Pour cette période, il convient encore de citer 2 travaux remarquables, s'attachant davantage à la biomécanique ligamentaire et méniscale, qui vont apporter une nouvelle approche dans la thérapeutique des lésions ligamentaires. Il s'agit de la thèse publiée par Palmer en 1938 [113] ainsi que du papier de Brantigan et Voshell publié en 1941 [18] dans lesquelles les principes très actuels, d'implantation « anatomique » des greffons pour éviter leur allongement, sont déjà exposés.

Dans les années quarante O'Donoghue, décrit la triade malheureuse : lésion du ménisque interne, des ligaments latéral interne et croisé antérieur [109]. Il présente une série de résultats sur la réparation des lésions aiguës du croisé antérieur chez de jeunes athlètes. Bien que les idées qu'il présente ne soient pas nouvelles, les concepts développés dans cette étude seront largement repris par la suite.



**Figure 2: Reconstruction selon Kenneth Jones**

A la même époque Lindemann [91] utilise le demi-tendineux, détaché au niveau tibial, dérouté vers le creux poplité où le tendon est passé dans l'échancrure et se termine dans un tunnel tibial, fixé par un fil métallique à une vis corticale. Cette technique sera reprise et améliorée par Augustine [7] en 1956, qui introduit la notion de stabilisation dynamique.

Les années soixante marquent un tournant dans l'histoire de la reconstruction du LCA et sont considérées comme le début de l'ère moderne avec la première utilisation du tiers moyen du tendon rotulien comme transplant par Kenneth Jones [77]. Le greffon reste pédiculé au tibia avec une pastille osseuse rotulienne fixée dans un tunnel fémoral. Cette technique avait comme principal défaut un placement très antérieur du tunnel à cause de la brièveté du transplant (Fig.2). Mais deux Allemands vont permettre à cette technique de s'imposer. Bruckner [19], tout d'abord, qui reprenant l'idée de Jones, fore un tunnel tibial. Franke [46] ensuite, qui le premier, en 1969, utilise un transplant libre du tiers moyen du tendon rotulien avec 2 pastilles osseuses, tibiale et rotulienne; ce greffon libre étant ensuite enchâssé au niveau tibial et fémoral.

Les années septante sont marquées par le retour des stabilisations extra-articulaires qui n'entrent pas dans le cadre des reconstructions du LCA. Il convient de citer néanmoins les principaux adeptes de ces techniques diverses et souvent complexes utilisant la patte d'oie, le tractus ilio-tibialis, ou le tendon du biceps avec ostéotomie et transposition de la tête du péroné. Slocum et Larson [132], Nicholas [103], Elison [39], Torg et al [140], Lemaire [90] figurent parmi les plus connus avec Mac Intosh et Galway, pères du « pivot shift », qu'ils décrivent en 1972 sur une idée originale de Hey-Groves datant de 1920 [55-67].

Dans les années quatre-vingts, on assiste à la réactualisation des reconstructions type Kenneth Jones modifiées selon Franke, avec un greffon libre, et généralement associées à une plastie externe, comme proposé par Clancy et al [26]. Mais la véritable innovation est l'avènement de la chirurgie arthroscopique. Septante-trois ans après que le Japonais Takagi eût introduit un cystoscope dans un genou, Dandy [28] réalise en 1981, la première reconstruction de LCA sous arthroscopie, avec une prothèse en carbone. Barlett [11] publie en 1983 une étude sur les reconstructions « arthroscopiques » avec greffons autologues sur genoux cadavériques et donne l'impulsion nécessaire à l'essor de cette technique. La même année, Lambert [88] introduit le concept de vis d'interférence pour la fixation des pastilles osseuses dans les tunnels, concept dont l'importance pour la survie du greffon dans la phase de cicatrisation sera démontrée par Kurosaka [87] quelques années plus tard.

Pendant cette période, des prothèses en carbone, polyéthylène, dacron, goretex ou téflon vont être expérimentées avec pour la plupart des résultats décevants pour ne pas dire catastrophiques en raison souvent d'une usure rapide des implants avec émission de particules à l'origine de synovite réactionnelle.

L'utilisation du tiers moyen du tendon rotulien n'étant pas sans conséquence sur l'appareil extenseur, plusieurs auteurs ont remis au goût du jour l'utilisation des ischio-jambiers. En 1974, McMaster [98] propose comme implant le droit interne et un an plus tard, Cho [27] décrit l'utilisation du semi-tendineux. Lipscomb [92] va associer ces 2 tendons en un seul transplant, tous deux restant pédiculés au tibia. Finalement, c'est en 1988 que Friedman [47] forme, toujours avec ces 2 tendons, un greffon à 4 faisceaux, implanté par méthode arthroscopique. De nombreux auteurs ont repris cette technique et l'ont modifiée par la suite mais le principe est resté le même.

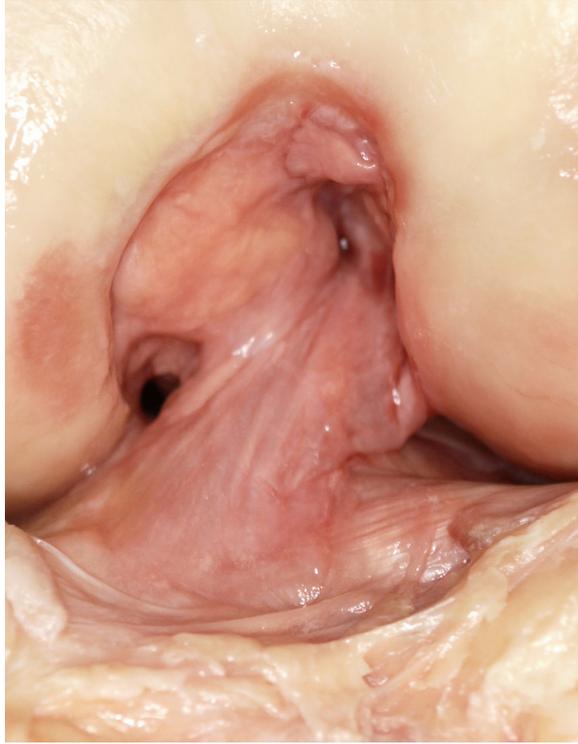
Actuellement les controverses existent toujours autour de la reconstruction du LCA, même si les techniques dérivées de Kenneth Jones ont fait leurs preuves. Il semble néanmoins acquis que ce ligament joue un rôle crucial dans la biomécanique du genou et que la restitution de sa fonction reste le but ultime vers lequel on doit tendre.

## 2.2 Anatomie et biomécanique du ligament croisé antérieur (Fig.3)

### Anatomie [50-73-126-143] :

Du point de vue embryologique, la formation du genou débute lors de la quatrième semaine de gestation et des fibres de LCA distinctes sont présentes dès la huitième semaine [114]. A cette période, on constate en effet la présence de fibroblastes immatures alignés selon le futur axe de résistance du LCA. Ils sont déjà recouverts d'un feuillet synovial originaire de l'appareil capsulaire postérieur, ce qui en fait une structure intra-articulaire extra-synoviale [34]. Dans les semaines qui suivent, l'accroissement de cette population de fibroblastes va s'accompagner d'un important développement de la vascularisation sous l'effet de facteurs de croissance angiogéniques exprimés par ces fibroblastes [115]. A partir de la vingtième semaine, seule la taille du ligament s'accroît sans modification notable de la forme. De plus, après la naissance, l'expression des facteurs de croissance diminue fortement. En fait, le LCA prend son apparence adulte dès la vingt-quatrième semaine de gestation avec déjà deux faisceaux principaux détectables [137], bien que leurs orientations diffèrent légèrement de celles de l'adulte. Le développement précoce du LCA dans l'articulation du genou suggère même un rôle primaire dans la stabilisation et l'orientation de cette articulation.

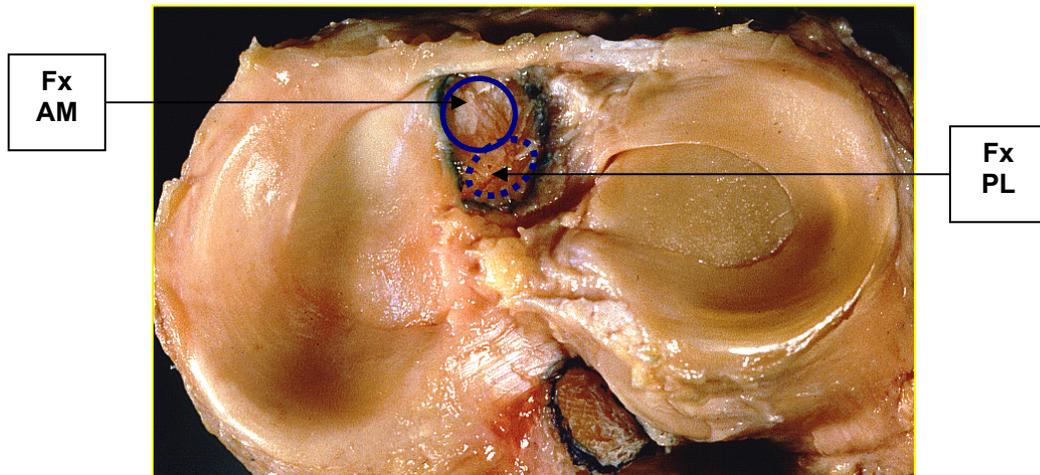
Macroscopiquement, le ligament croisé antérieur s'inscrit entre la face axiale du condyle fémoral latéral dans sa partie postérieure et l'épine tibiale interne. Selon les études, son attache fémorale est de forme semi-circulaire [56], ovoïde [108] ou circulaire [61] (Fig.4). Son empreinte fémorale couvre une surface comprise entre 110 et 170 mm<sup>2</sup> [61] d'où se détachent deux faisceaux de fibres principaux. Bien que d'un point de vue histologique, il n'y ait pas de preuve de division en 2 faisceaux distincts mais en plusieurs unités fonctionnelles [108], on utilisera cette description pour permettre une meilleure compréhension du fonctionnement du LCA dont il est question dans les chapitres suivants. Ainsi, au niveau fémoral, les fibres antéro-médiales sont issues de la partie la plus antérieure et proximale de l'insertion, alors que les fibres postéro-latérales se détachent en postéro-distale [3]. On distingue donc le **faisceau antéro-médial** (AM), du **faisceau postéro-latéral** (PL), ainsi nommés en raison de leur position au niveau de leur insertion tibiale (Fig.5). Cette insertion forme une fossette ovale [56] entre l'épine tibiale médiale et la corne antérieure du ménisque interne, couvrant une surface d'environ 135 à 150 mm<sup>2</sup> [61]. Proche de son insertion tibiale, se détachent du LCA, des fibres qui rejoignent antérieurement le ligament transverse, ainsi que des expansions aux cornes antérieure et postérieure du ménisque externe. L'insertion tibiale est généralement considérée comme la plus forte [31-56].



**Figure 3 : Ligament croisé antérieur**  
(Tirée de Duthon VB, ESSKA 2000, [34])



**Figure 4 : Insertion fémorale du LCA**



**Figure 5 : Insertion tibiale du LCA**

Selon Amis [3], la longueur du LCA varie entre 22 et 41 mm, avec une moyenne de 32 mm. La longueur du faisceau postéro-médial étant proche de 18 mm selon une étude sur cadavre [86], ces 32 mm correspondraient davantage à la longueur du faisceau antéro-médial. De même, le diamètre du LCA varie de 7 à 12 mm [32] et sa section croît du fémur au tibia avec un tiers proximal d'environ 34 mm<sup>2</sup>, un tiers central de 35 mm<sup>2</sup> et un tiers distal de 42 mm<sup>2</sup> [61]. Contrairement à sa longueur [70], le diamètre moyen du LCA ne varie pas lors de la flexion du genou [62], bien que sa forme ne soit pas circulaire.

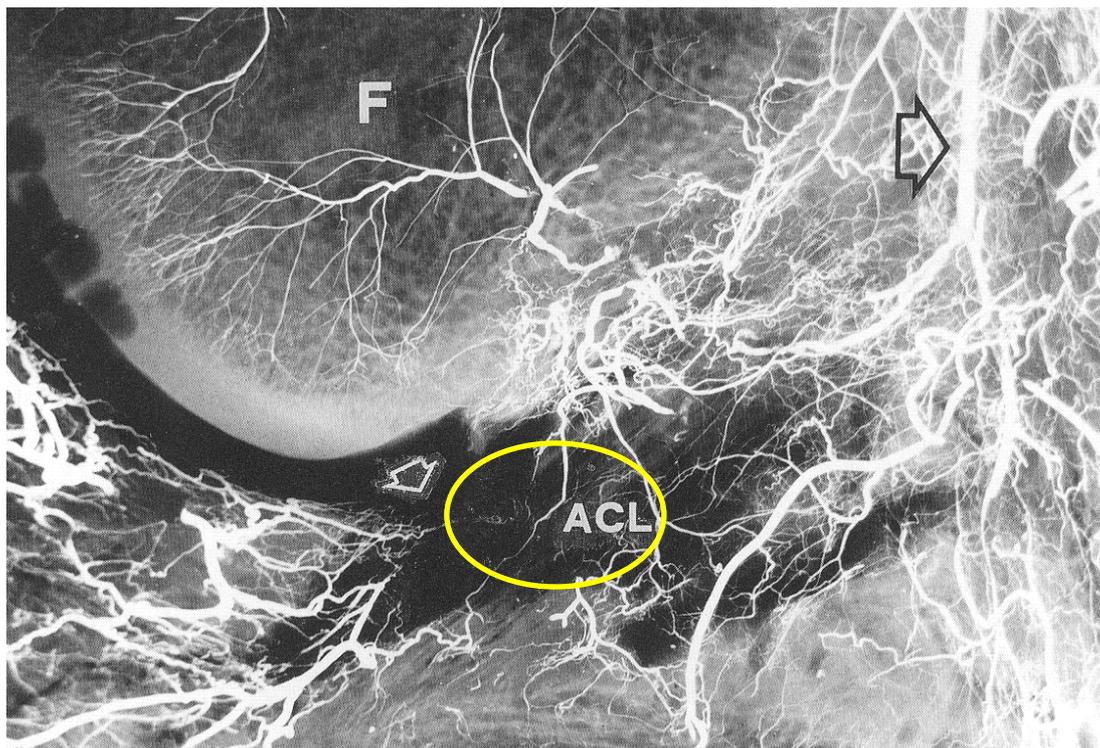
A l'extension, les fibres du LCA s'orientent, dans le plan sagittal, de manière parallèle, alors qu'en flexion, le LCA décrit une légère rotation externe entraînant un enroulement du faisceau AM autour du faisceau PL (Fig.7). Cette différence relative de comportement de chacun des faisceaux est due à leurs insertions osseuses distinctes [56]. L'allongement des faisceaux selon la flexion du genou est traité au chapitre suivant, biomécanique.

A l'échelle microscopique, le LCA est composé de molécules de pro-collagène qui forment des micro-fibrilles, elles-mêmes arrangées en fibrilles, puis en fibres et finalement en faisceaux plus ou moins parallèles. Les fibres sont séparées par une couche de tissu conjonctif nommé endoténon, alors que les faisceaux sont entourés par l'épiténon. En dernier lieu, le ligament est recouvert d'une troisième couche de tissu conjonctif appelé paraténon [56]. Selon Duthon et al [34], on peut distinguer 3 régions dans le LCA. Une zone proximale, moins solide, très cellulaire, qui contient quelques fibroblastes, du collagène type II et des glycoprotéines. La zone intermédiaire est riche en fibres collagènes et en élastine, et est faiblement cellulaire avec des fibroblastes fusiformes allongés. La zone distale, la plus résistante, abonde en chondroblastes, en fibroblastes ovoïdes avec une faible densité de fibres collagènes. Au niveau de ses insertions tibiales et fémorales, il existe une zone de transition, entre le ligament d'où proviennent des faisceaux de collagène, et l'os d'où proviennent des cellules de

fibrocartilage. Cette zone de fibrocartilage se minéralise progressivement en direction de l'os [48]. Cette séquence architecturale particulière, fibres - fibrocartilage - fibrocartilage calcifié - os, doit permettre d'éviter une concentration des forces aux sites d'insertion en cas d'étirement.

L'organisation complexe de son ultra-structure, sa richesse en élastine et l'orientation particulièrement variée de ses faisceaux font du LCA une entité ligamentaire unique.

La vascularisation du LCA est assurée proximale par des branches de l'artère géniculée moyenne, alors que les géniculées inférieures irriguent sa portion distale. En effet, ces branches forment un riche plexus dans le feuillet synovial qui recouvre le LCA et donnent de petits vaisseaux qui longent ses faisceaux. La distribution de l'irrigation est inhomogène et les zones de fibrocartilage où s'insèrent le ligament étant avasculaires, ses insertions ne sont que très faiblement vascularisées par l'os adjacent. Ainsi, l'hypothèse que ces régions pauvres en apport sanguin, présentent une faible capacité de cicatrisation, a été émise [114] (Fig.6).



**Figure 6 : Faible vascularisation des zones de transition**  
(Tiré de Scapinelli, ESSKA 2000 [124])

Son innervation provient des branches articulaires postérieures du nerf tibial. Ces fibres pénètrent la capsule postérieure, forment un plexus dans le feuillet synovial et accompagnent le plexus vasculaire qui entoure le ligament [80]. La majorité des récepteurs se situent près des insertions du LCA. Les récepteurs à la tension de type Golgi, sont les plus présents aux insertions, sous le feuillet synovial [69-125]. Les mécanorécepteurs de type Ruffini sensibles à l'étirement se trouvent à la surface du ligament et prédominent au niveau fémoral, alors que les corpuscules de Vater-Pacini, sensibles aux changements rapides de direction, sont à l'origine d'afférences proprioceptives et se situent essentiellement aux pôles d'insertions. Il existe encore quelques terminaisons libres nociceptives au pôle fémoral principalement qui peuvent également avoir un effet vasoactif et moduler ainsi l'homéostasie du LCA [69]. La fonction proprioceptive des mécanorécepteurs est à l'origine d'afférences qui vont influencer l'activité motrice des muscles qui entourent le genou. Ce phénomène est appelé « réflexe du LCA ». Il ne permet pas de protéger automatiquement le LCA, par activation de la musculature, en raison d'une latence trop grande de la contraction musculaire, mais il joue un rôle déterminant dans le maintien de la trophicité musculaire [84]. Il convient donc de préserver les restes d'insertions du LCA lors de sa reconstruction afin de conserver ce rôle proprioceptif.

