

Mise au point

## Laisser pédiculés les tendons des ischiojambiers lors d'une reconstruction du LCA par autogreffe : revue systématique de la littérature<sup>☆</sup>

Preserving the hamstring tendon insertion during ACL reconstruction with an autograft: Systematic literature review  
Thibaut Noailles<sup>a, \*</sup>, Cécile Toanen<sup>b</sup>, Loïc Geffroy<sup>c</sup>, Ronny Lopes<sup>c</sup>, Alexandre Hardy<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Département de chirurgie orthopédique, polyclinique de Bordeaux Nord, 15/35 rue Claude Boucher, 33000 Bordeaux, France

<sup>b</sup> Service de chirurgie orthopédique, CHD Vendée, boulevard Stéphane Moreau, 85925 La Roche-sur-Yon, France

<sup>c</sup> Département de chirurgie orthopédique, polyclinique de l'Atlantique, avenue Claude Bernard, 44819 Saint Herblain cedex, France

<sup>d</sup> Clinique du sport Paris V, 36, boulevard Saint-Marcel, 75005 Paris, France

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 17 January 2022

Accepted 14 December 2022

#### Mots clés:

Insertion tibiale  
Ischiojambiers  
Autogreffe  
Pédiculés  
Reconstruction du LCA

### ABSTRACT

**Introduction:** Les tendons des ischiojambiers (droit interne et demi tendineux DIDT) sont utilisés de façon fréquente comme autogreffe dans la reconstruction du ligament croisé antérieur (rLCA). La cicatrisation de la greffe passe par un lent processus biologique de ligamentisation. Dans le but de favoriser ce processus certains auteurs ont proposé de laisser pédiculés les tendons DIDT.

**Hypothèse:** Laisser les tendons des ischiojambiers pédiculés à leur insertion tibiale permet une meilleure incorporation biologique initiale et une fixation mécanique tibiale supplémentaire avec des avantages cliniques.

**Matériel et méthodes:** En janvier 2022, une revue systématique de littérature a été réalisée par deux auteurs indépendants dans les moteurs de recherche Medline, Pubmed et Embase. Les mots clés étaient « *pedicular* » or « *pedicled* » or « *preservation of tibial attachment* » or « *hamstring tibial insertion* » et « *ACL reconstruction* ». L'analyse des données a été faite séparément.

**Résultats:** Seize articles ont été analysés. Laisser les tendons des ischiojambiers pédiculés dans la reconstruction du LCA améliorait l'incorporation biologique dans la phase postopératoire initiale selon les études cliniques avec analyse IRM et fournissait un avantage mécanique pour la fixation de la greffe au tibia selon les études biomécaniques (montage jusqu'à 65 % plus rigide). Il n'y avait pas de différence sur les scores cliniques et fonctionnels avec une technique où les tendons DIDT sont détachés de leurs insertions tibiales.

**Discussion:** La principale conclusion de cette revue systématique de littérature était que la préservation de l'insertion tibiale des ischiojambiers dans la reconstruction du LCA semblait améliorer la ligamentisation de la greffe avec des avantages biologiques et mécaniques (montage jusqu'à 65 % plus solide) par rapport au détachement des tendons. Les résultats cliniques et fonctionnels étaient comparables aux autres techniques. Des études prospectives avec large cohorte seront nécessaires.

**Niveau de preuve:** IV ; Revue systématique de la littérature.

© 20XX

## 1. Introduction

La reconstruction du ligament croisé antérieur (rLCA) est une intervention fréquente [1] dont les résultats fonctionnels rapportés sont perfectibles [2,3]. Elle peut se réaliser à l'aide d'une autogreffe afin de favoriser la ligamentisation (ou incorporation biologique) initiale [4,5]. Les transplants le plus fréquemment utilisés sont les tendons des ischiojambiers, droit interne et demi tendineux (DIDT) prélevés en regard de leurs insertions tibiales distales [6,7]. Dans la littérature, les résultats fonctionnels semblent comparables quelle que soit la greffe utilisée [3, 8–10]. Le prélèvement des ischiojambiers est plus aisé avec une morbidité moindre du site de prélèvement par rapport au tendon rotulien [11,12] et leur utilisation permet une adaptabilité selon la technique

opératoire désirée (DIDT, greffe courte par DT4 [13], greffe combinée LCA + LAL (ligament antéro-latéral) par DIDT [14,15]). Cependant, le taux d'échec rapporté après reconstruction du LCA avec greffe aux ischiojambiers semble plus élevé qu'au tendon rotulien [16,17] mais, identique au tendon quadricepsal [9,10].

Les tendons des ischiojambiers sont laissés attachés à leurs insertions tibiales par certains auteurs [18–21]. Comme lors de la préservation du résidu ligamentaire [22,23], l'objectif est de maintenir un apport vasculaire sur une greffe qui reste pédiculée [24]. Par ailleurs, la fixation tibiale de la greffe est une zone de faiblesse du montage de la ligamentoplastie [25]. Préserver l'insertion tibiale des tendons permet de réaliser une double fixation tibiale : fixation tendineuse biologique [26] et fixation par vis d'interférence [27]. Enfin, sur un plan pratique,

<sup>☆</sup> Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

\* Auteur correspondant.

E-mail address: [noaillesthibaut@yahoo.fr](mailto:noaillesthibaut@yahoo.fr) (T. Noailles).



préservé l'insertion tibiale permet d'éviter la chute accidentelle de la greffe et de limiter les manipulations lors de sa préparation en plusieurs brins [28].