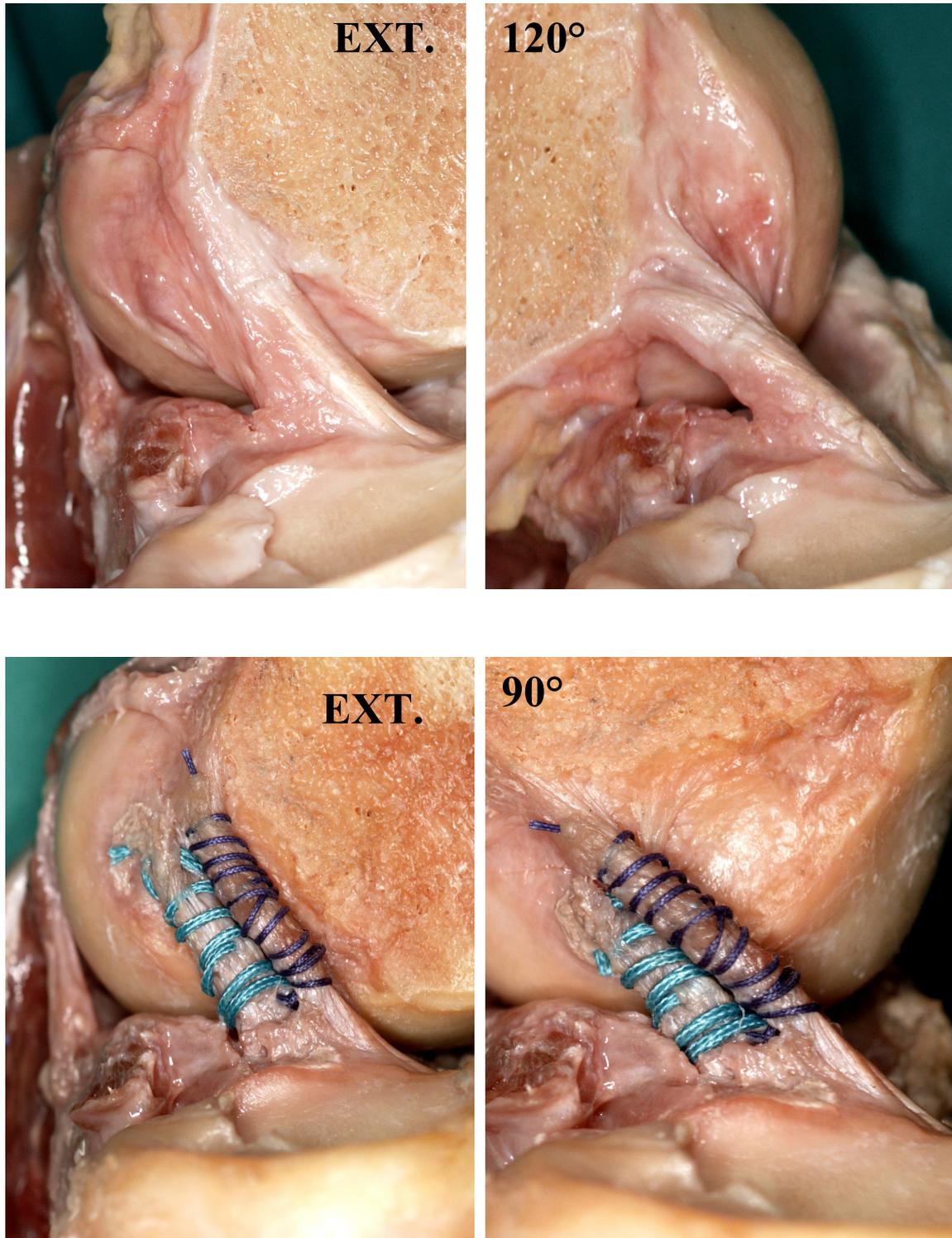
### **Biomécanique :**

Le genou possédant six degrés de liberté, une fonction normale n'est possible que si fémur, tibia, rotule, structures ligamentaires et ménisques interagissent étroitement. Si un seul de ces intervenants est lésé, les contraintes générées par tout mouvement ou charge seront reportées sur les structures restées intactes.

Le LCA est le principal stabilisateur des mouvements de translation antérieure du tibia lors de la flexion du genou, fournissant le 85% de la résistance totale avec un effet maximum à 30° [21-96-118-136]. Il génère également une résistance majeure aux déplacements médians de l'articulation, notamment à l'extension complète [118]. Un second rôle important du LCA est de limiter la rotation du tibia lors du mouvement de verrouillage du genou à l'extension, ainsi que de freiner les mouvements de rotation interne puis externe lors du passage en flexion [96-111-131].

La microstructure du ligament croisé antérieur détermine les propriétés qui caractérisent sa fonction physiologique. Histologiquement, les fibrilles ont un aspect de lignes en zigzag ou de vagues qui leur confèrent des propriétés biomécaniques propres. Les fibroblastes sont fusiformes, orientés longitudinalement et fortement imbriqués les uns aux autres. Le collagène extracellulaire est intimement lié au cytoplasme et suit l'aspect en vague des fibres. Cet arrangement sinusoïdal, nommé « crimp » en anglais, donne au LCA une capacité d'élongation minimale sans risque de dommage lorsque soumis à de faibles contraintes. De plus, la charge appliquée va déterminer le nombre de fibres nécessaires pour assurer une résistance adéquate. Ainsi, soumises à une faible charge, les fibres commencent par s'allonger avant d'augmenter

leur résistance proportionnellement à l'augmentation de la charge, par un recrutement croissant du nombre de fibrilles. La relation charge-élongation devient alors progressivement linéaire jusqu'à la charge ultime entraînant la rupture.



**Figure 7 : LCA comportement du LCA en flexion et en extension**  
(Tirée de Duthon VB, ESSKA 2000, [34])

Il faut souligner que les fibres du ligament croisé ne sont pas élastiques. Soumises à une charge constante elles vont s'allonger de manière proportionnelle à la charge, puis si celle-ci est maintenue en place, l'élongation va se poursuivre. En d'autres termes, la charge supportée au cours du temps pour un allongement donné va diminuer. De même, soumise à une déformation donnée, la tension intrinsèque va peu à peu diminuer. C'est l'effet relaxation du ligament. En outre, si on contraint le ligament à des élongations cycliques, comme lors de la marche, la charge supportée va diminuer avec le nombre de cycles. Cette visco-élasticité du ligament croisé lui permet donc de mieux résister aux activités répétitives responsables des ruptures par fatigue, en diminuant continuellement la tension dans le ligament, après chaque cycle.

Plusieurs facteurs sont à même de modifier ces propriétés structurelles et biomécaniques. L'immobilisation prolongée et l'âge sont à l'origine d'une diminution de la charge maximale tolérée avant rupture et d'une diminution de la résistance ligamentaire. Un entraînement régulier bien mené peut très légèrement augmenter ces valeurs de charge et de résistance. Selon Woo [145], la charge ultime avant rupture du complexe fémur-LCA-tibia sur des jeunes spécimens de genoux cadavériques (22-35 ans) est de 2160 ( $\pm$  157) N, avec une rigidité de 242 ( $\pm$  28) N/mm. La même étude considérant des genoux de spécimens âgés (60-97 ans) montre une diminution significative de ces 2 valeurs à 658 ( $\pm$  129) N pour la charge ultime et 180 ( $\pm$  25) N/mm pour la rigidité.

Les sollicitations mécaniques du LCA sont variables selon l'activité. La fonction journalière habituelle produit ainsi des charges estimées à 20% de la charge nécessaire pour entraîner la rupture [45]. D'autre part, on estime que les forces qui s'appliquent sur le LCA à la marche sont de l'ordre de 400 à 500 newton (N). Ces forces peuvent atteindre 1700 à 1800 N lors d'accélération ou de décélération rapides [22].

Du point de vue dynamique, il convient d'étudier le LCA en distinguant le faisceau antéro-médial (FAM) et le faisceau postéro-latéral (FPL) (Fig.7). Une telle distinction est certes simpliste, car il n'y a pas d'entité propre, mais plutôt un ensemble de faisceaux fonctionnels qui subissent des forces variables en fonction de l'amplitude articulaire du genou. Néanmoins, ce modèle à deux faisceaux permet une meilleure compréhension du fonctionnement du LCA et est accepté par la majorité des auteurs. Ainsi, genou fléchi, les fibres du FAM se tendent alors que les fibres du FPL se relâchent. De même, en extension, les fibres AM se relâchent partiellement et c'est au tour des fibres PL de se tendre (Fig.7). Ce modèle a notamment été confirmé par Amis [3] dont l'étude a également démontré qu'aucune fibre du LCA ne reste isométrique en cas de flexion ou d'extension du genou, notion reprise par d'autres études plus récentes [45-51]. Pour Hollis et al [70], le FAM s'accroît de 1,9 mm (5%) avec une flexion de 30° et de 4 mm (12%) à 90°. Inversement, le FPL décroît de 3,2 mm (14%) lorsque le genou est fléchi passivement à 30° et de 7,1 mm (32%) jusqu'à 90°. Au-delà de 90°, Amis et al [3] ont montré que le FAM continue de s'allonger alors que le FPL se retend lorsqu'on approche la flexion complète. Selon cette même étude,

contrairement à Hollis, le FAM subirait d'abord un léger raccourcissement jusqu'à 30° de flexion avant de s'allonger graduellement jusqu'à son maximum à 120° de flexion. Cette notion revêt une certaine importance lors de la rééducation après plastie du LCA, car elle permet des exercices de type bicyclette stationnaire, rapidement après l'intervention. Par contre, lorsque le genou est mis en charge par des forces de compression axiale, le LCA doit faire face à une translation antérieure et une rotation interne du tibia, provoquant sa déformation. Ainsi, une rotation interne du tibia entraîne une élongation du LCA. Cet allongement est plus marqué à 30° de flexion et est moindre en rotation externe. En réalité, la contraction musculaire, associée à l'action des ligaments latéraux, à la géométrie articulaire et méniscale, conduit à une stabilisation dynamique qui restreint fortement le rôle du LCA en rotation [4]. A noter que la pente tibiale pourrait également jouer un rôle significatif dans la translation antérieure du tibia lors de compression axiale [43].

Par ailleurs, Frank et Jackson [45] démontrent que le recrutement des fibres du LCA va se modifier en fonction des évolutions tridimensionnelles de l'articulation fémoro-tibiale. Cette conception permet ainsi de comprendre les différents types de rupture du LCA qui varient selon l'orientation du genou dans l'espace et la direction de la charge appliquée sur celui-ci.

Si l'on considère le plan sagittal, les ligaments croisés antérieur et postérieur forment un pivot à géométrie variable, avec un déplacement du centre de rotation de ce pivot en fonction de la position du genou [36]. Dans ce genre de modèle, les 2 ligaments croisés sont interdépendants et leur positionnement géométrique conditionne les contraintes qu'ils vont subir au moment de la flexion ou de l'extension du genou [23].

Finalement, la musculature joue un rôle déterminant sur les forces que subit le LCA lors du mouvement. Le quadriceps induit une translation antérieure du tibia entre 5 et 60° de flexion, alors que les ischio-jambiers ont l'effet inverse. L'activation de ces derniers permet donc de soulager le LCA en début de flexion, en s'opposant au quadriceps [101]. Ce phénomène revêt toute son importance lors de la rééducation après plastie du croisé. En effet, ce travail doit privilégier les exercices en chaîne fermée pour agir sur ces groupes musculaires agoniste et antagoniste, afin de réduire l'effort sur le greffon.

### 3. La lésion aiguë du ligament croisé antérieur

#### 3.1 Epidémiologie :

Les Américains estiment que l'incidence annuelle de rupture aiguë du LCA est d'environ 1 personne sur 3000 [60]. Selon Zarins [148], pour les gens s'adonnant à la pratique du ski cette incidence s'élèverait à 1‰ par journée de ski. En Suisse, les statistiques 2001 de la SUVA révèlent, pour ses assurés uniquement, 3320 cas de déchirure du LCA dues exclusivement à des activités sportives ; 50 % des cas sont imputables au ski et au snowboard, 40% au football et le reste aux sports de pivot en général, tels que basketball, volleyball et handball (Tab.1).

Si les lésions du LCA touchent généralement, comme on l'a vu ci-dessus, une population sportive, les accidents domestiques, de travail ou de circulation sont également en cause.

<b>Tableau 1 : Epidémiologie</b>	<b>Nombre de cas (SUVA)</b>		
	<b>Années</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Ski alpin	1542	1861	1660
Football	1221	1240	1340
Snowboard	200	120	40
Handball	180	100	100
Volleyball	160	120	120
Basketball		40	60
<b>Total</b>	<b>3303</b>	<b>3481</b>	<b>3320</b>

#### 3.2 Anamnèse habituelle du traumatisme :

Elle concerne un patient sportif qui se blesse lors d'une décélération rapide accompagnée d'un mouvement de rotation, d'une hyperextension ou d'un choc direct provoquant un valgus de la jambe [106]. Les mécanismes lésionnels en varus sont possibles mais rares et s'accompagnent le plus souvent de lésions du compartiment postéro-latéral.

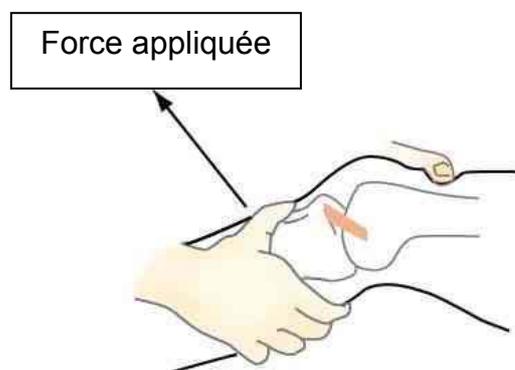
La plupart des patients décrivent un mécanisme en valgus avec composante rotatoire, sans notion de contact avec un adversaire et relèvent l'incapacité de poursuivre leur activité après l'événement. Un claquement peut encore être entendu lors du traumatisme [106]. Généralement le genou enfle de manière significative en

quelques heures, signe d'un épanchement intra-articulaire. Selon Noyes [106], 85% des patients avec une lésion aiguë du LCA présenteraient ainsi une hémarthrose.

### 3.3 Examen clinique :

Comme tout examen clinique, celui-ci doit débiter par une inspection soignée du genou lésé et du genou controlatéral. On notera en particulier les signes de contusions, ecchymoses ou dermabrasions, ainsi que l'effacement des contours de la rotule qui peut signer un épanchement.

La palpation est effectuée préférentiellement sur le genou controlatéral d'abord, afin d'avoir une référence pour évaluer le genou atteint. On recherche ensuite un épanchement avant de palper la rotule et les ailerons à la recherche d'une instabilité rotulienne. La mobilité de la rotule et un test d'appréhension sont effectués. Les insertions des ligaments collatéraux et l'interligne articulaire seront soigneusement palpées et l'on testera les ménisques à la recherche de lésions associées. Si les ligaments croisés ne peuvent pas être palpés directement, on provoque souvent une douleur dans la région postéro-externe de l'articulation, lors des lésions aiguës du LCA. L'amplitude articulaire active et passive ainsi que l'intégrité de l'appareil extenseur sont évaluées. A noter qu'un blocage articulaire mécanique lors de l'extension est souvent lié à une lésion méniscale. Il n'est cependant pas rare qu'un volumineux épanchement, un corps étranger ou qu'un spasme des ischio-jambiers miment un tel blocage.

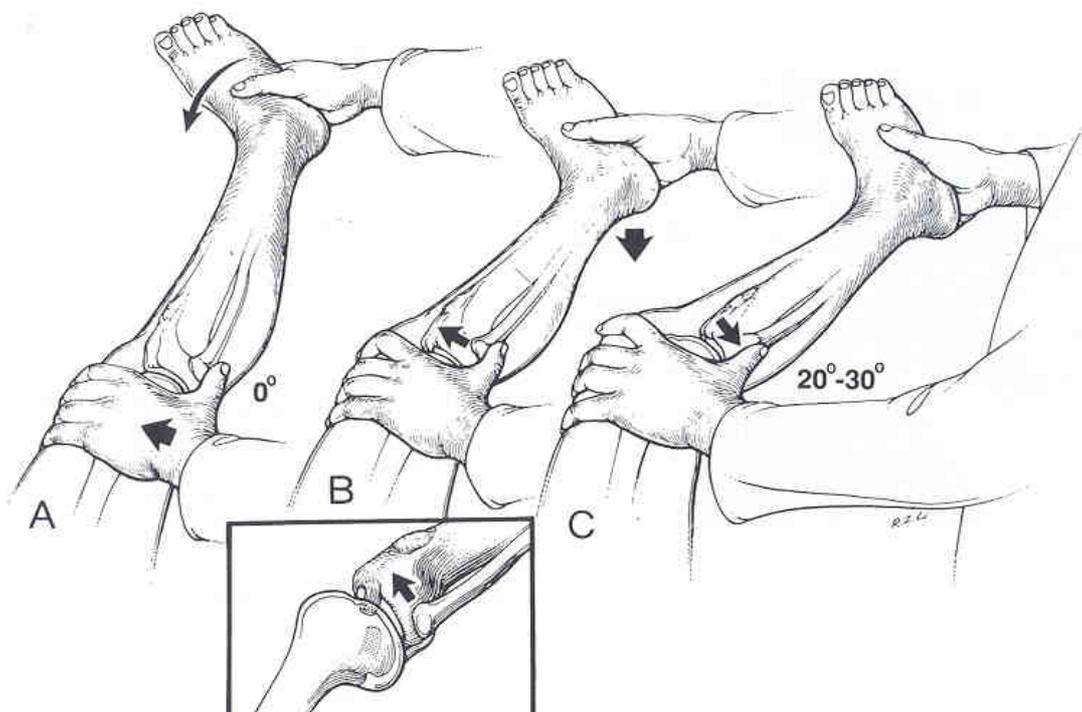


**Figure 8 : Test de Lachman**

Deux tests sont incontournables lors de cet examen. Tout d'abord, le test de Lachman [139], qui consiste à effectuer une translation antérieure du tibia, genou fléchi à 20-30° (Fig.8). On recherche une translation antérieure plus importante et la présence d'un point d'arrêt mou, du côté lésé. Il faut noter que le test peut être faussement négatif en cas de lésion méniscale bloquant cette translation antérieure [139]. On détermine 4 grades, mesurés en millimètres, en fonction de la différence de

translation entre les 2 genoux. Le grade I représente une différence de 1 à 5 mm, alors que le grade IV définit une différence supérieure à 15 mm.

La seconde manœuvre d'importance est le « pivot shift » (Fig.9) [54-107-148]. Il s'agit d'une subluxation-réduction du tibia, pathognomonique en cas de LCA insuffisant. A noter que le terme de test d'instabilité rotatoire antéro-latérale, est parfois utilisé. Le patient est allongé en décubitus dorsal, la jambe tendue en abduction de 20 à 30°, légère rotation interne de 15-20°, l'examineur appliquant un stress en valgus de la jambe. A l'extension, le fémur est sub-luxé postérieurement. Au moment où l'on fléchit le genou lésé, le tibia se réduit entre 20 et 40° de flexion et inversement se sub-luxe antérieurement lors du passage à l'extension. On distingue trois stades, d'une à trois croix, pour caractériser l'observation, allant du glissement (+), à la sensation de décrochement (++) et finalement au blocage empêchant transitoirement la flexion (+++). Ce test est basé sur l'observation du tractus ilio-tibialis qui se trouve en avant du centre de rotation sagittal du genou à l'extension et en arrière de celui-ci en flexion [75]. Il convient donc que ce tractus soit parfaitement relâché pour permettre une bonne évaluation de ce phénomène. En effet, Bach a démontré que l'adduction en rotation interne est à l'origine de tests faussement négatifs et propose de maintenir la jambe en abduction, rotation externe [8]. De plus, les lésions méniscales et les lésions du LLI peuvent engendrer des faux négatifs. En raison de l'appréhension du patient lors de ce test, qui reproduit l'impression d'instabilité articulaire qu'il ressent, une contraction musculaire peut également être à l'origine de tests faussement négatifs.



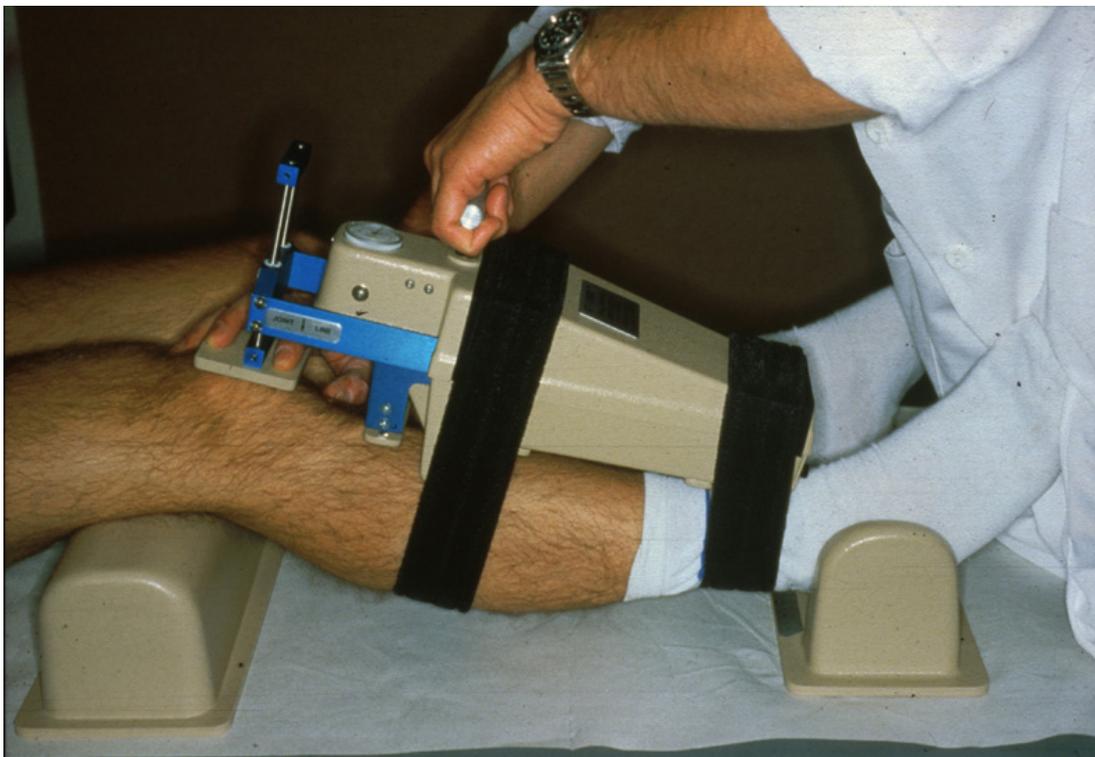
**Figure 9 : Pivot shift**

Lorsque l'on est témoin d'une entorse du genou, le fait d'effectuer immédiatement ces 2 tests avant l'apparition de la tuméfaction et des douleurs permet souvent d'obtenir un diagnostic précoce. D'autres manœuvres, dont le test du tiroir antérieur, sont proposées avec des sensibilités souvent moindres, raison pour laquelle nous ne les évoquons pas ici.