Les avantages de cette technique ont été décrit notamment en 2015 dans une revue de littérature [19] mais, les impacts cliniques, fonctionnels et laximétriques n'étaient alors pas clairement définis. L'objectif de cette revue systématique de la littérature était de répondre à la question suivante : laisser pédiculés les tendons des ischiojambiers lors d'une reconstruction du LCA est-il biologiquement, cliniquement, radiologiquement et biomécaniquement intéressant et pertinent ? L'hypothèse était que cette technique présenterait un intérêt biologique, clinique, radiologique et biomécanique.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Stratégie de recherche

La structure de cette revue suivait les recommandations concernant les revues systématiques de la littérature et méta-analyses [29,30]. Les objectifs, méthodes d'analyse et critères d'inclusion ont été déterminés en amont du recueil des données, en respectant les recommandations PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis*). En janvier 2022, une recherche bibliographique dans les bases PubMed, Medline, CINAHL, Cochrane et Embase a été réalisée. Les mots clés MeSH étaient « *pedicled* » ou « *pedicular* » ou « *preservation of tibial attachment* » ou « *hamstring tibial insertion* » et « *ACL reconstruction* », respectivement recherche 1 R1, recherche 2 R2, recherche 3 R3 et recherche 4 R4.

Une première sélection des études sur titre et résumé était réalisée par deux observateurs (TN, AH) de manière indépendante. En cas de désaccord sur la sélection d'un article, un consensus était trouvé après concertation entre les deux auteurs. Une seconde sélection a été faite

lors de l'analyse du texte intégral et des références bibliographiques de chaque article sélectionné afin de vérifier qu'aucun article sur le sujet n'avait été oublié. Les études sélectionnées étaient : (1) sans limite de temps par rapport à la date de publication, (2) écrites en anglais ou en français (3), avec un résumé disponible en ligne.

### 2.2. Critères d'inclusion

Étaient inclus tous les articles qui rapportaient des données histologiques, biologiques, mécaniques, techniques, radiologiques et fonctionnels d'une insertion tibiale des ischiojambiers préservée dans la reconstruction du LCA, y compris les études anatomiques, biomécaniques et cliniques (séries et études comparatives).

### 2.3. Critères d'exclusion

Les notes techniques et les revues systématiques ont été exclus de l'analyse.

### 2.4. Sélection des articles

La stratégie de recherche (Fig. 1) a permis de retrouver 33 articles puis de sélectionner sur le titre et le résumé 9 articles grâce aux mots clés lors des trois recherches R1, R2 et R3. La recherche R4 a permis de retrouver 132 références et de sélectionner 5 articles. Quatre articles étaient communs à une ou plusieurs recherches. Dix articles ont été rajoutés après analyse des références de tous les articles sélectionnés. Vingt-quatre articles ont été retenus (9 + 5 + 10). Quatre notes techniques [18,20,31,32] et une revue de la littérature [19] ont été exclus. Trois autres articles ont été exclus car il n'apportait pas de nouvelles données concernant l'hypothèse de notre revue systématique de littérature [24,33,34].

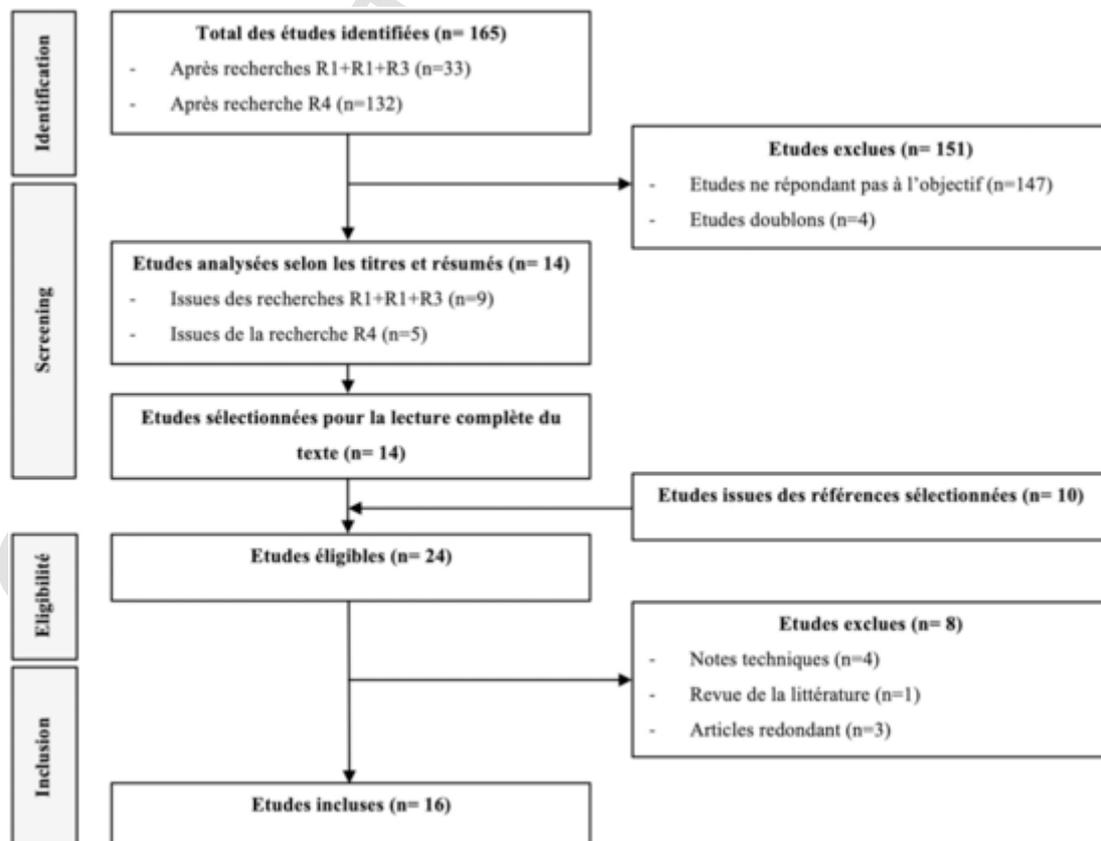


Fig. 1. Diagramme de flux selon la Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA).