Par ailleurs, devant toute entorse du genou il convient d'exclure une vraie luxation que le patient aurait réduite lui-même. Un patient qui présente une importante laxité en varus ou en valgus, associée à une lésion du pivot central doit bénéficier d'un examen neurologique et vasculaire soigneux et d'une artériographie, si la luxation est avérée.

### **3.4 L'arthromètre KT-1000 :**

Le KT-1000 (Fig.10) est un instrument qui permet de mesurer la laxité du LCA. Il se place sur la face antérieure du tibia, genoux fléchis à environ 25° et mesure, de manière fiable, la translation antérieure du tibia, généralement sans provoquer de douleur, même dans les lésions récentes. Obtenues manuellement, une translation supérieure à 10 mm ou une différence de translation entre les 2 genoux plus grande que 3 mm, doivent faire suspecter une lésion du LCA [29]. Dans des mains expérimentées, l'emploi de l'arthromètre est très fiable. Il convient néanmoins de respecter un protocole d'utilisation pour obtenir une concordance inter-observateur suffisante [6].



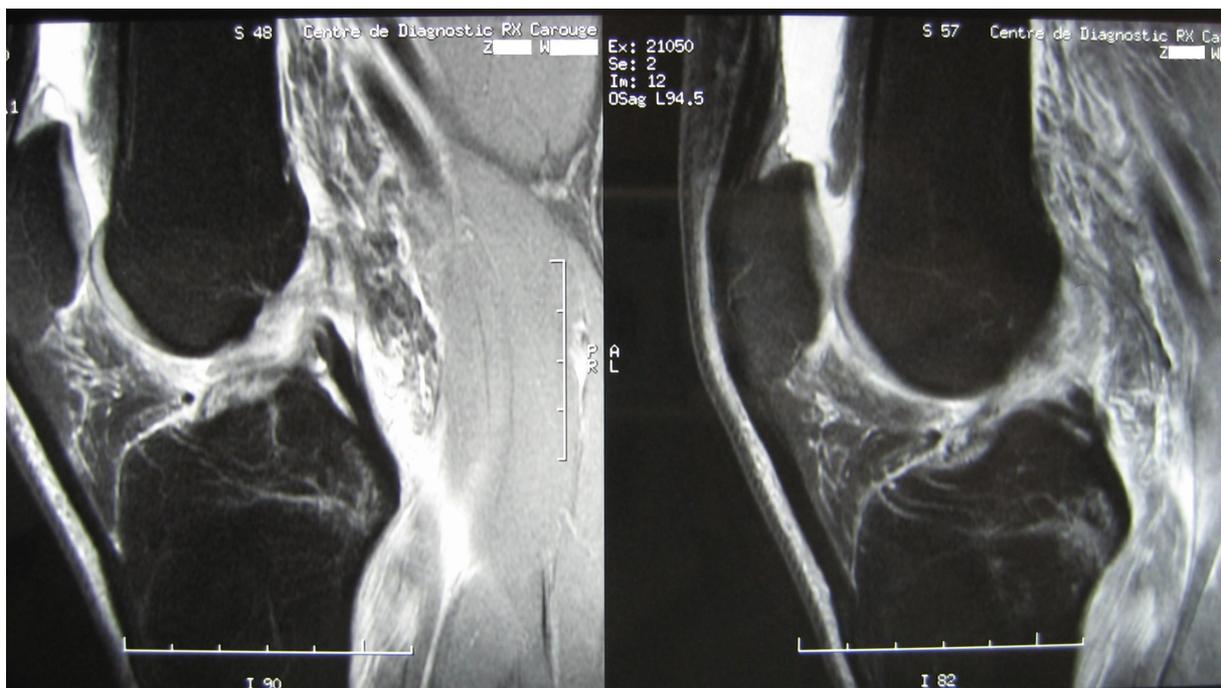
**Figure 10: KT-1000**

### 3.5 Imagerie :

Les radiographies standards de face, de profil et rotule axiale à 30° doivent être demandées de routine. On recherchera particulièrement les fractures ou les avulsions au niveau des insertions osseuses. En règle générale, ces clichés sont normaux et le recours à l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM) est de plus en plus fréquent en cas de doute diagnostique ou pour obtenir un bilan lésionnel complet (Fig.11).



**Figure 11 : LCA intact**



**Figure 12 : LCA rompu**

L'IRM présente une excellente sensibilité et une bonne spécificité lors des lésions des ligaments croisés, des lésions méniscales ou en cas de fractures sous-chondrales (Fig.12). Néanmoins, son interprétation n'est pas toujours aisée et dépend de l'expérience de l'observateur. En aucun cas elle ne remplacera un bon examen clinique.

### **3.6 Choix thérapeutiques :**

Les indications absolues au traitement des lésions du LCA ne sont pas encore clairement définies dans la littérature. On admet généralement que les LCA insuffisants sont à l'origine d'une altération marquée des capacités biomécaniques et dynamiques des genoux lésés. L'abstention chirurgicale est probablement le meilleur traitement chez les patients âgés, pas motivés et n'ayant peu ou pas d'activité sportive. Un traitement chirurgical est considéré comme préférable chez les jeunes adultes demandeurs, ayant un haut degré d'activité ou pratiquant un sport de compétition. En cas de lésions associées d'un ménisque, la reconstruction du LCA est également favorable à une meilleure évolution et à un ralentissement du processus arthrogène.

Dans tous les cas une rééducation doit être prescrite afin de renforcer le soutien des muscles quadriceps et ischio-jambiers et d'améliorer la proprioception.

### **3.7 A quel moment opérer :**

Après une lésion aiguë, en l'absence de lésions méniscales, on s'accorde à dire que l'intervention peut être repoussée de quelques semaines, en raison d'un risque plus élevé de fibrose articulaire après une intervention immédiate [100]. Cependant, une rééducation rapide et intensive pourrait diminuer ce risque et permettre une chirurgie précoce [129].

Une lésion méniscale concomitante est plus problématique car si une suture méniscale est envisageable, celle-ci doit être réalisée au plus tôt pour espérer une cicatrisation optimale [65]. Une chirurgie en deux temps peut alors exceptionnellement être envisagée. Dans notre clinique, nous pratiquons généralement une seule intervention à 2 semaines du traumatisme pour coupler les 2 gestes chirurgicaux.

#### 4. Enjeux d'une reconstruction du ligament croisé antérieur

Le potentiel de cicatrisation d'un ligament dépend de sa vascularisation et de sa capacité à créer, à partir d'un hématome localisé, une réaction inflammatoire puis un tissu de granulation et finalement un tissu fibreux cicatriciel.

Dans le cas du LCA, les régions d'insertion du ligament dans l'os, ainsi que les zones de transition où l'on trouve des cellules de type chondrocytes, sont très faiblement vascularisées. Sachant que l'apport sanguin détermine le potentiel de cicatrisation, l'hypothèse que ces régions du LCA ne peuvent pas cicatriser en cas de lésion, a été proposée [114].

En raison de cette faible capacité de réparation du LCA, confirmée expérimentalement et cliniquement, une suture primaire n'amène pas d'amélioration comparée à un traitement conservateur bien conduit. La déchirure ou la rupture du LCA qui entraîne une instabilité du genou risque de provoquer une dégénérescence progressive de cette articulation. Seule une reconstruction de ce ligament est alors à même de redonner une stabilité satisfaisante à l'articulation du genou [35].

Beasley, reprenant les résultats parus dans la littérature de ces 10 dernières années, met en évidence qu'en moyenne 85% des patients retrouvent une fonction normale ou presque normale de leur genou, quelle que soit la technique utilisée [14].

Le but d'une nouvelle technique, telle que l'assistance par ordinateur, doit donc tendre vers l'amélioration des 15% de patients dont les résultats ne sont pas satisfaisants. Or, les concepts récents démontrent que les choix les plus importants pour obtenir la meilleure reconstruction et delà les meilleurs résultats fonctionnels, concernent : 1) le type de greffon et 2) le placement des tunnels [45].

1) Le greffon idéal devrait reproduire l'anatomie complexe du LCA, fournir des propriétés biomécaniques comparables, s'intégrer rapidement du point de vue biologique avec une excellente insertion permettant une rééducation rapide. Malgré plus de 80% de bons résultats, aucun des greffons à disposition ne répond à tous ces critères. Actuellement, le choix du greffon varie souvent en fonction de l'indication à la reconstruction.

L'implant le plus populaire est sans conteste le **tiers central du tendon rotulien** avec ses 2 pastilles osseuses, rotulienne et tibiale. Il possède une excellente résistance à la charge, une grande rigidité et permet une implantation solide os dans os. Son principal désavantage concerne les possibles douleurs au site de prélèvement et une dysfonction de l'articulation fémoro-patellaire [1-16].

L'utilisation des **tendons du demi-tendineux et du droit interne**, combinés de manière à former un greffon à 2 ou 4 faisceaux, est également très courante. Cet implant est très rigide avec une résistance à la charge 2 fois supérieure au LCA natif, mais sa fixation et son intégration aux sites d'insertions sont plus difficiles [144].

Le **tendon quadricipital** et les **allogreffes** ne sont généralement pas utilisés comme premier choix mais en cas de rupture d'une plastie ou de lésions ligamentaires multiples.

2) L'emplacement des tunnels fémoral et tibial est également crucial dans les reconstructions du LCA. En effet, plusieurs études radiologiques [63-81-130-] ont montré qu'un placement incorrect des tunnels est généralement source d'échecs après reconstruction. Selon une analyse des erreurs ayant entraîné un échec de la reconstruction du LCA, un placement incorrect des tunnels est à l'origine de ceux-ci dans près de 3 cas sur 4 [112].

Bien que l'emplacement anatomique du ligament croisé antérieur ait été bien documenté [32-56-61-108], l'identification sous arthroscopie des sites d'insertion du greffon peut être difficile, même pour un chirurgien confirmé. L'utilisation d'un système d'assistance par ordinateur prend donc toute son importance dans cette indication.

La notion d'emplacement isométrique [63-64], position dans laquelle le greffon ne subit qu'un allongement minimum et une charge quasi constante lors des mouvements de flexion-extension, a été abandonnée.

Il convient de rajouter que la tension appliquée dans le greffon joue également un rôle important dans la cinématique du genou. Une tension trop faible ne permet pas de stabiliser l'articulation, alors qu'une tension trop grande compromet la survie du greffon et diminue l'amplitude articulaire. Une étude récente sur cadavre, tendrait également à prouver qu'un greffon implanté à 30° de flexion, tendu manuellement selon la clinique lors de sa fixation, diminuerait de manière significative la translation antérieure du tibia, comparée à un greffon implanté à l'extension [146].

En résumé, le ligament croisé antérieur joue un rôle majeur dans la cinématique du genou en stabilisant ce dernier dans une vaste gamme de mouvements. La lésion du LCA génère en général une instabilité du genou qui va empêcher un retour à l'activité antérieure et modifier cette cinématique en raison de l'adaptation des autres structures pour compenser l'absence du LCA, comme l'ont montré Berchuck et Andriacchi [15]. Malgré cette adaptation, principalement due à la musculature, cette modification du mouvement peut, avec le temps, entraîner des lésions méniscales et cartilagineuses dégénératives comme tendrait à le prouver l'étude de Dunn et al [35], motivant une reconstruction chirurgicale. Le choix du greffon et la précision de son implantation déterminent les qualités biomécaniques et la stabilité du genou reconstruit, ainsi que l'évolution et le retour à l'activité antérieure du patient.

## **5. Reconstruction du ligament croisé antérieur par le système « Computer Assisted Surgery » (CAS)**

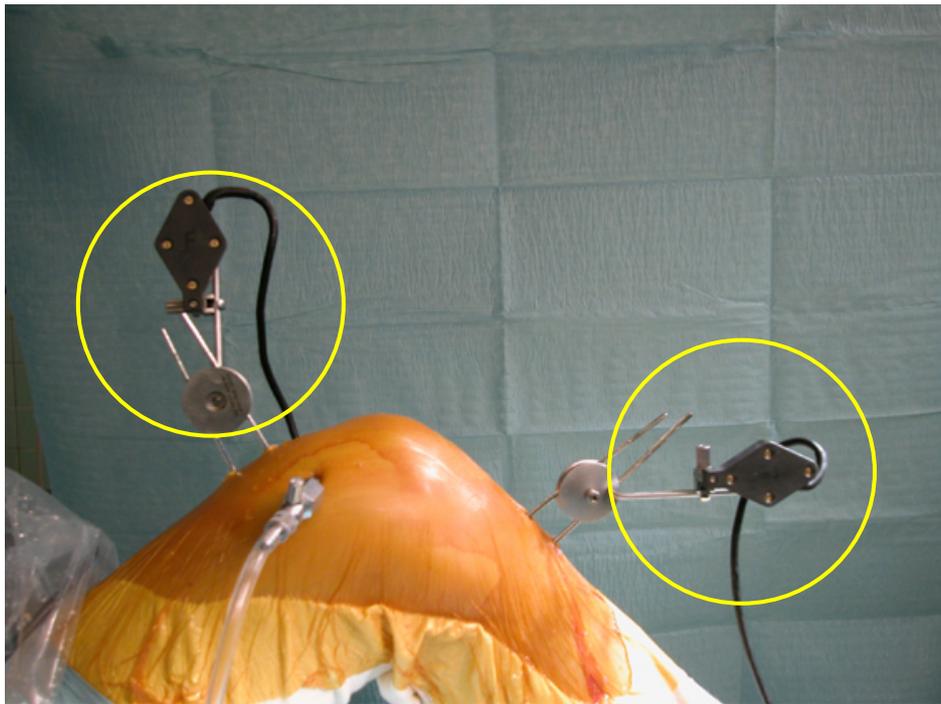
### **5.1 Technique :**

Le système CAS comprend une station informatique (Unix Workstation) (Fig.13) connectée à des caméras (Optotrak, Medivision, Switzerland) (Fig.13) ainsi que plusieurs balises dynamiques à émission infrarouge appelées DRB (Dynamic Reference Bases) (Fig.14) servant de points de référence.

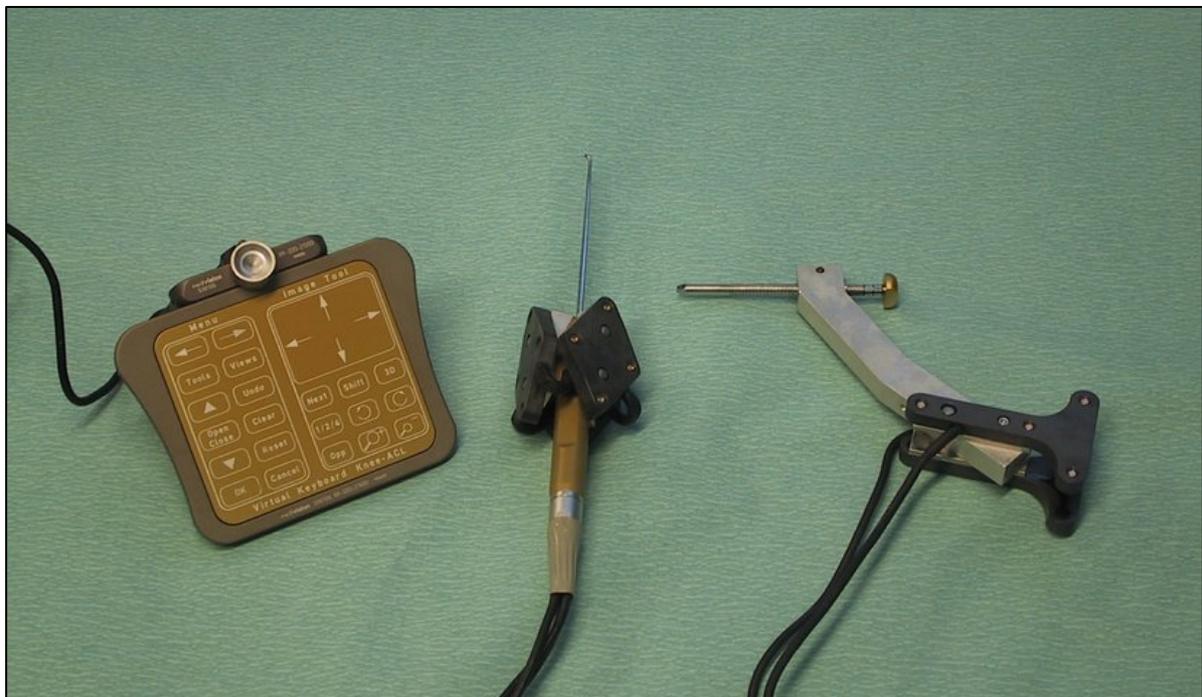


**Figure 13 : Station informatique et caméras**

Le programme informatique a été développé par l'institut Maurice Edmond Müller (MEM Institute of Biomechanics, University of Bern, Bern Switzerland), en collaboration avec Medvision (Medvision, CITY Switzerland). Un stylet rigide et un guide « main libre » (développés par le Service de Chirurgie Orthopédique de l'Hôpital Universitaire de Genève en collaboration avec Medvision), tous deux à émission infrarouge, ainsi qu'un tableau de contrôle complet cet équipement (Fig.15).



**Figure 14 : balises dynamiques à émission infrarouge (DRB)**



**Figure 15 : Tableau de contrôle, styilet rigide et guide « main libre »**

Les patients sont installés comme pour une reconstruction arthroscopique standard du LCA à l'aide du tiers central du tendon rotulien autologue. L'ordinateur et

les caméras sont placés de côté afin d'obtenir la meilleure vision possible. Après prélèvement du greffon, les DRB sont installées sur des broches de Kirschner, elles-mêmes implantées au niveau du fémur et du tibia. Le stylet rigide permet alors d'enregistrer les points de référence, tout d'abord en déterminant les axes anatomiques du fémur et du tibia, puis les surfaces des condyles fémoraux et des plateaux tibiaux interne et externe. Finalement, on enregistre encore les contours de l'échancrure intercondylienne, ainsi que sa surface, le massif des épines tibiales et la ligne de Blumensaat (Fig.16).



**Figure 16 : Installation et enregistrement des données**

A partir des points de référence et des points enregistrés, le logiciel construit un genou virtuel permettant une navigation en temps réel (Fig17). Le chirurgien repère ensuite les points où il veut placer le greffon et ce dernier est reconstruit dans le genou virtuel sur lequel on peut s'assurer, qu'il n'existe pas de conflit avec l'échancrure, ni d'élongation supérieure à 5 mm, lors de la mobilisation du genou en flexion-extension (Fig.18 et 19)

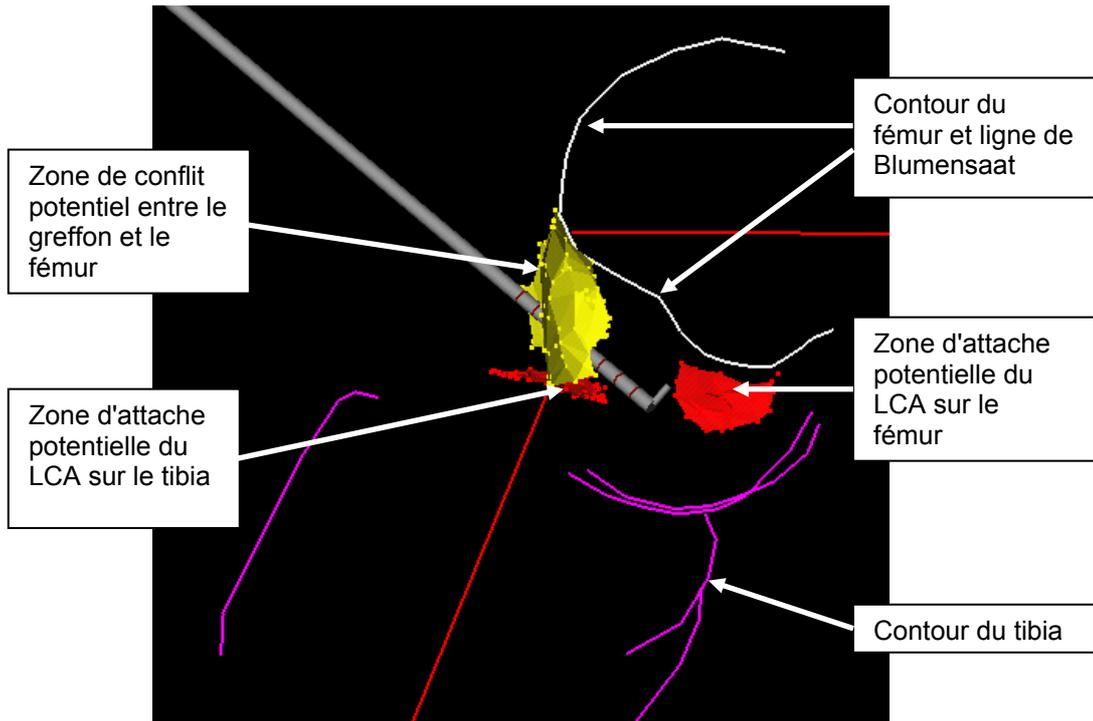


Figure 17 : Modélisation du genou

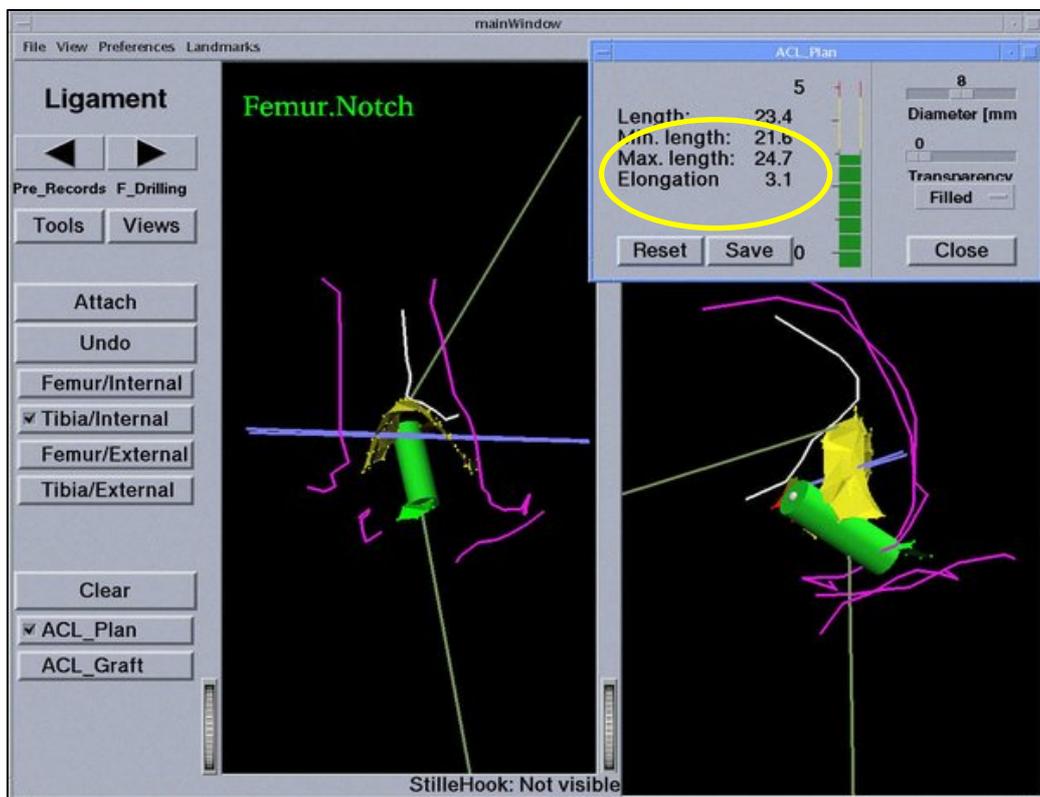
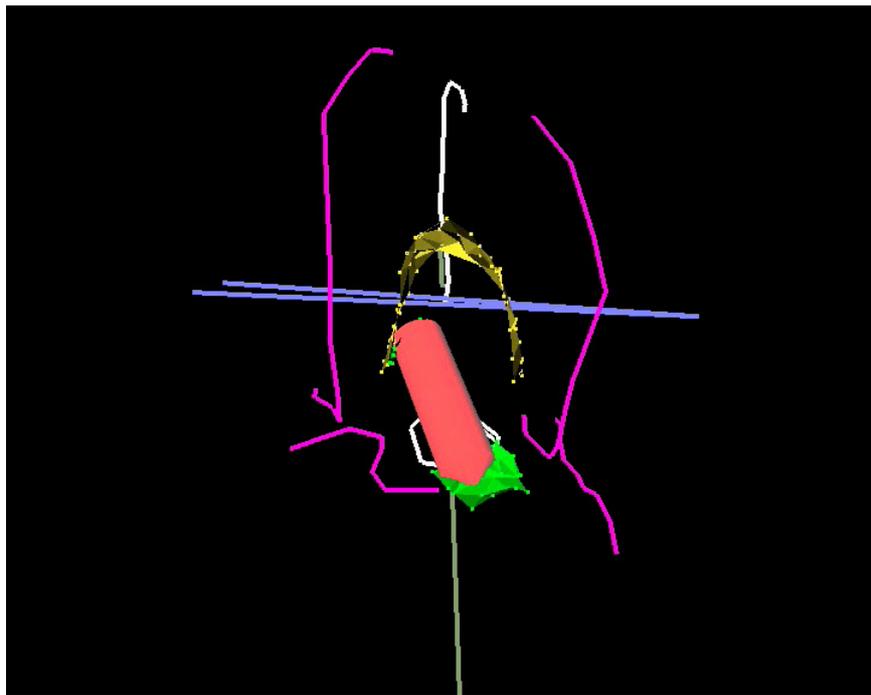
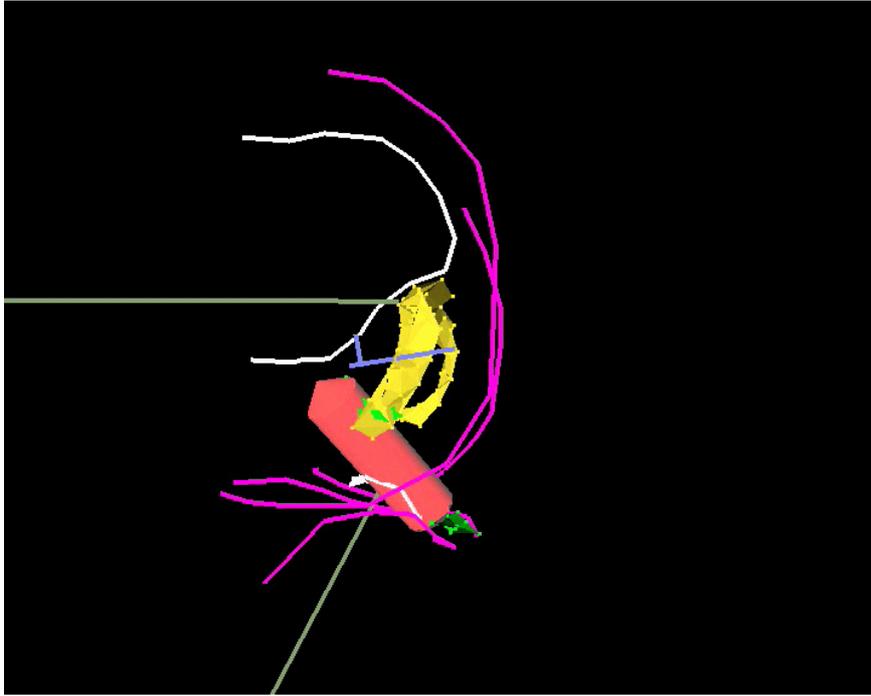


Figure 18 : Test d'élongation

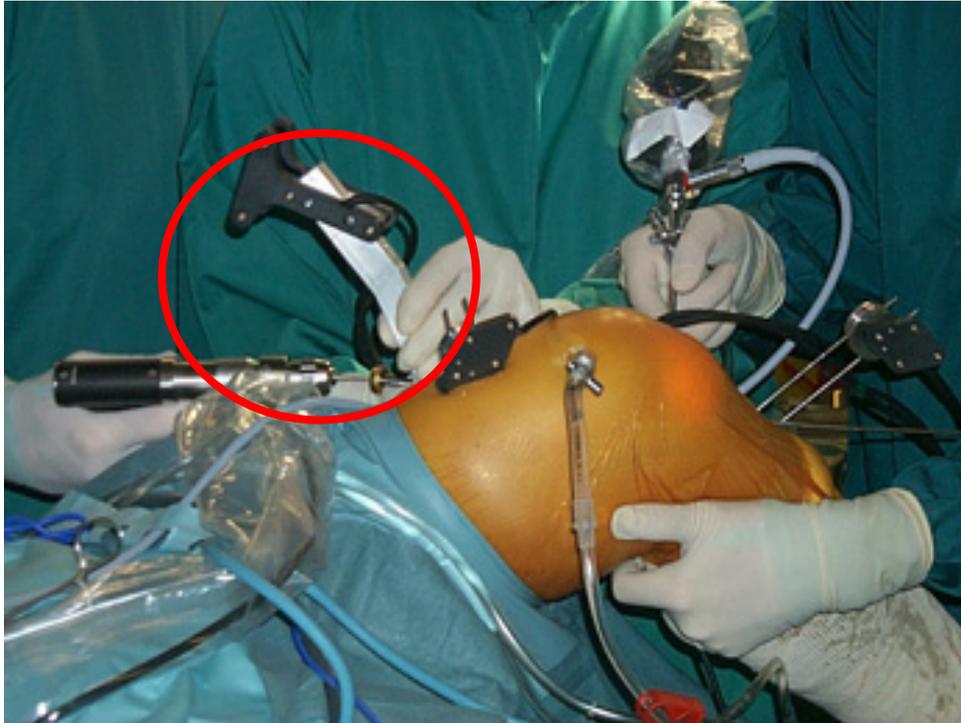


**Figure 19 : Recherche de conflit**

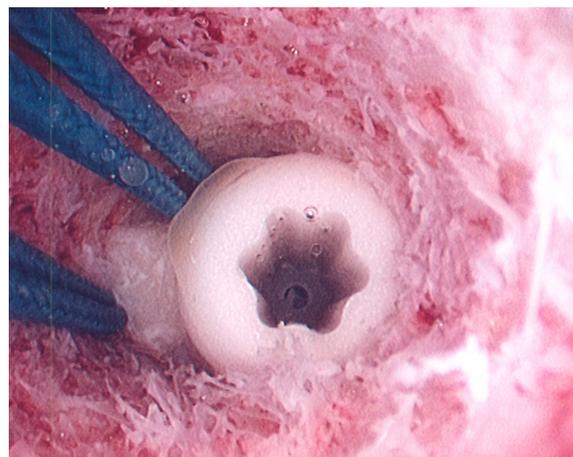
La modification des points d'entrée se fait en tout temps et les tests fonctionnels de positionnement du greffon peuvent être effectués directement en temps réel.

Quand les conditions requises sont remplies, on considère que les points d'insertion du greffon sont optimaux et le guide mains libres est introduit et positionné

selon ces points. Les 2 Kirchners-guides sont alors placés exactement sur les points d'insertion définis et les tunnels sont forés « outside-inside » par une technique à 2 incisions (Fig.20). Le greffon est introduit de haut en bas et fixé dans le tunnel fémoral par une première vis d'interférence puis, genou fléchi à 10°, il est mis en tension en appliquant un tiroir postérieur et fixé dans le tunnel tibial par une deuxième vis d'interférence (Fig.21). On teste encore cliniquement le genou avant fermeture.



**Figure 20 : Forage des tunnels à l'aide du guide « main libre »**



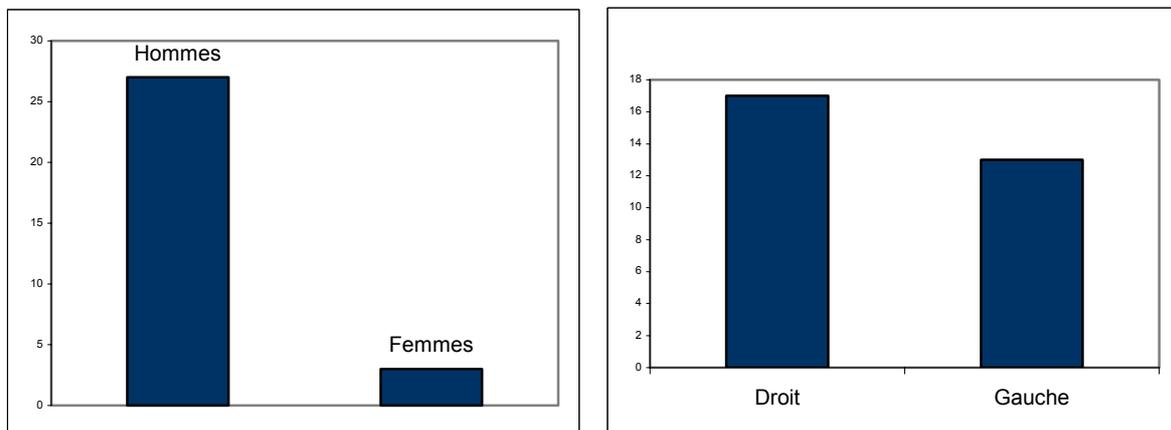
**Figure 21: greffon et vis d'interférence**

## 5.2 Matériel et méthode

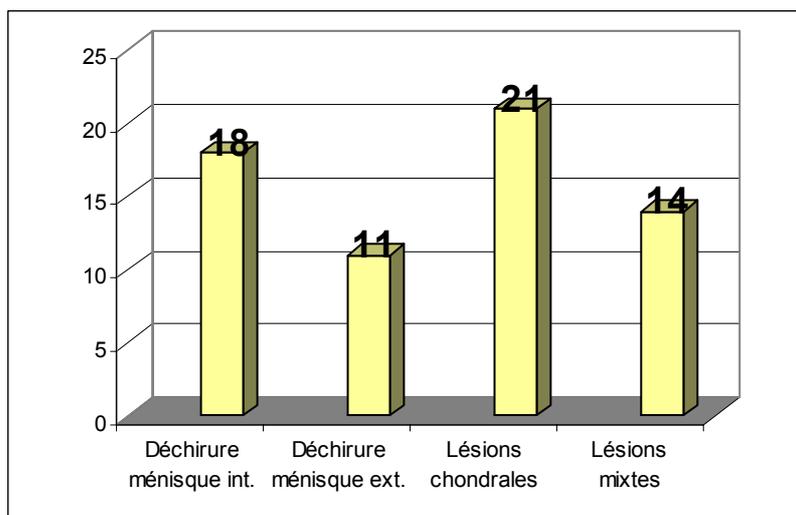
De juin 2000 à décembre 2002, 30 patients (30 genoux) ont bénéficié d'une reconstruction arthroscopique du ligament croisé antérieur à l'aide du tiers central du tendon rotulien autologue assisté par le système CAS. La même technique opératoire, décrite ci-dessus, a été appliquée à tous les patients, par le même opérateur.

L'indication a été posée par l'opérateur, pour des patients jeunes, présentant une instabilité marquée, pratiquant régulièrement une activité sportive ou un sport d'élite, généralement dit « sport de pivot », et désirant rapidement retrouver le niveau d'activité d'avant l'accident. Dans tous les cas un examen arthrométrique au KT-1000 et une IRM ont été pratiqués pour confirmer le diagnostic et connaître l'étendue des lésions.

Il s'agissait de 27 hommes et 3 femmes, d'un âge moyen de 25 (15-42) ans. Le genou droit était impliqué dans 17 cas contre 13 pour le genou gauche (Tab.2).



**Tableau 2: Répartitions selon le sexe et le côté**



**Tableau 3 : Répartition des lésions**

Dix-huit patients (60%) présentaient des lésions méniscales internes, onze (36.6%) des lésions méniscales externes et six des lésions internes et externes. En outre, vingt-et-un patients (70%) montraient des lésions chondrales patellaires, condyliennes ou tibiales, de grade I à IV selon Outerbridge. Quatorze patients (47%) avaient des lésions méniscales et chondrales (Tab.3). Un patient avait déjà été opéré de manière conventionnelle du genou controlatéral pour une déchirure du LCA.

Vingt-trois patients (76.6%) ont subi leur traumatisme lors d'une activité sportive, dont dix (33.3%) en jouant au football (Tab.4).

<b>Tableau 4 : Nature du traumatisme</b>	
<b>Activités</b>	<b>Nombre de cas</b>
Football	10
Chutes domestiques	4
Accidents de travail	4
Snowboard	2
Basketball	2
Volleyball	1
Ski	1
Tennis	1
Unihockey	1
Hockey	1
Judo	1
Equitation	1
Accident de circulation	1

Tous les patients ont été évalués cliniquement et radiologiquement à 6 semaines, puis à 3, 6 et 12 mois postopératoires par l'auteur de ce travail, indépendamment de l'opérateur ou d'un de ses assistants. L'évaluation clinique a été réalisée selon le score IKDC 2000 (Annexe), la laxité antérieure par mesure arthrométrique au KT-1000 et le placement des tunnels, selon la méthode d'Aglietti et al [1] (Fig.22).

Le protocole IKDC (International Knee Documentation Committee) permet d'évaluer de manière séparée les critères tels que l'appréciation subjective du patient, l'épanchement, la douleur ou la sensation de lâchage, l'amplitude articulaire et la stabilité objective. Chaque paramètre est classé comme normal, presque normal, anormal et sévèrement anormal, selon les lettres A à D. Le score final est défini par la moins bonne évaluation des différentes catégories examinées. Le crépitement fémoro-patellaire, les douleurs au site de prélèvement du greffon et le test du saut à cloche-pied sont inclus dans le protocole mais n'entrent pas dans le score final tout comme les constatations radiologiques.