Au final, 16 articles ont été inclus pour l'analyse finale (Tableau 1).

L'ensemble des résultats cliniques rapportés dans les articles sélectionnés pour l'analyse étaient exprimés sous forme de scores spécifiques de genou et de mesures laximétriques validés par la littérature. Les scores utilisés étaient les scores fonctionnels subjectifs de Lysholm, Tegner, International knee documentation committee (IKDC), Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) et Western Ontario and McMaster universities osteoarthritis index (WOMAC). La laxité résiduelle postopératoire était mesurée par le KT-1000® permettant une mesure objective de la laxité différentielle entre le genou sain et le genou opéré exprimé en millimètres (mm) [48].

### 3. Résultats

Aspects techniques et faisabilité : Lang [47] rapportait 97 % de succès dans la réalisation d'un DIDT pédiculé. Les 3 % d'échec étaient liés à un défaut de longueur du tendon rendant nécessaire le détacher de son insertion tibiale. Les temps opératoires des deux techniques apparaissaient similaires.

Aspects biologiques et ligamentisation : Papachristou [35] rapportait chez le lapin la disparition de la phase de nécrose avasculaire en laissant les ischio jambiers pédiculés. Ce résultat a ensuite été confirmé par Lui [36] en décrivant également une apparition plus précoce des fibres de Sharpey à l'interface tendon os.

Analyse clinique : la littérature rapportait des résultats cliniques et laximétriques comparables aux techniques standard sans augmentation du taux de complications [21,38,42–45]. Ces résultats étaient confirmés en cas de reprise chirurgicale dans la série rétrospective de Favreau [41].

Aspect Imagerie par résonance magnétique (IRM) : l'aspect IRM de la greffe était corrélé aux scores clinique en postopératoire [39,40]. Une maturation et une intégration osseuse au niveau des tunnels plus rapides de la greffe pédiculée lors des deux premières années postopératoire étaient retrouvés [42,43,45,46].

Aspects biomécaniques : sur 10 genoux cadavériques, Bahlau [27] retrouvait une résistance à la rupture de la greffe DIDT 33 % plus importante en cas de tendons laissés pédiculés sans vis d'interférence versus tendons détachés et fixés avec une vis d'interférence. L'ajout d'une vis d'interférence permet d'augmenter de 25 % cette résistance avec les tendons pédiculés. Cela était partagé par Santos [37] en termes de force, élongation, tension et rigidité, puis confirmée sur un modèle lapin [36].

Sinha [26] confirmait cliniquement avec 79 reconstructions du LCA de type DIDT où l'insertion native des tendons était la seule fixation tibiale. À deux ans de recul, les résultats fonctionnels étaient satisfaisants. Aucune rupture itérative ni laxité pathologique (laxité différentielle au KT-1000® : 0,13 mm) n'étaient rapportées.

### 4. Discussion

La reconstruction du LCA avec ischiojambiers laissés pédiculés au tibia a un intérêt biologique et mécanique sans complication spécifique. Il s'agissait d'une étude originale menée selon les principes de rédaction scientifique d'une revue systématique de la littérature avec de nouvelles données par rapport à celles rapportées en 2015 par Ruffilli [19]. Elle présente cependant plusieurs limites : critères de sélection larges, types d'études hétérogènes avec de nombreux biais et peu d'études prospectives randomisées [42–46].

En France, l'autogreffe est la greffe la plus utilisée en cas de reconstruction du LCA. Une alternative possible est l'allogreffe qui permet de diminuer la morbidité du prélèvement et les douleurs postopératoires [49,50] mais, avec des taux de re-rupture plus élevés [5,7,51].

Pour une meilleure ligamentisation dans la phase postopératoire immédiate, certains auteurs préconisent de préserver le résidu ligamentaire [52,53] et de laisser les tendons pédiculés à leur insertion tibiale

[24]. En 1997, Kim [31] était le premier à reconstruire le LCA à l'aide des tendons DIDT en préservant leurs insertions tibiales. Depuis, cette technique a été régulièrement utilisée en première intention [19] et en cas de reprise chirurgicale [41]. La phase de ligamentisation peut durer jusqu'à trois ans [54] et se caractérise sur le plan histologique par une nécrose avasculaire de la greffe dans les trois premiers mois, une hypocellularité et une réorganisation chaotique des fibres de collagène [55,56]. Une vascularisation riche en provenance de l'artère géniculée inféro-médiale était retrouvée à l'insertion tibiale distale des ischiojambiers. Cette vascularisation diminue le long du tendon. En regard de cette insertion, des mécanorécepteurs sont présents, de type corpuscules de Ruffini et Pacini, similaires à ceux retrouvés dans le LCA natif [57]. Le fait de préserver l'insertion tibiale des tendons permet d'éviter la phase de nécrose avasculaire initiale et d'observer de meilleurs scores histologiques à l'interface os/tendon ce qui améliore la ligamentisation de la greffe et sa tenue biomécanique [35,36]. Aucun signe de nécrose ou d'hypocellularité n'était mis en évidence lors des différentes étapes de maturation de la greffe contrairement au groupe avec tendons détachés dans ces études.