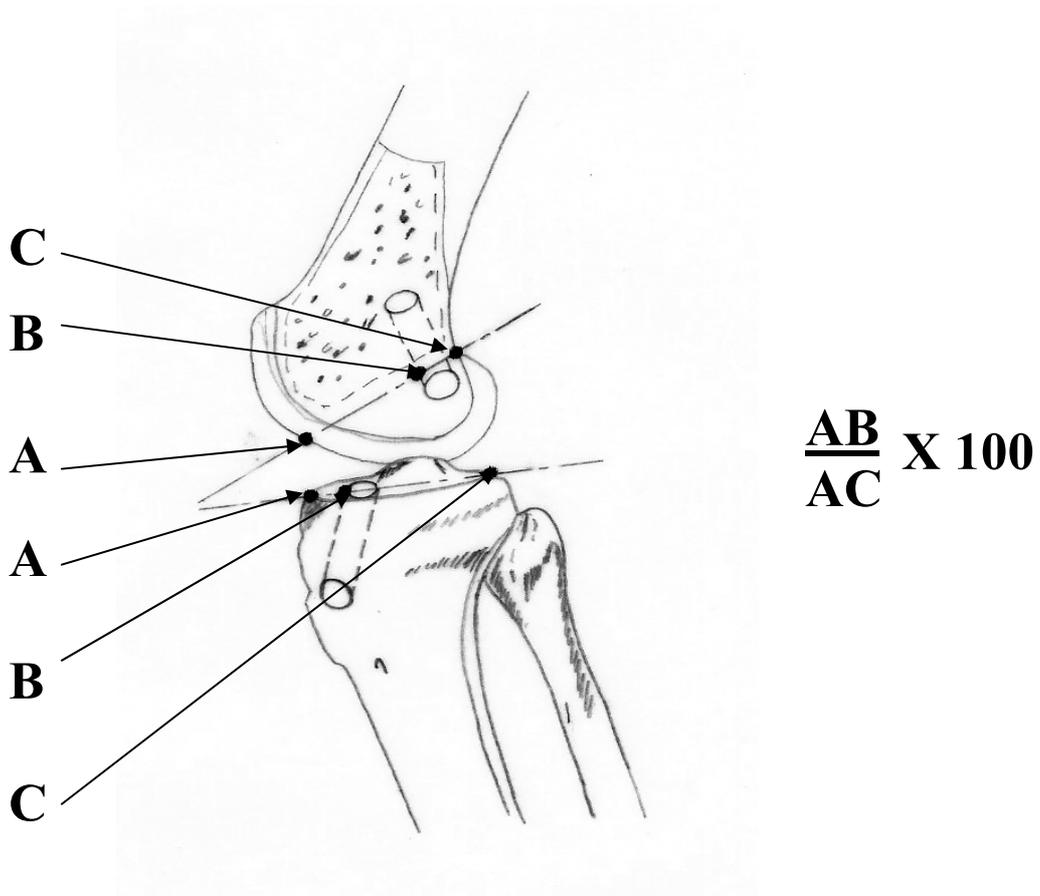
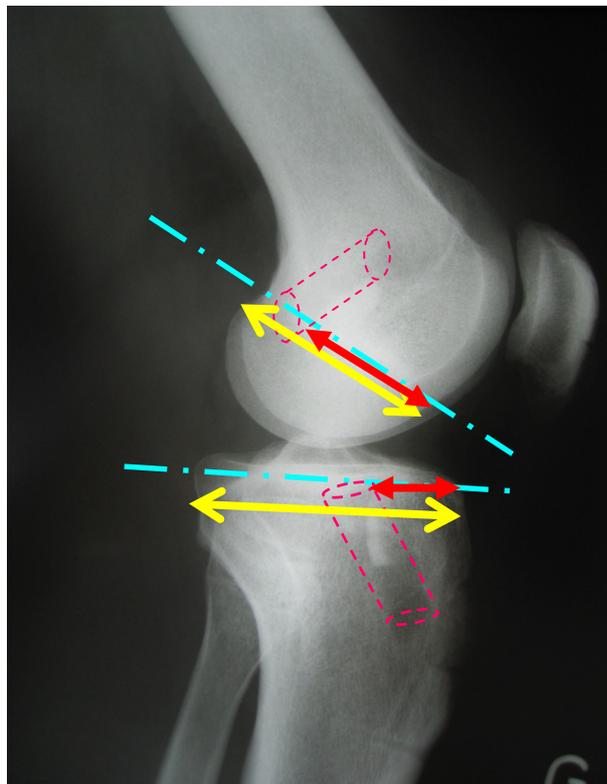


Figure 22 et 23 : Méthode d'Aglietti



La méthode d'Aglietti nécessite une radiographie de profil, centrée à l'aide de l'amplificateur de brillance, pour obtenir la superposition des condyles fémoraux. On mesure ensuite la largeur du plateau tibial et du fémur en regard de la ligne de Blumensaat, ainsi que la distance au bord antérieur des orifices de sortie intra-articulaire des tunnels fémoral et tibial. On calcule ensuite le rapport entre ces distances exprimées en pourcentage (Fig.22 et 23).

Dans notre étude, les radiographies de profil ont été pratiquées sans l'aide de l'amplificateur de brillance.

Tous les patients ont bénéficié d'une rééducation par physiothérapie, débutée dès le premier jour post-opératoire, selon le protocole de l'unité d'orthopédie et de traumatologie du sport des HUG.

### **5.3 Résultats :**

Le recul minimum lors du dernier contrôle est de 12 mois pour chaque patient. Les complications per-opératoire ou post-opératoire précoces furent : une lésion cutanée par brûlure à l'orifice d'une broche fixant une DRB, chez un patient et une reprise après 9 mois pour changer une vis d'interférence tibiale qui semblait à l'origine de douleurs persistantes. Après cette 2<sup>ème</sup> intervention, son évolution fut comparable au reste du collectif. Aucune infection n'a été constatée, aussi bien au niveau du site opératoire qu'au niveau des broches servant de support aux DRB.

Parmi les patients présentant des lésions méniscales, 18 ont bénéficié d'une résection partielle ou d'une régularisation, avec une évolution favorable dans tous les cas. Aucune suture méniscale n'a été réalisée. Chez 3 patients présentant des lésions chondrales de stade 4, on a pratiqué un débridement et des microfractures, sans incidence sur leur évolution.

Au score IKDC à 6 mois, 25 patients (83%) étaient classés A et 5 classés B. A 12 mois, 28 patients (93%) présentaient un score A à l'IKDC 2000, 1 homme était classé B et un autre, classé A à 6 mois, avait rompu sa greffe lors d'un nouvel accident à haute énergie, intervenu après 8 mois et n'a donc pas pu être classé. A noter, que le score B est obtenu chez le patient le plus âgé de la série (42 ans). Il a bénéficié d'une nouvelle arthroscopie avec toilette articulaire, montrant un greffon bien positionné et sans lésion expliquant la symptomatologie. Un patient a encore présenté, à 13 mois post-opératoires, une fracture de fatigue du tiers médian du tibia à la suite d'un entraînement intensif de course à pied à raison de 20 km par jour.

Douze mois après l'intervention, 28 patients (93%) jugeaient subjectivement leur genou comme fonctionnant normalement ou presque normalement (Tab.5).

Tableau 5 : selon IKDC	Fonctionnement subjectif du genou	
Normal	Presque normal	Anormal
21	7	1
70%	24%	3%

La douleur était absente pour 23 d'entre eux (77%) et 27 (90%) n'avaient pas constaté de tuméfaction du genou depuis plus de 4 semaines minimum (Tab.6).

Tableau 6 : selon IKDC	Symptômes reportés par le patient au cours des 4 dernières semaines.		
	Activité classe 1	Activité classe 2	Activité classe 3
Pas de douleurs	23 (77%)	5 (17%)	1 (3%)
Pas d'épanch.	27 (90%)	1 (3%)	1 (3%)
Pas d'instabilité	29 (97%)	0	0

Activité classe 1	Football, basketball, volleyball
Activité classe 2	Ski, tennis, travail manuel lourd
Activité classe 3	Course à pied, jogging, travail manuel léger
Activité classe 4	Activités sédentaires

Aucun patient n'avait le sentiment d'une instabilité du genou opéré. Six patients se plaignaient encore de douleurs légères au niveau du site de prélèvement du greffon.

L'examen clinique a révélé une atrophie musculaire marquée du quadriceps chez 4 patients. La flexion moyenne était de 140° (130 à 150°) et l'extension moyenne de 5° (0 à 15°). Un patient avait une perte de flexion de 10° en comparaison du côté opposé supposé sain. De même, 5 patients (17%) avaient une perte d'extension de 3 à 5° en comparaison avec le côté controlatéral témoin (Tab.7). Cependant aucun d'entre eux ne présentait de flessum du genou.

Tableau 7 :	Amplitudes articulaires	
Flexion	> 140°	> 130°
	26 (87%)	3 (10%)
Extension	> 5°	> 0°
	24 (80%)	5 (17%)

Au Pivot shift, 2 patients avaient une croix et 3 patients présentaient également une croix au Lachman, avec arrêt dur. En outre, 3 patients avaient un arrêt mou bilatéral à ce même test. Un patient présentait un crépitus du compartiment fémoro-patellaire sans douleur (Tab.8).

<b>Tableau 8 : selon IKDC</b>	<b>Stabilité objective du genou</b>	
	<b>Normal</b>	<b>Presque normal : +</b>
Lachman	27 (93%)	2 (7%)
Pivot shift	27 (93%)	2 (7%)

A l'arthromètre KT-1000, la différentielle manuelle moyenne obtenue à 12 mois était de 1.035 (0-3). Un patient, opéré précédemment du genou controlatéral par technique conventionnelle, n'a pas été comptabilisé en raison d'une différentielle négative de 6mm (6mm côté CAOS contre 12 mm côté conventionnel) (Tab.9).

<b>Tableau 9</b>	<b>Mesure arthrométrique au KT-1000</b>			
	<b>Normal</b>			<b>Presque normal</b>
	<b>0 mm</b>	<b>1 mm</b>	<b>2 mm</b>	<b>3 mm</b>
KT-1000	9	11	8	1

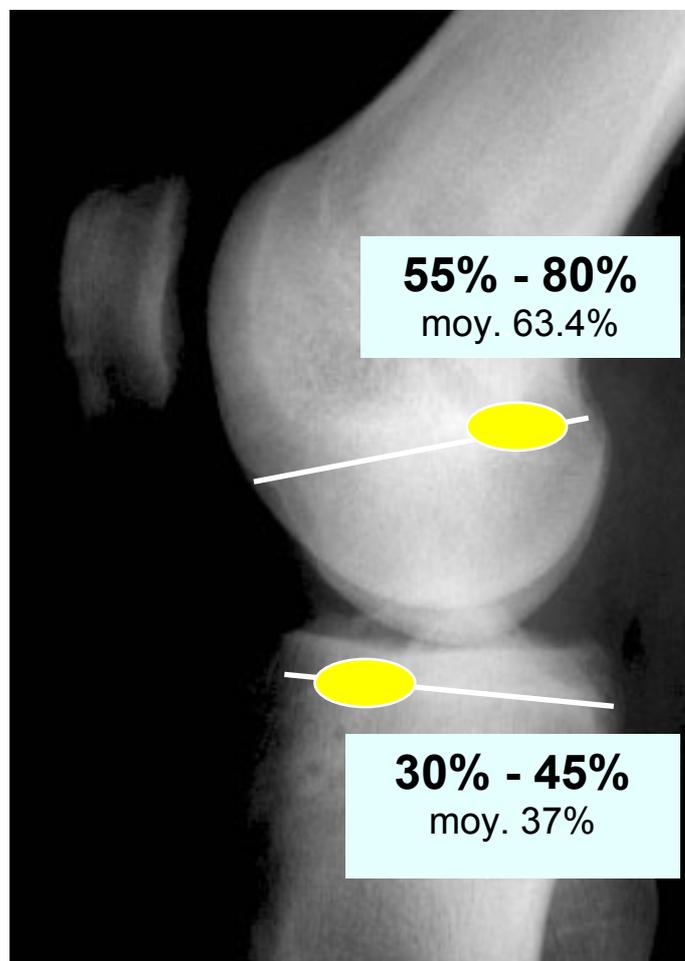
Avant l'accident, 24 patients avaient une activité de classe I (saut, basketball, football, volleyball,...) et 5 une activité de classe II (ski, tennis,...). Après l'intervention vingt-quatre patients ont retrouvé le même degré d'activité et 4 ont repris une activité sportive supérieure ou égale au niveau d'avant l'accident. Un seul patient n'a pas retrouvé son niveau d'avant l'intervention (Tab.10).

<b>Tableau 10</b>	<b>Degré d'activité avant reconstruction du LCA</b>		
	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 3</b>
	24 (83%)	5 (17%)	0
<b>Degré d'activité après reconstruction du LCA</b>			
	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 3</b>
	24 (83%)	4 (14%)	1 (3%)

Le test du saut en longueur sur un pied (one-leg hop test), composé de 3 sauts sur chaque jambe, a montré 26 fois (89.6%) un score entre 90 et 100% par rapport au genou non lésé et pour 3 patients un score entre 75 et 90%.

Selon les critères d'Aglietti [1], avec respectivement un ratio moyen de 37% (30% à 44.8%) et 63.4% (55.6 à 80.9), les tunnels tibiaux et fémoraux étaient correctement placés (Tab.11 et Fig.24).

<b>Tableau 11</b>	<b>Evaluation de l'emplacement des tunnels sur la radiographie de profil</b>			
	<b>&lt; 50%</b>	<b>51% - 60%</b>	<b>61% - 70%</b>	<b>71% - 80%</b>
Position du Tunnel fémoral	0	8 (36%)	13 (59%)	1 (5%)
Position du Tunnel tibial	<b>&lt; 25%</b>	<b>25% - 35%</b>	<b>36% - 45%</b>	<b>&gt; 45%</b>
	0	7 (32%)	15 (68%)	0



**Figure 24: Position des tunnels**

Dans son étude, Aglietti [1] démontre une augmentation significative des échecs de l'intervention lorsque l'orifice intra-articulaire du tunnel fémoral est situé

dans les 50% antérieur du condyle. De même, l'implantation du tunnel tibial est à l'origine d'un déficit d'extension, significatif si l'orifice est dans les 15% antérieur du plateau tibial.

A 12 mois post-opératoires, une complication tardive est à déplorer avec la rupture du greffon chez un patient suite à un nouveau traumatisme à haute énergie.

D'un point de vue subjectif, 25 patients jugent les résultats de l'opération excellents, 2 les jugent très bons, 1 bons et le dernier les qualifie de moyens.

Le temps opératoire additionnel moyen pour l'installation et l'entrée des données informatiques était de 20 minutes et la durée moyenne d'hospitalisation de 3 jours.

## **6 Discussion**

Si la reconstruction du ligament croisé antérieur est l'une des opérations orthopédiques les plus fréquentes dans les pays industrialisés, elle reste controversée quant à sa nécessité. Notre étude n'ambitionne pas de répondre à cette question mais cherche à démontrer l'utilité d'un système de navigation informatique pour ce type d'opération et son application de routine dans la chirurgie de reconstruction du LCA. En effet, un tel système permet d'exclure un positionnement incorrect des tunnels fémoral et tibial, cause principale des échecs de cette chirurgie et d'augmenter ainsi son taux de réussite.

La reconstruction vise 2 buts principaux. Le premier, restaurer la stabilité du genou atteint et donc sa fonction, pour permettre aux patients de retrouver leur niveau d'activité antérieur. Le deuxième, prévenir l'apparition de lésions dégénératives, notamment lors d'atteintes méniscales concomitantes [35].

Les moyens actuels pour déterminer si ces buts sont atteints impliquent donc le recours à une évaluation de paramètres cliniques ou biomécaniques, telle que la laxité du genou, et à l'estimation des signes radiologiques de dégénérescence articulaire. Daniel [29-30], dans une étude prospective non randomisée, après hémarthrose traumatique aiguë, détermine par mesure du métabolisme (scintigraphie au technétium) l'apparition de ces troubles dégénératifs. Il constate que la reconstruction de LCA ne préserve pas du développement d'atteintes dégénératives précoces et qu'à 5 ans ces lésions sont plus importantes, à la scintigraphie et à l'examen radiologique, en comparaison des genoux sans traitement chirurgical. Cette même étude, valide également l'utilisation du KT-1000 comme instrument de mesure du déplacement antéro-postérieur du genou en cas de déchirure du LCA avec une sensibilité de 96%. Une différence de déplacement de plus de 3 mm signe la rupture ligamentaire. Il convient de rajouter que ce travail a été mené entre 1980 et 1993 avec des techniques de reconstruction généralement par voie ouverte, suivi d'une immobilisation. A contrario, Drongowski [33] a démontré que le traitement conservateur, en cas de rupture complète du LCA, conduisait à une instabilité chronique inacceptable, en terme de fonction et de douleurs, pour un grand nombre de patients actifs [6-76]. Un consensus semble donc se dégager pour affirmer que les patients âgés, avec une faible demande fonctionnelle, souffrant d'une lésion isolée du LCA ont une meilleure évolution sans traitement chirurgical alors que les jeunes patients actifs doivent bénéficier d'une reconstruction [10]. Une étude de Dunn [35], présentée à l'American Orthopaedic Society for Sports Medicine de San Diego en 2003, tendrait néanmoins à donner une légitimité à la reconstruction, en prouvant son efficacité dans la prévention des lésions dégénératives méniscales ou chondrales. En effet, on y étudie l'évolution de 6576 patients actifs au sein des forces armées américaines ayant été hospitalisés après une déchirure du LCA, avec 3795 (58%) ayant subi une plastie du LCA et 2781 (42%) un traitement conservateur. L'analyse multivariable effectuée, révèle que la reconstruction du LCA réduit le risque d'une chirurgie méniscale subséquente de moitié et d'une chirurgie chondrale d'un tiers.

Pour restaurer une fonction articulaire du genou optimale, il faut donc tenir compte de plusieurs facteurs à la fois anatomique, physiologique et mécanique [37].

Cependant, depuis 20 ans les bons et excellents résultats après reconstruction du LCA, atteignent en moyenne les 80% [9], sans amélioration notable, malgré l'explosion ces dernières années des connaissances anatomo-physiologiques, biomécaniques et l'amélioration des techniques opératoires. Plusieurs études ont comparé les différentes méthodes de reconstruction du ligament croisé antérieur [16-41-104-117-121]. Dans une revue des concepts récents de reconstruction, Frank et Jackson [45] démontrent que les choix les plus importants, concernent : 1) le type de greffon et 2) le placement des tunnels.

Deux types d'implants s'imposent par leur solidité et leur résistance: le tiers médian du tendon rotulien et l'association des tendons du couturier et du demi-tendineux en 2 ou 4 faisceaux. Fox et coll. [44] ont comparé ces 2 implants et arrivent à la conclusion qu'il n'y pas de grandes différences de résultats avec l'un ou l'autre, sauf en ce qui concerne le niveau d'activité retrouvé qui est légèrement plus élevé après reconstruction par tendon rotulien. Dans cette même revue, on constate que la méthode arthroscopique à 2 incisions pourrait donner une meilleure stabilité au greffon comparée à la méthode à 1 incision et permettrait une récupération musculaire plus rapide en comparaison avec la technique par mini-arthrotomie.

Concernant les tunnels, c'est la précision dans leur positionnement qui assure le succès de cette chirurgie. Selon Aglietti [1], les meilleurs résultats sont obtenus lorsque la reconstruction est pratiquement anatomique. Un tunnel tibial placé trop antérieurement entraîne un conflit entre le greffon et l'échancrure intercondylienne à l'origine d'un déficit d'extension, de douleurs antérieures accompagnées d'un épanchement résiduel, d'une instabilité et finalement d'une rupture du greffon [49-72-74-143]. De même, un tunnel fémoral trop antérieur sera responsable d'un allongement accru du greffon lors de la flexion du genou et provoquera, assez rapidement, sa rupture [1-49-63-81-134].

Pour positionner ces tunnels, on dispose actuellement de divers guides qui permettent de les implanter précisément, mais la validation de leur placement n'a pas encore été clairement établie [48-52-83]. De même, en arthroscopie, il peut être difficile de placer le tunnel fémoral en raison de l'absence d'une visualisation tridimensionnelle et de repères anatomiques précis rendant l'évaluation de la profondeur aléatoire [1-134]. De plus, avec un guide donné, l'orientation des tunnels va varier avec la taille du genou et l'emplacement pourra en être modifié. Le chirurgien est également dépendant de l'industrie et du type de guide qu'il utilise.

Certains auteurs [1-49-57-81-134] ont préconisé l'emploi de la fluoroscopie ou de la radiographie per-opératoire pour améliorer la précision d'implantation, mais le manque de repères demeure et ces outils ne renseignent pas directement sur le taux d'allongement du greffon. Pour Klos [82], associer fluoroscopie et système informatique permet de résoudre ce problème. Néanmoins, le problème de l'irradiation

de sujets jeunes, l'encombrement causé par ces instruments et le temps nécessaire à leur installation ou manipulation en salle d'opération, demeurent.

La technique opératoire utilisée dans cette étude privilégie l'intervention arthroscopique à 2 incisions avec le tiers central du tendon rotulien comme autogreffe. En outre, l'assistance par ordinateur permet de recréer un genou virtuel pour chaque patient et de tenir compte des caractéristiques individuelles de chacun. La reconstruction peut être simulée pour trouver l'emplacement optimal supposé des tunnels et rendre improbable un conflit ou un allongement inapproprié du greffon [82]. Sous contrôle informatique, le positionnement du guide « main libre » et la direction des tunnels sont ensuite déterminés de manière très précise, quel que soit le genou et sans repères nécessaires. Les principaux critères nécessaires à une reconstruction réussie sont ainsi rassemblés.

Aglietti [1] propose de corrélérer de manière précise la position des tunnels avec un échec de stabilisation, par sa méthode de mesure radiologique d'emplacement des tunnels. Dans son étude, 62,5% des patients dont le tunnel fémoral est trop antérieur (<50% du condyle fémoral) présentent une instabilité antérieure non satisfaisante contre 12% ( $p = 0,003$ ) pour les patients dont l'orifice se situe dans la moitié postérieure du condyle. D'autre part, un emplacement trop antérieur du tunnel tibial (<20% du plateau tibial) augmente le déficit en extension du genou : un orifice situé dans les 15% antérieurs (cf. figure 22 et 23) augmente de manière significative ( $p = 0,01$ ) cette perte d'extension d'au moins 5 degrés. D'autres études présentent les mêmes conclusions en utilisant la même méthode de mesure ou une méthode similaire [49-72-81-134] Dans notre collectif, tous les tunnels fémoraux sont situés dans la moitié postérieure des condyles et tous les tunnels tibiaux sont au-delà des 25% antérieurs du plateau. Aucun patient ne présente d'instabilité ni de perte d'extension un an après reconstruction.

Dans une revue systématique des études prospectives de reconstruction du LCA, Herrington [66] révèle que les adultes mâles jeunes sont les plus concernés. Aucune étude ne présente une proportion de femmes égale ou supérieure à celle des hommes. L'âge moyen des sujets lors de l'opération se situe entre 20 et 32 ans et la cause principale de la lésion du LCA est le sport. Ces données correspondent à notre collectif constitué à 90% d'hommes, âgés en moyenne de 25 ans, qui se sont blessés dans plus de 80% des cas lors d'une activité sportive.

Les résultats initiaux de notre groupe sont très encourageants en regard de ceux présentés dans l'analyse d'Herrington [66]. Ils ont été collectés de manière indépendante par l'auteur de cette thèse. Les principaux critères d'évaluation que sont : le retour au degré d'activité sportive d'avant lésion, la stabilité du genou, la douleur, l'amplitude de mouvement, la force musculaire, le score IKDC et les complications sont ainsi comparés aux études de cette analyse et à celles de Goldblatt [58].

**1. Retour à l'activité d'avant lésion.** Pour Anderson [5] et Aglietti [2], respectivement 83% et 80% des patients, retournaient à leur degré d'activité antérieur, notamment les sports avec pivot et le travail manuel lourd. Dans notre groupe, 28 patients sur 30 (93%) ont atteint cet objectif.

**2. Stabilité du genou.** Mesurée à l'aide du KT-1000, la différence de stabilité entre le genou avec et le genou sans reconstruction était en moyenne de 2,1 mm pour Anderson [5], de 1,6 mm pour Marder [95], de 1,5 mm pour Shaieb [128] et 0,5 mm pour Feller [42]. La moyenne de notre collectif était de 1,03 mm avec 28 patients ayant entre 0 et 2 mm de différence.

**3. Douleur.** Généralement, les patients se plaignent de douleurs antérieures du genou, au site de prélèvement du greffon. Marder [95] et Shaieb [128] rapportent respectivement 24% et 20 %, de douleurs antérieures contre 19% pour Ejerhed [38]. Six patients (21%) présentaient encore des douleurs lors de notre évaluation, sous forme de gêne antérieure lors de contact, notamment avec le sol.

**4. Amplitude articulaire.** En comparant le côté opéré au côté controlatéral, supposé sain, Anderson [5] trouve 5% de patient ayant perdu entre 3 et 5° d'extension, idem pour Eriksson [41] avec 5% ayant perdu moins de 3° d'extension. Aglietti [2] pour sa part, révèle que 50% de son collectif présente une différence de 1 à 5° d'extension. Dans notre cas, 5 patients (17%) avaient perdu jusqu'à 5° d'extension. Aucun d'eux n'avait de flossum du genou. Ces différences relativement importantes peuvent s'expliquer par un laps de temps variable entre les différentes évaluations.

Les flexions moyennes rapportées sont généralement proches de 140° [38], avec 5° ou moins de différence comparé au côté sain pour 88% des patients d'Eriksson [41] et 80% pour ceux d'Aglietti [2]. Pour notre groupe, 1 patient avait perdu 10° de flexion et 2 entre 1 et 5°, laissant 90% des patients avec une flexion d'au moins 140°.

**5. Force musculaire.** La plupart des études consultées [2-5-38-42-95] utilisent un dynamomètre de type Cybex II et démontrent une perte de force musculaire inférieure à 10%, comparé au côté controlatéral. Pour des raisons économiques, nous n'avons pas pu effectuer ce genre de mesure. Néanmoins, 4 patients (13%) présentaient encore une amyotrophie à un an. Au test du saut en longueur sur un pied, 9 patients sur 10 atteignaient un score de 90 à 100% de la valeur de la jambe témoin. Avec le même test, Aglietti [1] obtient 81% des patients avec un score de 90% et plus, pour une revue avec un recul minimum de 5ans.

**6. Score IKDC.** L'étude de Beard [13] semblent indiquer que ce score s'améliore avec le temps. A 1 an, 50% de ses patients ont un score A ou B. A 5 ans, Aglietti obtient 77% de patients classés A ou B. Dans notre étude un score A est obtenu chez 93% des patients à 1 an. Les douleurs sont généralement la cause d'un score médiocre car elles limitent de manière significative les activités du patient, ce qui pourrait expliquer la différence entre ces résultats [42].

**7. Complications.** Les principales complications rapportées sont les infections profondes, les infections cutanées et les lésions aux sites de prélèvement. Dans la

plupart des études compilées [38-40-41-95-128], ce taux n'excède pas 2%. Un de nos patients a subi une brûlure cutanée au niveau d'une broche de fixation d'une DRB et un autre a dû être réopéré pour changer une vis d'interférence qui semblait être à l'origine de douleurs persistantes. Aucune infection profonde ou superficielle n'est à déplorer.

Notre étude montre donc d'excellents résultats subjectifs et objectifs, sans erreur de placement des tunnels.

Naturellement notre collectif est encore faible et le temps ainsi que les coûts supplémentaires engendrés par cette nouvelle technique sont encore à évaluer. De manière plus générale, l'assistance informatique présente les désavantages d'augmenter le temps opératoire et le risque de complication. Dans notre série, il a fallu environ 20 minutes de plus par patient pour installer le système, mais aucune complication notable n'a été constatée. D'autre part, le volume des instruments ainsi que le système par câble nécessaire à l'interface patient-ordinateur augmentent l'encombrement en salle d'opération et dans le champ opératoire. Néanmoins, malgré ces désagréments, l'application de cette technologie a pu se faire sur une base régulière, non seulement à des fins d'étude, mais également de routine dans la pratique journalière. De plus, cette assistance a permis d'accroître la précision d'une telle intervention sans recourir à la fluoroscopie. Cette technique est aussi un excellent outil d'apprentissage pour les jeunes chirurgiens ou pour les chirurgiens qui ne pratiquent pas souvent de reconstruction du LCA. En outre, un tel système devrait permettre aux chirurgiens confirmés de pratiquer cette intervention avec une précision accrue et d'augmenter ainsi les moyens de comparer leurs études sur des bases plus précises.

Enfin, on peut aussi espérer pouvoir répondre prochainement aux vœux d'Ejnar Eriksson [40], qui souhaitait promettre à nos patients plus de 95% de chance de réussite après une telle opération.

## **7 Conclusion**

Par sa précision, sa fiabilité et son application en salle d'opération, la reconstruction arthroscopique du LCA à l'aide du tiers moyen du tendon rotulien assistée par ordinateur permet un emplacement optimal des tunnels tibial et fémoral, assurant ainsi d'excellents résultats fonctionnels. Cette étude permet ainsi de valider l'usage d'un système de navigation informatique dans la reconstruction du ligament croisé antérieur.

## **8 Bibliographie**

1. Aglietti P, Buzzi R, Giron F, Simeone AJV, Zaccherotti G: Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon: A 5-8-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol, Arthrosc* 5:138-144, 1997.
2. Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, DeBiase P, Indelicato P. Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 22:211-219, 1994.
3. Amis AA, Dawkins GPC. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg* 73B:260-267, 1991.
4. Amis AA. Biomechanics of ligaments. In: Jenkins DHR (ed) *Ligament injuries and their treatment*. Chapman and Hall, London, 3-28, 1985.
5. Anderson A, Snyder R, Lipscomb A. Anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 29:272-279, 2001.
6. Andersson C, Odensten M, Gillquist J: Knee function after surgical or non surgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament: a randomized study with a long-term follow-up period. *Clin Orthop* 264:255-263, 1991.
7. Augustine R: The unstable knee. *Am J Surg* 92:380-388, 1956.
8. Bach BR, Warren RF, Wickiewicz TL. The pivot shift phenomenon: results and description of a modified clinical test for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 16:571-576, 1988.
9. Bach BR, Tradonsky S, Bojchuk J, et al. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five- to nine-year follow-up evaluation. *Am J Sports Med* 26:109-118, 1998.
10. Barrack RL, Bruckner JD, Kneisl J, Inman WS, Alexander AH. The outcome of nonoperatively treated complete tears of the anterior cruciate ligament in active young adults. *Clin Orthop* 259:192-199, 1990.
11. Bartlett E. Arthroscopic repair and augmentation of the anterior cruciate ligament in cadaver knees. *Clin Orthop* 172:107-111, 1983.
12. Battle W.H: A case after open section of the knee-joint for irreducible traumatic dislocation. *Clin Soc London Trans* 33:232, 1900.
13. Beard D, Anderson J, Davies S, Price A, Dodd C. Hamstring vs patella tendon for anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised controlled trail. *Knee* 8:45-50, 2001.
14. Beasley LS et al. Anterior cruciate ligament reconstruction: A literature review of the anatomic, biomechanics, surgical consideration and clinical outcomes. *Oper Tech Orthop* 15:5-19, 2005.
15. Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR. Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 72A:871-877, 1990.
16. Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J, Renstrom P. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar-tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg* 84A:1503-13, 2002.

17. Bonnet A. *Traité des maladies des articulations*, vol I et II. Baillière, Paris, 354-357, 1845.
18. Brantigan OC, Voshell AF: The mechanics of the ligaments and menisci of the knee joint. *J Bone Joint Surg* 23:44-66, 1941.
19. Bruckner H: Eine neue Methode zur Kreuzbandplastik. *Chirurg.* 37:413-414, 1966.
20. Bosworth DM, Bosworth BM: Use of fascia lata to stabilize the knee in case of ruptured crucial ligaments. *J Bone Joint Surg* 18A:178-179, 1936.
21. Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. *J Bone Joint Surg* 62A:259-270, 1980.
22. Butler DL, Grood ES, Noyes FR, Sodd AN. On the interpretation of our ACL data. *Clin Orthop Rel Res* 196:26-34, 1985.
23. Bylski-Austrow DI, Grood ES, Holden JP, Hefzy MS, Butler DL. ACL replacements: a mechanical study of femoral attachment location, flexion angle at tensioning and initial tensioning. *J Orthop Res* 8:522-531, 1990.
24. Campbell WC: Repair of the ligament of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet* 62:964-968, 1936.
25. Campbell WC: Reconstruction of the ligaments of the knee. *Am. J. Surg.* 43:473-480, 1939.
26. Clancy W, Nelson D, Reider B, Narechania R. Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament, augmented by extra-articular tendon transfers. *J Bone Joint Surg* 64A:352-259, 1982.
27. Cho K. Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis. *J Bone Joint Surg* 57A:608-612, 1975.
28. Dandy D.J. *Arthroscopic surgery of the knee*. Churchill Livingstone, Edinburg, 1981.
29. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR. Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med* 22:632-644, 1994.
30. Daniel DM, Fithian DC, Stone ML, Dobson BE, Luetzow WF, Kaufman KR: A ten year prospective outcome study of ACL-injured patient. Proceedings of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 63<sup>rd</sup> Annual Meeting, Atlanta, GA. Rosemont , IL, American Academy of Orthopaedic Surgeons, p77, 1996.
31. Danylchuk KD, FinlayJB, Kreck JP. Microstructural organization of human and bovine cruciate ligaments. *Clin Orthop* 131:294-298, 1978.
32. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am* 33:605-620, 2002.
33. Drongowski RA, Coran AG, Wojtus EM: Predictive value of meniscal and chondral injuries in conservatively treated anterior cruciate ligament injuries. *Arthroscopy* 10:97-102, 1994.
34. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14:204-213, 2006.
35. Dunn WR, Lyman S, Lincoln AE, Amoroso PJ, Wickiewicz TL, Marx RG. The effect of ACL reconstruction on the risk of knee re-injury: An outcome study of 6567 cases. *Am J Sports Med* 32:1906-1914, 2004.

36. Dye SF, Cannon WD. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Clin Sports Med* 7:715-725, 1988.
37. Dye SF, Wojtys EM, Fu FH, Fithian DC, Gillquist J: Factors contributing to function of the knee after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament. *AAOS Instr Course Lect* 48: 185-198, 1999.
38. Ejerhed L, Kartus J, Sernet N, Köhler K, Karlsson J. Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med* 31:19-25, 2003.
39. Elison A. Distal iliotibial band transfer for anterolateral rotatory instability of the knee. *J Bone Joint Surg* 61A: 330-337, 1979.
40. Eriksson Ejnar. How good are the results of ACL reconstruction? *Knee Surg Sports Traumatol, Arthrosc* 5:137, 1997.
41. Eriksson K, Anderberg P, Hamberg P, et al. A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 83B:348-354, 2001.
42. Feller J, Webster K, Gavin B. Early post-operative morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9:260-266, 2001.
43. Fleming BC, Beynon BD, Renstrom PA, et al. The strain behavior of the anterior cruciate ligament during bicycling. An in vivo study. *Am J Sports Med* 26:109-118, 1998.
44. Fox JA, Nedeff DD, Bach BR, Spindler KP. Anterior Cruciate ligament reconstruction with patellar autograft tendon. *Clin Orthop* 402:53-63, 2002.
45. Frank CB, Jackson DW. Current concepts review: The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 79A:1556-1576, 1997.
46. Franke K: Clinical experience in 130 cruciate ligament reconstructions. *Orthop Clin North Am* 7:191-193, 1976.
47. Friedman MJ. Arthroscopic semitendinosus reconstruction for anterior cruciate ligament deficiency. *Techn Orthop* 2:74-80, 1988.
48. Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB: Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part I: Biology and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med* 27:821-830, 1999.
49. Fu FH, Bennett CH, Ma CB, Ménétrey J, Lattermann C: Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II. Operative procedures and clinical correlations. *Am J Sports Med* 28:124-130, 2000.
50. Fu FH, Harner CD, Vince KG: *Knee Surgery*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins p.1595, 1994.
51. Furia JP, Lintner DM, Saiz P, et al. Isometry measurements in the knee with the anterior cruciate ligament intact, sectioned, and reconstructed. *Am J Sports Med* 25:346-352, 1997.
52. Fuss FK. Optimal replacement of the cruciate ligament from the functional-anatomical point of view. *Acta Anat* 140:260-268, 1991.
53. Galen C: *On the Usefulness of the Parts of the Body*. May MT (trans). Cornell University Press, Ithaca, NY, 1968.
54. Galway RD, Beaupre A, MacIntosh DL. Pivot shift: A clinical sign of symptomatic ACL insufficiency. *J Bone Joint Surg* 54B:763-776, 1972.

55. Galway H, Mc Intosh D. The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop* 147:45-50, 1980.
56. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop* 106:216:231, 1975.
57. Goble EM, Downey DJ, Wilcox TD. Positioning of the tibial tunnel for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 11:688-695, 1995.
58. Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: Meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy* 21:791-803, 2005.
59. Goetjes H: *Über verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenks.* *Dtsch Z Chir* 123 :221, 1913.
60. Griffin LY, Agel J, Alholm MJ, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg* 8:141-150, 2000.
61. Harner CD, Baek GH, Vogrin TM, et al. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy* 15:741-749, 1999.
62. Harner CD, Livesay GA, Kashiwaguchi S, Fujie H, Choi NY, Woo SL. Comparative study of the size and shape of human anterior and posterior cruciate ligaments. *J Orthop Res* 13:429-34, 1995.
63. Hefzy MS, Grood ES: Sensitivity of insertion locations on length patterns of anterior cruciate ligament fibers. *J Biomech Eng* 108:73-82, 1986.
64. Hefzy MS, Grood ES, Noyes FR: Factors affecting the region of most isometric femoral attachments. Part II: The anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 17:208-216, 1989.
65. Henning CE: Current status of meniscus salvage. *Clin Sports Med* 9: 567-576, 1990.
66. Herrington L, Wrapson C, Matthews M, Matthews H. Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone-patella tendon-bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. *The Knee* 12:41-50, 2005.
67. Hey-Groves E.W: Operation for the repair of crucial ligaments. *Lancet* 2:674-675, 1917.
68. Hippocrate. *Oeuvres complètes, Union littéraire et artistique, Paris 1955.*
69. Hogervorst T, Brand R. Mechanoreceptors in joint function. *J Bone Joint Surg* 80A:1365-1377, 1998.
70. Hollis JM, Takai S, Adams DJ, Horibe S, Woo SL-Y. The effects of knee motion and external loading on the length of the anterior cruciate ligament: A kinematic study. *J Biomech Eng* 113:208-214, 1991.
71. Holzel P: Fall von Zerreissung beider Kreuzbänder des linken kniegelenks, geheilt durch Ersatz aus dem luxierten äusseren Meniscus. *Münch Med Wochenschr Ferdarztteil* 28:928-929, 1917.
72. Howell SM. Principles for placing the tibial tunnel and avoiding roof impingement during reconstruction of a torn anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6[Suppl 1]:S49-S55, 1998.
73. Insall-Scott: *Surgery of the knee*, 3th ed London, Churchill Livingstone, 2001.

74. Jackson DW, Gasser SI. Tibial tunnel placement in ACL reconstruction. *Arthroscopy* 10:124-131, 1994.
75. Jakob RP. Pathomechanical and clinical component of the pivot shift sign. *Semin Orthop* 2:12, 1987.
76. Johnson RJ, Beynon BD, Nichols CE, et al: The treatment of injuries to the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 74A:140-151, 1992.
77. Jones K: Reconstruction of the anterior cruciate ligament: A technique using the central one-third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg* 45A:925-932, 1963.
78. Jones R: On certain derangement of the knee. *Clin J* 28:51, 1906.
79. Jones R, Smith SA: On rupture of the crucial ligaments of the knee and on fracture of spine of tibia. *Br J Surg* 1:70-89, 1913.
80. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med* 10:329-335, 1982.
81. Khalfayan EE, Sharkey PF, Alexander AH, Bruckner JD, Bynum EB. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 24:335-341, 1996.
82. Klos TV, Habets RJE, Banks AZ, Banks SA, Devilee RJJ, Cook FF. Computer assistance in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop* 354:65-69, 1998.
83. Kohn D, Busche T, Carls J. Drill hole position in endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction: Results of an advanced arthroscopy course. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6[Suppl1]:S13-S15, 1998.
84. Konishi Y, Suzuki Y, Hirose N, Fukubayashi T. Effects of lidocaine into knee on QF strength and EMG in patients with ACL lesion. *Med Sci Sports Exerc* 35:1805-1808, 2003.
85. Krida A: Instability of the knee joint due to injury of the anterior crucial ligament. *J. Bone Joint Surg* 15:897, 1933.
86. Kummer B, Yamamoto M. Morphologie und Funktion des Kreuzbandapparates des Kniegelenks. *Arthroscopy* 1:2-10, 1988.
87. Kurosaka M, Yoshiya S, Andrish J. A biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 15:225-229, 1987.
88. Lambert K. Vascularized patellar tendon graft with rigid internal fixation of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop* 172:85-89, 1983.
89. Lange F: Uber die Sehnenplastik. *Verh Dtsch Othop Ges* 2 :10-12, 1903.
90. Lemaire M: Instabilité chronique du genou: techniques et résultats des plasties ligamentaires en traumatologie sportive. *J Chir* 110 : 281-294, 1975.
91. Lindemann K: Uber den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzungen. *Z Orthop* 79:316-334, 1950.
92. Lipscomb A.B, Jonhston R.K, Synder R.B, et al. Evaluation of harmstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 10:340-342, 1982.
93. Ludloff K: Der operative Ersatz des vorderen Kreuzbänder am Knie. *Zentralbl Chir* 50: 3162, 1927.
94. Macey H: A new operative procedure for repair of rutured cruciate ligaments of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet* 69:108-109, 1939.