Cela se confirme sur les études IRM, où la maturation des greffes laissées pédiculées est meilleure à la fois au niveau du tunnel tibial [40,44,46] et au niveau de la greffe intra-articulaire [42–44,46]. Cette maturation évolue dans les deux premières années postopératoires puis se stabilise [42,44], avec un aspect de la greffe comparable entre les groupes avec tendons pédiculés et détachés à 2 [43] et à 5 ans [44] postopératoires. En cas de mauvais résultats cliniques, la greffe était non visible ou non continue, avec des signaux d'intensité hétérogène et des formations kystiques intra-ligamentaire dans les tunnels [39]. Mais, cette corrélation entre résultats cliniques et maturation de la greffe à l'IRM n'est pas retrouvée par l'ensemble des auteurs [46].

Les résultats cliniques et de laximétriques à plus de deux ans de recul d'une reconstruction du LCA avec DIDT laissés pédiculés [21,26,38] sont comparables aux reconstructions avec DIDT détachés [43,44], aux reconstructions avec autogreffe os-tendon-os [45].

Sur le plan chirurgical, laisser les tendons pédiculés est validé dans la littérature, en première intention [19] ou cas de reprise [41], avec nécessité de détacher les tendons dans seulement 3 % des cas [47]. Cette technique permet une double fixation tibiale ce qui permet une meilleure tenue mécanique primaire [27,37] et d'éviter une chute accidentelle du transplant.

### 5. Conclusion

Laisser les tendons des ischiojambiers pédiculés au tibia lors d'une reconstruction du LCA permet d'éviter la phase de nécrose avasculaire initiale pour une meilleure ligamentisation, d'augmenter la résistance mécanique à la traction par une deuxième fixation tibiale et d'assurer une maturation plus rapide de la greffe et stable dans le temps sur les IRM de contrôle. Les résultats cliniques et fonctionnels sont comparables aux autres techniques décrites dans la littérature avec une faisabilité excellente (97 %).

### Déclaration de liens d'intérêts

TN : Consultant chez Arthrex et Parcus Veodis.  
 RL : Consultant chez Arthrex, Développement Consulting chez Serf, Implant Services Orthopédie et Orthonov.  
 AH : Webmaster de l'OTSR.  
 CT et LG : déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

### Financement

Aucun.