95. Marder R, Raskin J, Carrol M. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med* 19:478-485, 1991.
96. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. Stiffness and laxity of the knee: the contributions of the supporting stuctures. *J Bone Joint Surg* 58A:583-593, 1976.
97. Mayo Robson A.W: Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. *Am Surg* 37:716-718, 1903.
98. McMaster J, Weinert C, Scranton P. Diagnosis and management of isolated anterior cruciate ligament tears: a preliminary report on reconstruction with the gracilis tendon. *J Trauma* 14:230-235, 1974.
99. Milch H: Injuries of the crucial ligaments. *Arch Surg* 30:805-819, 1935.
100. Mohtadi NG, Webster-Bogaert S, Fowler PJ: Limitation of motion following anterior cruciate ligament reconstruction. A case-control study. *Am J Sports Med* 19:620-624, 1991.
101. More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D, Woo SLY, Daniel DM. Hamstrings: an anterior cruciate ligament protagonist-an in vitro study. *Am J Sports Med* 21:231-237, 1993.
102. Naranja RJ et al: The search for the Holy Grail. *Am J Orthop* 26: 743-752, 1997.
103. Nicholas J. The five-one reconstruction for anteromedial instability of the knee: indications, technique, and the results in fifty-two patients. *J Bone Joint Surg* 55A:899-922, 1973.
104. Noojin FK, Barrett GR, Hartzog CW, Nash CR. Clinical comparison of intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous semitendinosus and gracilis tendons in men versus women. *Am J Sports Med* 28:783-789, 2000.
105. Noulis G: Entorse du genou. Thèse n° 142, Fac Med Paris, p.153, 1875.
106. Noyes FR, Basset RW, Grood ES, Butler DL. Arthroscopy in acute traumatic hermarthrosis of the knee. *J Bone Joint Surg* 62A:687-695, 1980.
107. Noyes FR, Butler DL, Grood ES et al. Clinical paradoxes of anterior cruciate ligament instability and a new test to detect its instability. *Orthop Trans* 2:36, 1978.
108. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg* 67A:257-262, 1985.
109. O'Donoghue DH: Surgical treatment of fresh injuries to the major ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg* 32A:738, 1950.
110. O'Neil DB. Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament: A prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg* 78A:803-813, 1996.
111. Ostgaard SE, Helmig P, Nielsen S, Hvid I. Anterolateral instability in the anterior cruciate ligament dificient knee: a cadaver study. *Acta Orthop Scand* 62:4-8, 1991.
112. Paessler H. Revisionseingriffe nach vorderer Kreuzbandoperation und neuerlicher Instabilität: Ursachenanalyse und taktische Vorgehen. *Hefte Unfallchirurg* 268 :447-450, 1997.
113. Palmer I: On the injuries to the ligaments of the knee joint. A clinical study. *Acta Chir Scand* 81 (Suppl 53):2-282, 1938.

114. Petersen W, Tillmann B. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Orthopade* 31:710-718, 2002.
115. Petersen W, Unterhauser F, Pufe T, et al. The angiogenic peptide vascular endothelial growth factor (VEGF) is expressed during the remodelin of free tendon grafts in sheep. *Arch Orthop Trauma Surg* 123:168-174, 2003.
116. Perthes G: Uber die Wiederbefestigung des abgerissenen Kreuzbandes im Kniegekenk. *Zentralbl Chir* 53:866-872, 1926.
117. Pinczewski LA, Deehan DJ, Salmon LJ, Russel VJ, Clingeleffer A. A five-year comparison of patellar tendon versus four-strand Harmstring tendon autograft for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 30:523-536, 2002.
118. Piziali RL, Seering WP, Nagel DA, Schurman DJ. The function of the primary ligaments of the knee in anterior-posterior and medial-lateral motions. *J Biomech* 13:777-784, 1980.
119. Pringle JH: Avulsion of the spine of tibia. *Ann. Surg.* 46:169-178, 1907.
120. Putti V: La ricostruzione die legamenti crociati del ginocchio. *Chir Org Mov* 4:96, 1920.
121. Richmond JC. Three surgical methods of anterior cruciate ligament reconstruction were equally effective. *J Bone Joint Surg* 84A:323, 2002.
122. Ritchey SJ: Ligamentous disruption of the knee: A rewiew with analasis of 28 cases. *Armed Forces Med J* 11:167-176, 1960.
123. Sandberg R, Balkfors B, Nilsson B, Westlin N: Operative versus non-operative treatment of recent injuries to the ligaments of the knee. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg* 69A:1120-1126, 1987.
124. Scapinelli R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures. *Clin Anat* 10: 151-162, 1997.
125. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, et al. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg* 66A:1072-1076, 1984.
126. Seebacher JR, Inglis AE, Marshall JL, et al: The structure of posterolateral aspect of the knee. *J Bone Joint Surg* 64A:536, 1982.
127. Segond PF : Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse. *Prog Med* 16:297-421, 1879.
128. Shaieb M, Kan D, Chang S, Marumoto J, Richardson A. Prospective randomised comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 30:214-220, 2002.
129. Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A, De Carlo M: Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med* 19:332-336, 1991.
130. Shelbourne KD, Klootwyk TE, Wilckens JH, De Carlo M. Ligament stability two to six years after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft and participation in accelerated rehabilitation program. *Am J Sports Med* 23:575-9, 1995.
131. Shoemaker SC, Markolf KL. Effects of joint load on the stiffness and laxity of ligament-deficient knees: an in vitro study of the anterior cruciate and medial collateral ligaments. *J Bone Joint Surg* 67A:136-46, 1985.

132. Slocum D, Larson R. Pes anserinus transplantation. *J Bone Joint Surg* 50A:226-242, 1968.
133. Smith AS: The diagnosis and treatment of injurie to the crucial ligaments. *Br J Surg* 6:176-189, 1918.
134. Sommer C, Friederich NF, Müller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8:207-213, 2000.
135. Stark J: Two cases of ruptured crucial ligaments of the knee joint. *Edinburg Med Surg* 74:267-271, 1850.
136. Takai S, Woo SL-Y, Livesay GA, Adams DJ, Fu FH. Determination of the in situ loads on the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 11:686-695, 1993.
137. Tena-Arregui J, Barrio-Asensio C, Viejo-Tirado F, et al. Arthroscopic study of the knee joint in fetuses. *Arthroscopy* 19:62-68, 2003.
138. Tisserand J. *Lyon Chirurgical* Nr 4, 1922.
139. Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of ACL instability in the athlete. *Am J Sports Med* 4:84-91, 1976.
140. Torg J, Sapega A, Sokolow D, Drillings G. Fibular head transposition: an extraarticular procedure for controlling the pivot shift in the ACL deficient knee. *Am J Knee Surg* 2:21-35, 1989.
141. Uffreduzzi O: Sulla rottura dei menischi del ginocchio e su lesioni similari. *Minerva Med* 20:69, 1927.
142. Warren LF, Marshall JL: The supporting structures and layers of the medial side of the knee. *J Bone Joint Surg* 56A:56-62, 1979.
143. Watanabe BM, Howell SM. Arthroscopic findings associated with roof impingement of anterior cruciate ligament graft. *Am J Sports Med* 23:616-625, 1995.
144. Williams RJ 3rd, Hyman J, Petrigliano F, Rozental T, Wickiewicz TL. Anterior cruciate ligament reconstruction with a four-strand hamstring tendon autograft. *J Bone Joint Surg* 86A:225-232, 2004.
145. Woo SL, Hollis JM, Adams DJ, et al: Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex: The effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med* 19:217-225, 1991.
146. Woo SL, Fox RJ, Sakane M, et al: Force and force distribution in the anterior cruciate ligament and its clinical implications. *Sportorthop-Sporttrauma* 13:37-48, 1997.
147. Zanolli: Fratture del ginocchio. *Chir Org Mov* X: 4-5, 1926.
148. Zarins B, Adams M: Medical progress: Knee injuries in sports. *N Engl J Med* 318:950-961, 1988.

**2000**

**IKDC**

**KNEE FORMS**

## **INTRODUCTION**

The entire IKDC form, which includes a demographic form, current health assessment form, subjective knee evaluation form, knee history form, surgical documentation form, and knee examination form, may be used as separate forms. The knee history form and surgical documentation form are provided for convenience. All researchers are required to complete the subjective knee evaluation and knee examination form. Instructions for scoring the subjective knee evaluation form and the knee examination form are provided on the back of the forms.

---

## **TABLE OF CONTENTS**

- 1. Demographic Form**
- 2. Current Health Assessment Form**
- 3. Subjective Knee Evaluation Form**
- 4. Knee History Form**
- 5. Surgical Documentation Form**
- 6. Knee Examination Form**



**Page 2 - IKDC DEMOGRAPHIC FORM**

1. Do you smoke cigarettes?

- Yes
- No, I quit in the last six months.
- No, I quit more than six months ago.
- No, I have never smoked.

2. Your height \_\_\_\_\_  centimeters  inches

3. Your weight \_\_\_\_\_  kilograms  pounds

4. Your race (indicate all that apply)

- White
- Black or African-American
- Hispanic
- Asian or Pacific Islander
- Native American Indian
- Other

5. How much school have you completed?

- Less than high school
- Graduated from high school
- Some college
- Graduated from college
- Postgraduate school or degree

6. Activity level

- Are you a high competitive sports person?
- Are you well-trained and frequently sporting?
- Sporting sometimes
- Non-sporting

# IKDC CURRENT HEALTH ASSESSMENT FORM \*

**Your Full Name** \_\_\_\_\_

**Your Date of Birth** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
Day Month Year

**Today's Date** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
Day Month Year

1. In general, would you say your health is: Excellent    Very Good    Good    Fair    Poor
2. Compared to one year ago, how would you rate your health in general now?
- Much better now than 1 year ago    Somewhat better now than 1 year ago    About the same as 1 year ago
- Somewhat worse now than 1 year ago    Much worse now than 1 year ago

3. The following items are about activities you might do during a typical day. Does your health now limit you in these activities? If so, how much?

	Yes, Limited A Lot	Yes, Limited A Little	No, Not Limited At All
a. Vigorous activities, such as running, lifting heavy objects, participating in strenuous sports	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Moderate activities, such as moving a table, pushing a vacuum cleaner, bowling, or playing golf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Lifting or carrying groceries	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Climbing several flights of stairs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Climbing one flight of stairs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Bending, kneeling or stooping	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Walking more than a mile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Walking several blocks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Walking one block	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. Bathing or dressing yourself	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. During the past 4 weeks, have you had any of the following problems with your work or other regular daily activities as a result of your physical health?

	YES	NO
a. Cut down on the amount of time you spent on work or other activities	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Accomplished less than you would like	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Were limited in the kind of work or other activities	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Had difficulty performing the work or other activities (for example, it took extra effort)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. During the past 4 weeks, have you had any of the following problems with your work or other regular daily activities as a result of any emotional problems (such as feeling depressed or anxious)?

	YES	NO
a. Cut down on the amount of time you spent on work or other activities	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Accomplished less than you would like	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Didn't do work or other activities as carefully as usual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Page 2 – IKDC CURRENT HEALTH ASSESSMENT FORM \***

6. During the past 4 weeks, to what extent has your physical health or emotional problems interfered with your normal social activities with family, friends, neighbors, or groups?

- Not At All       Slightly       Moderately       Quite a Bit       Extremely

7. How much bodily pain have you had during the past 4 weeks?

- None       Very Mild       Mild       Moderate       Severe       Very Severe

8. During the past 4 weeks, how much did pain interfere with your normal work (including both work outside the home and housework)?

- Not at All       A Little Bit       Moderately       Quite a Bit       Extremely

9. These questions are about how you feel and how things have been with you during the past 4 weeks. For each question, please give the one answer that comes closest to the way you have been feeling. How much of the time during the past 4 weeks...

	All of the time	Most of the time	A good bit of the time	Some of the time	A little of the time	None of the time
a. Did you feel full of pep?	<input type="checkbox"/>					
b. Have you been very nervous?	<input type="checkbox"/>					
c. Have you felt calm and peaceful?	<input type="checkbox"/>					
d. Did you have a lot of energy?	<input type="checkbox"/>					
e. Have you felt down-hearted and blue?	<input type="checkbox"/>					
f. Did you feel worn out?	<input type="checkbox"/>					
g. Have you been a happy person	<input type="checkbox"/>					
h. Did you feel tired?	<input type="checkbox"/>					

10. During the past 4 weeks, how much of the time has your physical health or emotional problems interfered with your social activities (like visiting with friends, relatives, etc.)?

- All of the time     Most of the time     Some of the time     A little of the time     None of the time

11. How TRUE or FALSE is each of the following statements for you?

	Definitely True	Mostly True	Don't Know	Mostly False	Definitely False
a. I seem to get sick a little easier than other people	<input type="checkbox"/>				
b. I am as healthy as anybody I know	<input type="checkbox"/>				
c. I expect my health to get worse	<input type="checkbox"/>				
d. My health is excellent	<input type="checkbox"/>				

\*This form includes questions from the SF-36™ Health Survey. Reproduced with the permission of the Medical Outcomes Trust, Copyright © 1992.

# 2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM

Your Full Name \_\_\_\_\_

Today's Date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Day Month Year

Date of Injury: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Day Month Year

## **SYMPTOMS\*:**

\*Grade symptoms at the highest activity level at which you think you could function without significant symptoms, even if you are not actually performing activities at this level.

1. What is the highest level of activity that you can perform without significant knee pain?

- 4  Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer
- 3  Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis
- 2  Moderate activities like moderate physical work, running or jogging
- 1  Light activities like walking, housework or yard work
- 0  Unable to perform any of the above activities due to knee pain

2. During the past 4 weeks, or since your injury, how often have you had pain?

Never      10      9      8      7      6      5      4      3      2      1      0      Constant  
                                                                 

3. If you have pain, how severe is it?

No pain      10      9      8      7      6      5      4      3      2      1      0      Worst pain  
                                                                        imaginable

4. During the past 4 weeks, or since your injury, how stiff or swollen was your knee?

- 4  Not at all
- 3  Mildly
- 2  Moderately
- 1  Very
- 0  Extremely

5. What is the highest level of activity you can perform without significant swelling in your knee?

- 4  Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer
- 3  Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis
- 2  Moderate activities like moderate physical work, running or jogging
- 1  Light activities like walking, housework, or yard work
- 0  Unable to perform any of the above activities due to knee swelling

6. During the past 4 weeks, or since your injury, did your knee lock or catch?

0  Yes      1  No

7. What is the highest level of activity you can perform without significant giving way in your knee?

- 4  Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer
- 3  Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis
- 2  Moderate activities like moderate physical work, running or jogging
- 1  Light activities like walking, housework or yard work
- 0  Unable to perform any of the above activities due to giving way of the knee



## Scoring Instructions for the 2000 IKDC Subjective Knee Evaluation Form

Several methods of scoring the IKDC Subjective Knee Evaluation Form were investigated. The results indicated that summing the scores for each item performed as well as more sophisticated scoring methods.

The responses to each item are scored using an ordinal method such that a score of 0 is given to responses that represent the lowest level of function or highest level of symptoms. For example, item 1, which is related to the highest level of activity without significant pain is scored by assigning a score of 0 to the response "Unable to Perform Any of the Above Activities Due to Knee" and a score of 4 to the response "Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer". For item 2, which is related to the frequency of pain over the past 4 weeks, the response "Constant" is assigned a score of 0 and "Never" is assigned a score of 10.

The IKDC Subjective Knee Evaluation Form is scored by summing the scores for the individual items and then transforming the score to a scale that ranges from 0 to 100. **Note:** The response to item 10 "Function Prior to Knee Injury" is not included in the overall score. To score the IKDC, simply add the score for each item (the small number by each item checked) and divide by the maximum possible score (which is 87 if all items have been completed):

$$\text{IKDC Score} = \left[ \frac{\text{Sum of Items}}{\text{Maximum Possible Score}} \right] \times 100$$

Thus, if the sum of scores for the 18 items is 65 and the patient responded to all the items, the IKDC Score would be calculated as follows:

$$\text{IKDC Score} = \left[ \frac{65}{87} \right] \times 100$$

$$\text{IKDC Score} = 75.9$$

The transformed score is interpreted as a measure of function such that higher scores represent higher levels of function and lower levels of symptoms. A score of 100 is interpreted to mean no limitation with activities of daily living or sports activities and the absence of symptoms.

The IKDC Subjective Knee Form score can be calculated when there are responses to at least 90% of the items (i.e. when responses have been provided for at least 16 items). In the original scoring instructions for the IKDC Subjective Knee Form, missing values are replaced by the average score of the items that have been answered. However, this method could slightly over- or under-estimate the score depending on the maximum value of the missing item(s) (2, 5 or 11 points). Therefore, in the revised scoring procedure, the IKDC Subjective Knee Form score is calculated as (sum of the completed items - # of completed items) / (maximum possible sum of the completed items - # of completed items) \* 100. This method of scoring the IKDC Subjective Knee Form is more accurate than the original scoring method. A scoring spreadsheet is also available at:

[www.sportsmed.org/research/index.asp](http://www.sportsmed.org/research/index.asp)



**Page 2 – 2000 IKDC KNEE HISTORY FORM**

Extensor Mechanism Surgery

- Patella tendon repair       Quadriceps tendon repair

Patellofemoral Surgery

- Extensor Mechanism Realignment

Soft Tissue Realignment

- Medial imbrication       Lateral release

Bone Realignment

Movement of the tibial tubercle

- Proximal       Distal       Medial       Lateral       Anterior

- Trochleoplasty

- Patellectomy

Osteoarthritis Surgery

- Osteotomy

- Articular Surface Surgery       Shaving       Abrasion       Drilling       Microfracture  
 Cell therapy       Osteochondral autograft transfer/mosaic-plasty       Other

Total number of previous surgeries \_\_\_\_\_

**Imaging Studies:**

- Structural       MRI       CT       Arthrogram

- Metabolic (Bone Scan)

Findings:

Ligament \_\_\_\_\_

Meniscus \_\_\_\_\_

Articular Cartilage \_\_\_\_\_

Bone \_\_\_\_\_

# 2000 IKDC SURGICAL DOCUMENTATION FORM

Patient's Name: \_\_\_\_\_ Date of Index Procedure: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Day      Month      Year

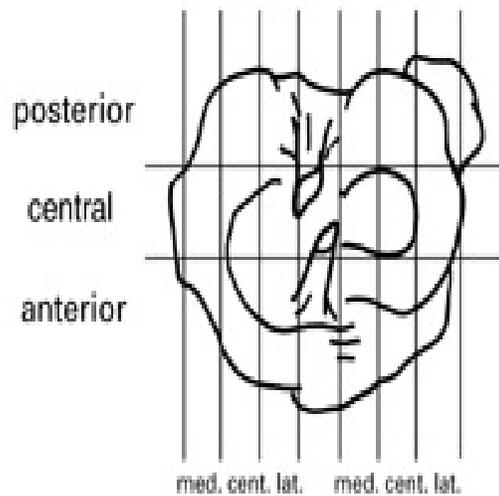
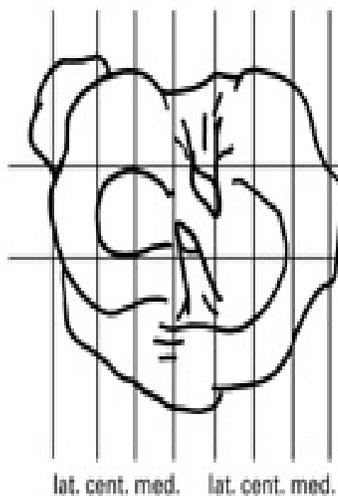
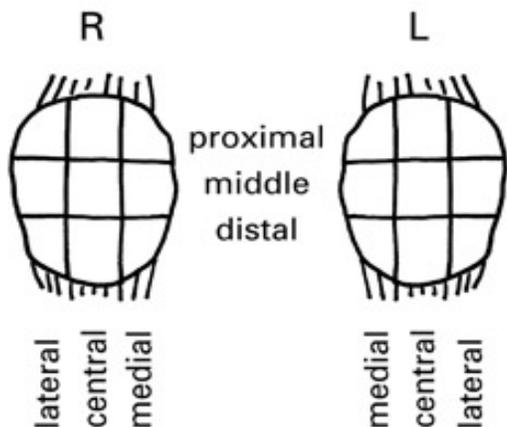
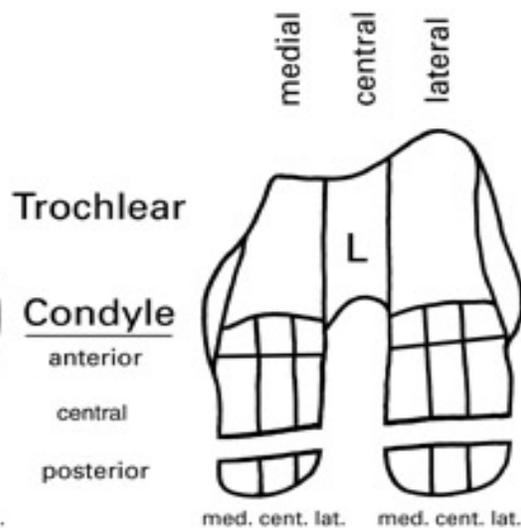
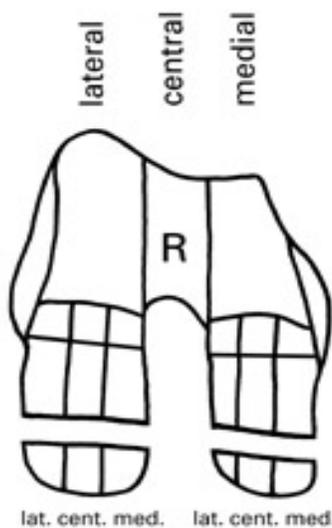
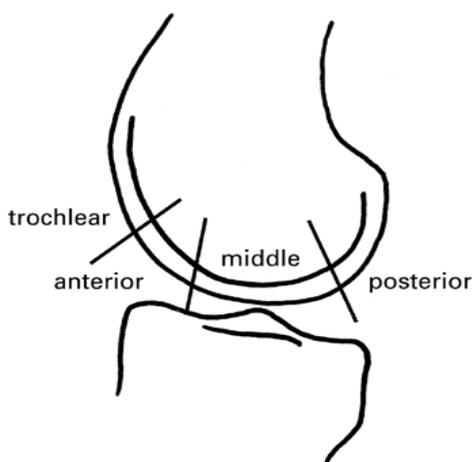
Postoperative Diagnosis:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

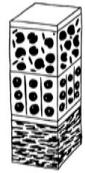
Status After Procedure:

### ARTICULAR CARTILAGE STATUS:

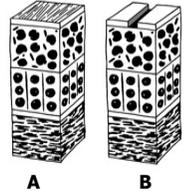
Document the size and location of articular cartilage defects on these figures according to the ICRS mapping system<sup>c</sup>.