**Tableau 1**  
Articles sélectionnés pour l'analyse finale de la revue de littérature.

Auteurs Année de publication	Type d'étude	Effectif	Recul moyen (Mois)	Critères de jugement	Résultats principaux
Papachristou et al. [35] 2007	Étude animale Prospective Comparative	39 (lapins) – 30 pédiculés – 9 détachés	3	À 3, 6, 12 semaines : – Évolution histologique du transplant	– Disparition de la phase de nécrose avasculaire à 3 semaines – Architecture et cellularité préservée à 12 semaines
Liu et al. [36] 2018	Étude animale Prospective Comparative Randomisée	64 (lapins) : – 32 pédiculés – 32 détachés	6	À 3, 6, 12, 24 semaines : – Évolution histologique du transplant – Ostéointégration – Résistance biomécanique – Laxité	– Disparition de la phase de nécrose avasculaire à 3 et 6 semaines – Apparition plus précoce de fibre de Sharpey (3 versus 12 semaines) – Meilleure intégration dans le tunnel tibial à 6, 12 et 24 semaines <sup>d</sup> – Moins d'élargissement du tunnel tibial à 6 semaines <sup>d</sup> – Meilleure résistance biomécanique à 12 et 24 semaines <sup>d</sup> – Meilleure contrôle de la laxité à 24 semaines <sup>d</sup>
Bahlau [27] 2019	Étude cadavérique Comparative	10 (cadavres) : – 5 pédiculés sans vis – 5 pédiculés avec vis – 5 détachés avec vis <sup>b</sup>	0	– Charge à la rupture	– Charge à la rupture 33 % supérieure (pédiculés sans vis versus détachés) (ns) – Charge à la rupture 25 % supérieure (pédiculés avec vis versus pédiculés sans vis) (ns) – Charge à la rupture 65 % supérieure (pédiculés avec vis versus détachés) <sup>d</sup>
Santos et al. [37] 2020	Étude cadavérique Comparative	23 (cadavres) : – 11 pédiculés sans vis – 12 détachés avec vis	0	– Résistance biomécanique	– Fixation native plus performante (force, élongation, tension, rigidité) <sup>d</sup>
Ali et al. [38] 2006	Observationnelle Rétrospective	74 patients	64	– Score Lysholm – Score Tegner – KT-1000	– Lysholm = 79,2 ± x – Tegner = 5,9 ± x – <sup>a</sup> laxité = 1,43mm ± 3,86
Buda et al. [39] 2008	Observationnelle Prospective	28 patients	25,8	– Score IKDC – IRM	– IRM entre 15 et 40 mois : 80 % Howell stade 1 – Corrélation positive entre aspect de la greffe et résultats fonctionnels <sup>d</sup>
Sinha et al. [26] 2018	Observationnelle Prospective	79 patients	24	– Score Lysholm – Score Tegner – KT-1000	– Lysholm = 96,8 ± 2,4 – Tegner = 5,87 ± 0,67 – <sup>a</sup> laxité = 0,13mm ± x
Bahlau et al. [21] 2019	Observationnelle Prospective	21 patients	30	– Score Lysholm – Score IKDC – KT-1000 – Test isocinétique	– Lysholm = 95 ± 8 – IKDC = 91 ± x – <sup>a</sup> laxité = 2mm ± 1,2 – Test isocinétique à 12 mois : déficit quadriceps = 16 %, déficit ischiojambiers = 12 %
Gupta et al. [40] 2021	Observationnelle Prospective	25 patients	14	– Score Lysholm – Score Tegner – IRM	– IRM à 8 et 14 mois : Intégration plus rapide de la greffe au tibia par rapport au fémur (évaluée par intensité de signal à l'interface os/tendon) <sup>d</sup> – Corrélation positive entre intégration de la greffe et résultats fonctionnels <sup>d</sup>
Favreau et al. [41] 2020	Observationnelle Rétrospective	14 patients (Rupture itérative)	45	– Score Lysholm – Score IKDC – Score Tegner – KT-1000	– Lysholm = 91,8 ± x – IKDC = 85,5 ± x – Tegner = 5,5 ± x – <sup>a</sup> laxité = 2,5mm ± x
Ruffilli et al. [42] 2016	Observationnelle Prospective Comparative Randomisée	40 patients : – 20 pédiculés <sup>c</sup> – 20 détachés	24	– Score IKDC – Score Tegner – IRM	– IKDC <sup>c</sup> = 91,6 ± x (ns) – Tegner <sup>c</sup> = 6,4 ± x (ns) – IRM à 6 mois : Meilleur ligamentisation (évaluée par intensité de signal intra-articulaire) <sup>d</sup> Intégration comparable (évaluée par absence de liquide synovial à l'interface os/tendon)
Liu et al. [43] 2018	Observationnelle Prospective Comparative Randomisée	37 patients : – 18 pédiculés <sup>c</sup> – 19 détachés	24	– Score Lysholm – Score IKDC – Score Tegner – KT-1000 – IRM	– Lysholm <sup>c</sup> = 88,9 ± 4,6 (ns) – IKDC <sup>c</sup> = 88,4 ± 4,6 (ns) – Tegner <sup>c</sup> = 5,9 ± 0,9 (ns) – <sup>a</sup> laxité <sup>c</sup> = 1,4 ± 0,8 (ns) – IRM à 6 et 12 mois : Meilleur ligamentisation (évaluée par SNQ intra-articulaire) <sup>d</sup> – IRM à 2 ans : SNQ comparables en intra-articulaire (ns)

(continued on next page)

Tableau 1 (continued)

Auteurs Année de publication	Type d'étude	Effectif	Recul moyen (Mois)	Critères de jugement	Résultats principaux
Zhang et al. [44] 2020	Observationnelle Prospective Comparative Randomisée	37 patients : – 18 pédiculés <sup>c</sup> – 19 détachés	60	– Score Lysholm – Score IKDC – Score Tegner – KT-1000 – IRM	– Lysholm <sup>c</sup> = 87,3 ± 6,6 (ns) – IKDC <sup>c</sup> = 86,4 ± 6,2 (ns) – Tegner <sup>c</sup> = 5,8 ± 0,7 (ns) – <sup>a</sup> laxité <sup>c</sup> = 1,4 ± 1 (ns) – IRM à 6 et 12 mois : Meilleur ligamentisation (évaluée par SNQ en intra-articulaire et dans les tunnels tibial et fémoral) <sup>d</sup> – IRM à 5 ans : SNQ comparables en intra-articulaire et dans les tunnels tibial et fémoral (ns)
Gupta et al. [45] 2020	Observationnelle Prospective Comparative Randomisée	160 patients : – 80 pédiculés <sup>c</sup> – 80 os-tendon-os	24	– Score Lysholm – Score WOMAC – KT-1000	– Lysholm <sup>c</sup> = 96,1 ± 5,81 (ns) – WOMAC <sup>c</sup> = 3,3 ± 2,76 (ns) – <sup>a</sup> laxité <sup>c</sup> = 2,23mm ± 1,6 (ns)
Grassi et al. [46] 2021	Observationnelle Prospective Comparative Randomisée	20 patients : – 10 pédiculés <sup>c</sup> – 10 détachés	18	– Score KOOS – KT-1000 – IRM	– IRM à 18 mois <sup>c</sup> : 80 % Howell stade 1 – IMR à 4 et 18 mois : SNQ comparables en intra-articulaire (ns) Moins d'œdème dans la greffe (évaluée par présence de liquide dans la greffe) <sup>d</sup> Meilleur SNQ dans le tunnel tibial <sup>d</sup> Moins d'élargissement du tunnel tibial <sup>d</sup> – Résultats fonctionnels et laximétriques comparables entre les deux groupes (ns) – Pas de corrélation entre aspect de la greffe et résultats fonctionnels (ns)
Lang et al. [47] 2022	Observationnelle Prospective Comparative Consécutives	120 patients : – 60 pédiculés <sup>c</sup> – 60 détachés	0	– Temps opératoire – Complications	– Temps opératoire <sup>c</sup> = 30,8min ± 2,8 (ns) – Complication <sup>c</sup> = 3,3 % de conversion en technique classique (détachement DIDD)

Les valeurs numériques des résultats principaux sont exprimées en moyenne ± déviation standard.

ns : pas de différence significative ; IKDC : International Knee Documentation Committee ; WOMAC : Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index ; KOOS : Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

<sup>a</sup> différentiel entre genou sain et genou opéré.