ICRS Grade 0 - Normal



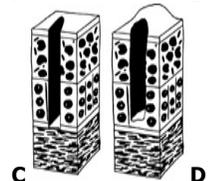
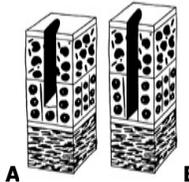
ICRS Grade 1 - Nearly Normal  
Superficial lesions, Soft indentation (A) and/or superficial fissures and cracks (B)



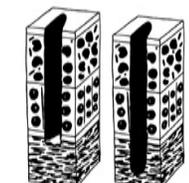
ICRS Grade 2 - Abnormal  
Lesions extending down to <50% of cartilage depth



ICRS Grade 3 - Severely Abnormal  
Cartilage defects extending down >50% of cartilage depth (A) as well as down to calcified layer (B) and down to blisters are included in this Grade (D)



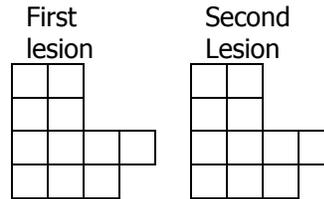
ICRS Grade 4 - Severely Abnormal  
Osteochondral injuries, lesions extending just through the subchondral boneplate (A) or deeper defects down into trabecular bone (B). Defects that have been drilled are regarded as osteochondral defects and classified as ICRS-C.



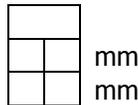
**Record size, location and grade of articular cartilage lesions.**

**Femur**

Side	Right	Left			
Condyle	Medial	Lateral			
Sagittal plane	Trochlear	Anterior	Middle	Posterior	
Frontal plane	Lateral	Central	Medial		

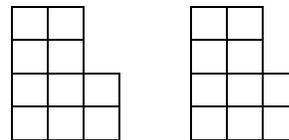


Cartilage lesion (Grade) (\*)  
Defect size pre-debridement  
Defect size post-debridement

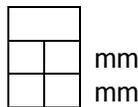


**Tibia**

Side	Right	Left		
Plateau	Medial	Lateral		
Sagittal Plane	Anterior	Middle	Posterior	
Frontal Plane	Lateral	Central	Medial	

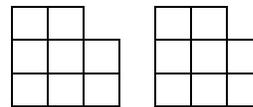


Cartilage lesion (Grade) (\*)  
Defect size pre-debridement  
Defect size post-debridement

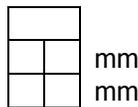


**Patella**

Side	Right	Left		
Sagittal plane	Distal	Middle	Proximal	
Frontal plane	Lateral	Central	Medial	



Cartilage lesion (Grade) (\*)  
Defect size pre-debridement  
Defect size post-debridement



**Diagnosis:**     Traumatic cartilage lesion     OD     OA     AVN     Others

**Biopsy/Osteochondral Plugs:**    Location:    Number of Plugs:

Diameter of Plugs:    mm

**Treatment:**     Shaving     Abrasion  
 Drilling     Microfracture  
 Osteochondral autograft transfer/mosaic-plasty  
 Cell therapy     Other

**Notes:**

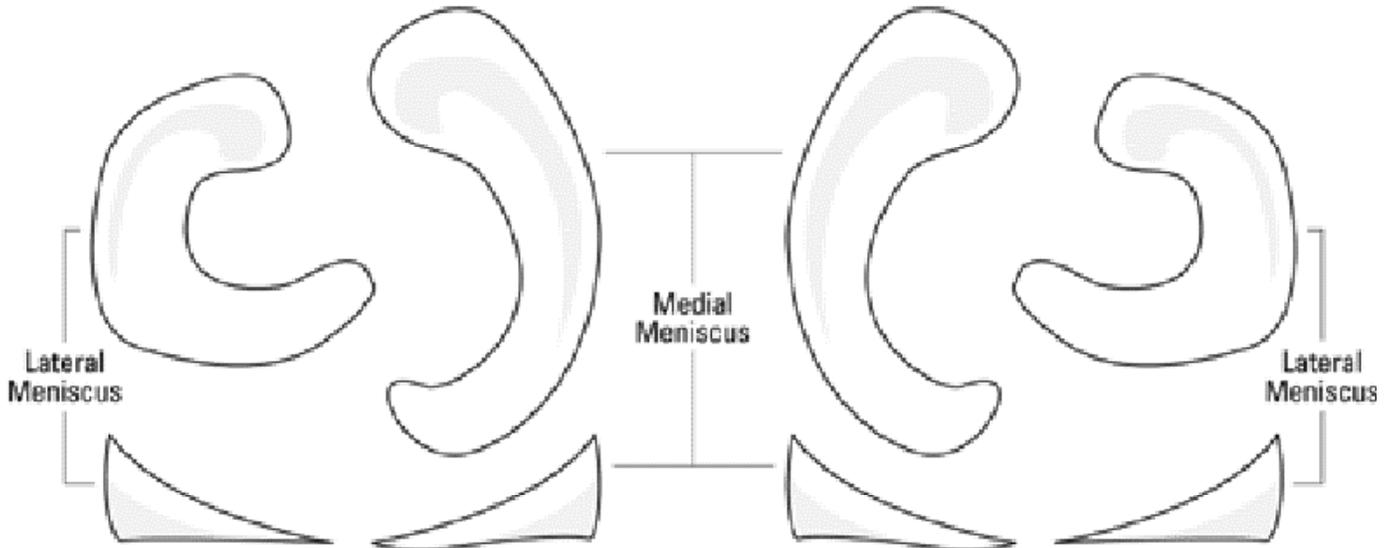
**MENISCUS STATUS:**

- Procedure:  medial meniscectomy       lateral meniscectomy  
 medial meniscal repair       lateral meniscus repair  
 medial meniscal transplant       lateral meniscal transplant  
 medial abrade & trephine       lateral abrade & trephine

**Right Knee**

**Left Knee**

Document tears of the menisci or meniscectomy on these figures



**Medial:**

- Normal       1/3 Removed       2/3 Removed       3/3 Removed
- Circumferential Hoop Fibers:     Intact       Disrupted
- Remaining Meniscal Tissue:     Normal       Degenerative changes  
 Stable tear     Unstable tear  
 Tear left in situ

**Lateral:**

- Normal       1/3 Removed       2/3 Removed       3/3 Removed
- Circumferential Hoop Fibers:     Intact       Disrupted
- Remaining Meniscal Tissue:     Normal       Degenerative changes  
 Stable tear     Unstable tear  
 Tear left in situ

**LIGAMENT STATUS:**

Procedure:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> ACL repair  | <input type="checkbox"/> Intraarticular ACL reconstruction | <input type="checkbox"/> Extraarticular ACL reconstruction           |
| <input type="checkbox"/> PCL repair  | <input type="checkbox"/> Intraarticular PCL reconstruction | <input type="checkbox"/> Posterolateral corner repair/reconstruction |
| <input type="checkbox"/> Medial collateral ligament repair/reconstruction  |  |  |
| <input type="checkbox"/> Lateral collateral ligament repair/reconstruction |  |  |

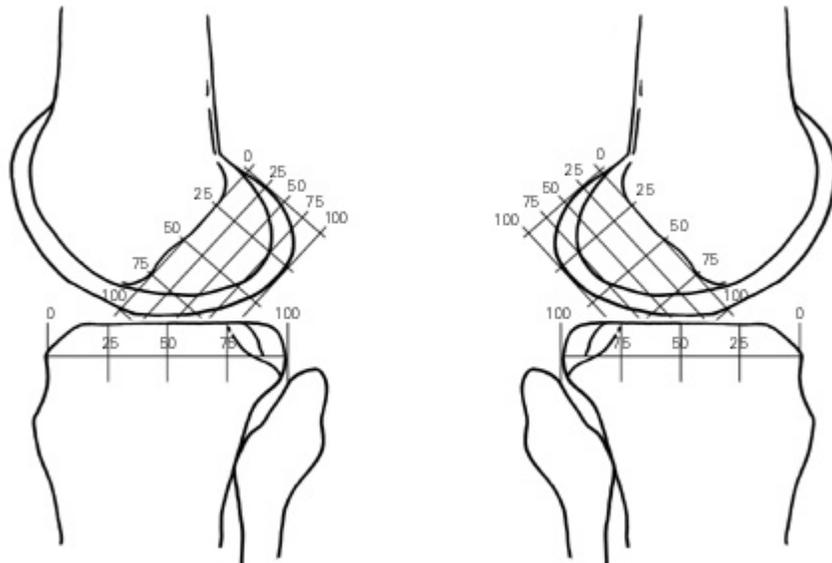
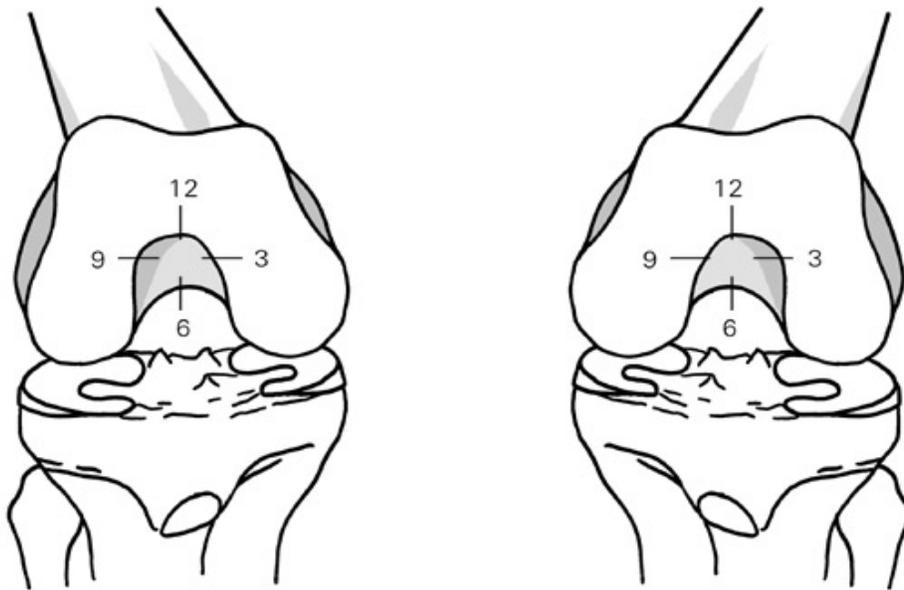
Graft:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Autologous patella tendon | <input type="checkbox"/> Hamstring tendons | <input type="checkbox"/> Quadriceps tendon |
| <input type="checkbox"/> Other _____               |  |  |

Previous Graft Harvest:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Autologous patella tendon | <input type="checkbox"/> Hamstring tendons | <input type="checkbox"/> Quadriceps tendon |
|--|--|--|

**Document drill hole placement for ligament reconstruction on these figures.**



**2000  
IKDC KNEE EXAMINATION FORM**

**Patient Name:** \_\_\_\_\_

**Date of Birth:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Day Month Year

**Gender:**  F  M

**Age:** \_\_\_\_\_

**Date of Examination:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Day Month Year

**Generalized Laxity:**  tight  normal  lax

**Alignment:**  obvious varus  normal  obvious valgus

**Patella Position:**  obvious baja  normal  obvious alta

**Patella Subluxation/Dislocation:**  centered  subluxable  subluxed  dislocated

**Range of Motion (Ext/Flex):**  
Index Side: passive \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ active \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Opposite Side: passive \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ active \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

	<b>SEVEN GROUPS</b>				<b>FOUR GRADES</b>				<b>*Group Grade</b>			
	<b>A</b> Normal	<b>B</b> Nearly Normal	<b>C</b> Abnormal	<b>D</b> Severely Abnormal	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>1. Effusion</b>	<input type="checkbox"/> None	<input type="checkbox"/> Mild	<input type="checkbox"/> Moderate	<input type="checkbox"/> Severe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<b>2. Passive Motion Deficit</b> ΔLack of extension ΔLack of flexion	<input type="checkbox"/> <3° <input type="checkbox"/> 0 to 5°	<input type="checkbox"/> 3 to 5° <input type="checkbox"/> 6 to 15°	<input type="checkbox"/> 6 to 10° <input type="checkbox"/> 16 to 25°	<input type="checkbox"/> >10° <input type="checkbox"/> >25°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<b>3. Ligament Examination</b> (manual, instrumented, x-ray) ΔLachman (25° flex) (134N)  ΔLachman (25° flex) manual max Anterior endpoint:  ΔTotal AP Translation (25° flex) ΔTotal AP Translation (70° flex) ΔPosterior Drawer Test (70° flex) ΔMed Joint Opening (20° flex/valgus rot) ΔLat Joint Opening (20° flex/varus rot) ΔExternal Rotation Test (30° flex prone) ΔExternal Rotation Test (90° flex prone) ΔPivot Shift ΔReverse Pivot Shift	<input type="checkbox"/> -1 to 2mm  <input type="checkbox"/> -1 to 2mm <input type="checkbox"/> firm  <input type="checkbox"/> 0 to 2mm <input type="checkbox"/> <5° <input type="checkbox"/> <5° <input type="checkbox"/> equal <input type="checkbox"/> equal	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm(1+) <input type="checkbox"/> <-1 to -3 <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 6 to 10° <input type="checkbox"/> 6 to 10° <input type="checkbox"/> glide <input type="checkbox"/> glide	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm(2+) <input type="checkbox"/> <-3 stiff <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> soft  <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> 11 to 19° <input type="checkbox"/> 11 to 19° <input type="checkbox"/> ++(clunk) <input type="checkbox"/> gross	<input type="checkbox"/> >10mm(3+) <input type="checkbox"/> >10mm <input type="checkbox"/> >10mm <input type="checkbox"/> >10mm <input type="checkbox"/> >10mm <input type="checkbox"/> >20° <input type="checkbox"/> >20° <input type="checkbox"/> +++(gross) <input type="checkbox"/> marked	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<b>4. Compartment Findings</b> ΔCrepitus Ant. Compartment ΔCrepitus Med. Compartment ΔCrepitus Lat. Compartment	<input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> mild pain <input type="checkbox"/> mild pain <input type="checkbox"/> mild pain	<input type="checkbox"/> >mild pain <input type="checkbox"/> >mild pain <input type="checkbox"/> >mild pain								
<b>5. Harvest Site Pathology</b>	<input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> mild	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> severe								
<b>6. X-ray Findings</b> Med. Joint Space Lat. Joint Space Patellofemoral Ant. Joint Space (sagittal) Post. Joint Space (sagittal)	<input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> mild <input type="checkbox"/> mild <input type="checkbox"/> mild <input type="checkbox"/> mild <input type="checkbox"/> mild	<input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> severe <input type="checkbox"/> severe <input type="checkbox"/> severe <input type="checkbox"/> severe <input type="checkbox"/> severe								
<b>7. Functional Test</b> One Leg Hop (% of opposite side)	<input type="checkbox"/> ≥90%	<input type="checkbox"/> 89 to 76%	<input type="checkbox"/> 75 to 50%	<input type="checkbox"/> <50%								
<b>**Final Evaluation</b>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

\* Group grade: The lowest grade within a group determines the group grade

\*\* Final evaluation: the worst group grade determines the final evaluation for acute and subacute patients. For chronic patients compare preoperative and postoperative evaluations. In a final evaluation only the first 3 groups are evaluated but all groups must be documented. Δ Difference in involved knee compared to normal or what is assumed to be normal.

## INSTRUCTIONS FOR THE 2000 IKDC KNEE EXAMINATION FORM

The Knee Examination Form contains items that fall into one of seven measurement domains. However, only the first three of these domains are graded. The seven domains assessed by the Knee Examination Form are:

### 1. *Effusion*

An effusion is assessed by ballotting the knee. A fluid wave (less than 25 cc) is graded mild, easily ballotteable fluid – moderate (25-60 cc), and a tense knee secondary to effusion (greater than 60 cc) is rated severe.

### 2. *Passive Motion Deficit*

Passive range of motion is measured with a goniometer and recorded on the form for the index side and opposite or normal side. Record values for zero point/hyperextension/flexion (e.g. 10 degrees of hyperextension, 150 degrees of flexion = 10/0/150; 10 degrees of flexion to 150 degrees of flexion = 0/10/150). Extension is compared to that of the normal knee.

### 3. *Ligament Examination*

The Lachman test, total AP translation at 70 degrees, and medial and lateral joint opening may be assessed with manual, instrumented or stress x-ray examination. Only one should be graded, preferably a "measured displacement". A force of 134 N (30 lbs) and the maximum manual are recorded in instrumented examination of both knees. Only the measured displacement at the standard force of 134 N is used for grading. The numerical values for the side to side difference are rounded off, and the appropriate box is marked.

The end point is assessed in the Lachman test. The end point affects the grading when the index knee has 3-5 mm more anterior laxity than the normal knee. In this case, a soft end point results in an abnormal grade rather than a nearly normal grade.

The 70-degree posterior sag is estimated by comparing the profile of the injured knee to the normal knee and palpating the medial femoral tibial stepoff. It may be confirmed by noting that contraction of the quadriceps pulls the tibia anteriorly.

The external rotation tests are performed with the patient prone and the knee flexed 30° and 70°. Equal external rotational torque is applied to both feet and the degree of external rotation is recorded.

The pivot shift and reverse pivot shift are performed with the patient supine, with the hip in 10-20 degrees of abduction and the tibia in neutral rotation using either the Losee, Noyes, or Jakob techniques. The greatest subluxation, compared to the normal knee, should be recorded.

### 4. *Compartment Findings*

Patellofemoral crepitation is elicited by extension against slight resistance. Medial and lateral compartment crepitation is elicited by extending the knee from a flexed position with a varus stress and then a valgus stress (i.e., McMurray test). Grading is based on intensity and pain.

### 5. *Harvest Site Pathology*

Note tenderness, irritation or numbness at the autograft harvest site.

### 6. *X-ray Findings*

A bilateral, double leg PA weightbearing roentgenogram at 35-45 degrees of flexion (tunnel view) is used to evaluate narrowing of the medial and lateral joint spaces. The Merchant view at 45 degrees is used to document patellofemoral narrowing. A mild grade indicates minimal changes (i.e., small osteophytes, slight sclerosis or flattening of the femoral condyle) and narrowing of the joint space which is just detectable. A moderate grade may have those changes and joint space narrowing (e.g., a joint space of 2-4 mm side or up to 50% joint space narrowing). Severe changes include a joint space of less than 2 mm or greater than 50% joint space narrowing.

### 7. *Functional Test*

The patient is asked to perform a one leg hop for distance on the index and normal side. Three trials for each leg are recorded and averaged. A ratio of the index to normal knee is calculated.