<sup>b</sup> issu du premier groupe.

<sup>c</sup> groupe ischiojambiers laissés pédiculés.

<sup>d</sup> différence significative avec  $p < 0,05$ .

## Contributions des auteurs

Sélection des articles : TN et AH.

Écriture du manuscrit : TN.

Correction du manuscrit : TH, AH, LG et RL.

Correction du reviewing : CT, AH et TN.

## Références

- Anderson M.J, Browning W.M, Urbani C.E, Kluczynski M.A, Bisson L.J. A Systematic summary of systematic reviews on the topic of the anterior cruciate ligament. *Orthop J Sports Med* 2016;4. <https://doi.org/10.1177/2325967116634074>. 2325967116634074.
- Rousseau R, Labryere C, Kajetanek C, Deschamps O, Makridis K.G, Djian P. Complications after anterior cruciate ligament reconstruction and their relation to the type of graft: a prospective study of 958 cases. *Am J Sports Med* 2019;47:2543–9. <https://doi.org/10.1177/0363546519867913>.
- Randsborg P.-H, Cepeda N, Adamec D, Rodeo S.A, Ranawat A, Pearle A.D. Patient-reported outcome, return to sport and revision rates 7-9 years after anterior cruciate ligament reconstruction: results from a cohort of 2042 patients. *Am J Sports Med* 2022;50:423–32. <https://doi.org/10.1177/03635465211060333>.
- Prodromos C, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of stability of autografts compared to allografts after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol* 2007;15:851–6. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0328-6>.
- Zeng C, Gao S, Li H, Yang T, Luo W, Li Y, et al. Autograft versus allograft in anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials and systematic review of overlapping systematic reviews. *Arthrosc J Arthrosc* 2016;32:153–163.e18. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2015.07.027>.
- Arnold M.P, Calcei J.G, Vogel N, Magnusson R.A, Clatworthy M, Spalding T, et al. ACL Study Group survey reveals the evolution of anterior cruciate ligament reconstruction graft choice over the past three decades. *Knee Surg Sports Traumatol* 2021;29:3871–6. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06443-9>.
- Musahl V, Engler I.D, Nazzal E.M, Dalton J.F, Lucidi G.A, Hughes J.D, et al. Current trends in the anterior cruciate ligament part II: evaluation, surgical technique, prevention, and rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol* 2022;30:34–51. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06825-z>.
- Spindler K.P, Kuhn J.E, Freedman K.B, Matthews C.E, Dittus R.S, Harrell F.E. Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med* 2004;32:1986–95. <https://doi.org/10.1177/0363546504271211>.
- Mouarbes D, Menetrey J, Marot V, Courtot L, Berard E, Cavaignac E. Anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone-patellar tendon-bone and hamstring-tendon autografts. *Am J Sports Med* 2019;47:3531–40. <https://doi.org/10.1177/0363546518825340>.
- Dai W, Leng X, Wang J, Cheng J, Hu X, Ao Y. Quadriceps tendon autograft versus bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 2021. <https://doi.org/10.1177/03635465211030259>. 3635465211030259.
- Biau D.J, Tournoux C, Katsahian S, Schranz P.J, Nizard R.S. Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis. *BMJ* 2006;332:995–1001. <https://doi.org/10.1136/bmj.38784.384109.2F>.
- Hardy A, Casabianca L, Andrieu K, Baverel L, Noailles T, Junior French Arthroscopy Society. Complications following harvesting of patellar tendon or hamstring tendon grafts for anterior cruciate ligament reconstruction: systematic review of literature. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2017;103:S245–8. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.09.002>.
- Colombet P, Graveleau N. An anterior cruciate ligament reconstruction technique with 4-strand semitendinosus grafts. using outside-in tibial tunnel drilling and suspensory fixation devices. *Arthrosc Tech* 2015;4:e507–11. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2015.05.014>.
- Saithna A, Thanaat M, Delaloye J.R, Ouanezar H, Fayard J.M, Sonnery-Cottet B. Combined ACL and anterolateral ligament reconstruction. *JBSJ Essent Surg Tech* 2018;8:e2. <https://doi.org/10.2106/JBJS.ST.17.00045>.
- Sonnery-Cottet B, Dagggett M, Helito C.P, Fayard J.-M, Thanaat M. Combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction. *Arthrosc Tech* 2016;5:e1253–9. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2016.08.003>.

- [16] Gifstad T, Foss O.A, Engebretsen L, Lind M, Forssblad M, Albrektsen G, et al. Lower risk of revision with patellar tendon autografts compared with hamstring autografts: a registry study based on 45,998 primary ACL reconstructions in Scandinavia. *Am J Sports Med* 2014;42:2319–28. <https://doi.org/10.1177/0363546514548164>.
- [17] Samuelsen B.T, Webster K.E, Johnson N.R, Hewett T.E, Krych A.J. Hamstring autograft versus patellar tendon autograft for acl reconstruction: is there a difference in graft failure rate? A meta-analysis of 47,613 patients. *Clin Orthop* 2017;475:2459–68. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5278-9>.
- [18] Zaffagnini S, Marcheggiani Muccioli G.M, Bonanzinga T, Nitri M, Grassi A, Marcacci M. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction leaving hamstrings tibial insertion intact: technical note. *Musculoskelet Surg* 2013;97:39–43. <https://doi.org/10.1007/s12306-012-0230-3>.
- [19] Ruffilli A, Traina F, Evangelisti G, Borghi R, Perna F, Faldini C. Preservation of hamstring tibial insertion in anterior cruciate ligament reconstruction: a review of the current literature. *Musculoskelet Surg* 2015;99:87–92. <https://doi.org/10.1007/s12306-015-0346-3>.
- [20] Gupta R, Bahadur R, Malhotra A, Masih G.D, Gupta P. Anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autograft with preserved insertions. *Arthrosc Tech* 2016;5:e269–74. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2015.12.007>.
- [21] Bahlau D, Favreau H, Eichler D, Lustig S, Bonnomet F, Ehlinger M. Clinical, functional, and isokinetic study of a prospective series of anterior cruciate ligament ligamentoplasty with pedicular hamstrings. *Int Orthop* 2019;43:2557–62. <https://doi.org/10.1007/s00264-019-04392-0>.
- [22] Takahashi T, Kimura M, Hagiwara K, Ohsawa T, Takeshita K. The effect of remnant tissue preservation in anatomic double-bundle acl reconstruction on knee stability and graft maturation. *J Knee Surg* 2019;32:565–76. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1660513>.
- [23] Takazawa Y, Ikeda H, Kawasaki T, Ishijima M, Kubota M, Saita Y, et al. ACL reconstruction preserving the acl remnant achieves good clinical outcomes and can reduce subsequent graft rupture. *Orthop J Sports Med* 2013;1. <https://doi.org/10.1177/2325967113505076>. 2325967113505076.
- [24] Löcherbach C, Zayni R, Chambat P, Sonnery-Cottet B. Biologically enhanced ACL reconstruction. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2010;96:810–5. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.06.007>.
- [25] Hill P.F, Russell V.J, Salmon L.J, Pinczewski L.A. The influence of supplementary tibial fixation on laxity measurements after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons in female patients. *Am J Sports Med* 2005;33:94–101. <https://doi.org/10.1177/0363546504268036>.
- [26] Sinha S, Naik A.K, Maheshwari M, Sandanshiv S, Meena D, Arya R.K. Anterior cruciate ligament reconstruction with tibial attachment preserving hamstring graft without implant on tibial side. *Indian J Orthop* 2018;52:170–6. [https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho\\_85\\_17](https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_85_17).
- [27] Bahlau D, Clavert P, Favreau H, Ollivier M, Lustig S, Bonnomet F, et al. Mechanical advantage of preserving the hamstring tibial insertion for anterior cruciate ligament reconstruction - A cadaver study. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2019;105:89–93. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.11.014>.
- [28] Shen X, Qin Y, Zuo J, Liu T, Xiao J. Comparison of the sterilization efficiency of 3 disinfectants for dropped anterior cruciate ligament grafts: a systematic review and meta-analysis. *Orthop J Sports Med* 2021;9. <https://doi.org/10.1177/23259671211002873>. 23259671211002870.
- [29] Wright R.W, Brand R.A, Dunn W, Spindler K.P. How to write a systematic review. *Clin Orthop* 2007;455:23–9. <https://doi.org/10.1097/BL0.0b013e31802c9098>.
- [30] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman D.G, Group PRISMA. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009;6:e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- [31] Kim S.J, Kim H.K, Lee Y.T. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous hamstring tendon graft without detachment of the tibial insertion. *Arthrosc J* 1997;13:656–60. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(97\)90198-5](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(97)90198-5).
- [32] Buda R, Ruffilli A, Vannini F, Parma A, Giannini S. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using distally inserted doubled hamstrings tendons. *Orthopedics* 2013;36:449–53. <https://doi.org/10.3928/01477447-20130523-04>.
- [33] Zhang Q, Yang Y, Li J, Zhang H, Fu Y, Wang Y. Functional double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autografts with preserved insertions is an effective treatment for tibiofemoral instability. *Knee Surg Sports Traumatol* 2019;27:3471–80. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05401-w>.
- [34] Natali S, Buda R, Giuriati L, Pagliuzzi G, Baldassarri M, Calderoni E. Anatomic ACL reconstruction using distally inserted double hamstring tendons: surgical techniques and result. *J Orthop* 2013;5:147–51.
- [35] Papachristou G, Nikolaou V, Efsthopoulos N, Sourlas J, Lazaretos J, Frangia K, et al. ACL reconstruction with semitendinosus tendon autograft without detachment of its tibial insertion: a histologic study in a rabbit model. *Knee Surg Sports Traumatol* 2007;15:1175–80. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0374-0>.
- [36] Santos A.de A, Carneiro-Filho M, Albuquerque R.F.da M.E, Moura J.P.F.M.de, Franciozi C.E, Luzzo M.V.M. Mechanical evaluation of tibial fixation of the hamstring tendon in anterior cruciate ligament double-bundle reconstruction with and without interference screws. *Clin Sao Paulo Braz* 2020;75:e1123. <https://doi.org/10.6061/clinics/2020/e1123>.
- [37] Ali M.S, Kumar A, Adnaan Ali S, Hislop T. Anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon graft without detachment of the tibial insertion. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006;126:644–8. <https://doi.org/10.1007/s00402-006-0128-3>.
- [38] Buda R, Di Caprio F, Giuriati L, Luciani D, Busacca M, Giannini S, et al. tears augmented with distally inserted hamstring tendons and over-the-top fixation: an MRI evaluation. *Knee* 2008;15:111–6. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2007.12.002>.
- [39] Gupta R, Singh S, Kapoor A, Soni A, Kaur R, Kaur N. Graft tunnel integration occurs early in the tibial tunnel compared with the femoral tunnel after anterior cruciate ligament reconstruction with preserved insertion hamstring tendon graft. *Knee Surg Relat Res* 2021;33:37. <https://doi.org/10.1186/s43019-021-00119-x>.
- [40] Favreau H, Eichler D, Bonnomet F, Lustig S, Adam P, Ehlinger M. Revision of anterior cruciate ligament reconstruction with a pedicled quadruple hamstring autograft. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2020;30:1033–8. <https://doi.org/10.1007/s00590-020-02661-y>.
- [41] Ruffilli A, Pagliuzzi G, Ferranti E, Busacca M, Capannelli D, Buda R. Hamstring graft tibial insertion preservation versus detachment in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized comparative study. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2016;26:657–64. <https://doi.org/10.1007/s00590-016-1812-9>.
- [42] Liu S, Li H, Tao H, Sun Y, Chen S, Chen J. A randomized clinical trial to evaluate attached hamstring anterior cruciate ligament graft maturity with magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med* 2018;46:1143–9. <https://doi.org/10.1177/0363546517752918>.
- [43] Zhang Y, Liu S, Chen Q, Hu Y, Sun Y, Chen J. Maturity progression of the entire anterior cruciate ligament graft of insertion-preserved hamstring tendons by 5 years: a prospective randomized controlled study based on magnetic resonance imaging evaluation. *Am J Sports Med* 2020;48:2970–7. <https://doi.org/10.1177/0363546520951507>.
- [44] Gupta R, Kapoor A, Soni A, Khatri S, Masih G.D, Raghav M. No difference in outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with “bone-patellar tendon-bone versus semitendinosus-gracilis graft with preserved insertion”: a randomized clinical trial. *Indian J Orthop* 2020;54:665–71.
- [45] Grassi A, Casali M, Macchiarola L, Lucidi G.A, Cucurnia I, Filardo G, et al. Hamstring grafts for anterior cruciate ligament reconstruction show better magnetic resonance features when tibial insertion is preserved. *Knee Surg Sports Traumatol* 2021;29:507–18. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-05948-z>.
- [46] Lang E, Hardy A, Tufis O, Grimaud O, Gerometta A, Bohu Y, et al. Surgical technique of anterior cruciate ligament ligamentoplasty with pedicular hamstrings via an inside-out approach: BIOFAST hamstring tendons graft. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2022;108:103192. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.103192>.
- [47] Pugh L, Mascarenhas R, Arneja S, Chin P.Y.K, Leith J.M. Current concepts in instrumented knee-laxity testing. *Am J Sports Med* 2009;37:199–210. <https://doi.org/10.1177/0363546508323746>.
- [48] Cole D.W, Ginn T.A, Chen G.J, Smith B.P, Curl W.W, Martin D.F, et al. Cost comparison of anterior cruciate ligament reconstruction: autograft versus allograft. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* 2005;21:786–90. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.04.102>.
- [49] Poehling G.G, Curl W.W, Lee C.A, Ginn T.A, Rushing J.T, Naughton M.J, et al. Analysis of outcomes of anterior cruciate ligament repair with 5-year follow-up: allograft versus autograft. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* 2005;21:774–85. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.04.112>.
- [50] Kaeding C.C, Pedroza A.D, Reinke E.K, Huston L.J, Consortium M.O.O.N, Spindler K.P. Risk factors and predictors of subsequent acl injury in either knee after acl reconstruction: prospective analysis of 2488 primary acl reconstructions from the moon cohort. *Am J Sports Med* 2015;43:1583–90. <https://doi.org/10.1177/0363546515578836>.
- [51] Buscayret F, Temponi E.F, Saithna A, Thanaun M, Sonnery-Cottet B. Three-dimensional CT evaluation of tunnel positioning in ACL reconstruction using the single anteromedial bundle biological augmentation (SAMBBA) Technique. *Orthop J Sports Med* 2017;5. <https://doi.org/10.1177/2325967117706511>. 2325967117706511.
- [52] Sonnery-Cottet B, Freychet B, Murphy C.G, Pupim B.H.B, Thanaun M. Anterior cruciate ligament reconstruction and preservation: the single-anteromedial bundle biological augmentation (SAMBBA) technique. *Arthrosc Tech* 2014;3:e689–93. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2014.08.007>.
- [53] Rougraff B, Shelbourne K.D, Gerth P.K, Warner J. Arthroscopic and histologic analysis of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993;21:277–84. <https://doi.org/10.1177/036354659302100219>.
- [54] Claes S, Verdonk P, Forsyth R, Bellemans J. The “ligamentization” process in anterior cruciate ligament reconstruction: what happens to the human graft? A systematic review of the literature. *Am J Sports Med* 2011;39:2476–83. <https://doi.org/10.1177/0363546511402662>.
- [55] Muller B, Bowman K.F, Bedi A. ACL graft healing and biologics. *Clin Sports Med* 2013;32:93–109. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2012.08.010>.
- [56] Olewnik L, Gonera B, Podgórski M, Polguy M, Jeziernski H, Topol M. A proposal for a new classification of pes anserinus morphology. *Knee Surg Sports Traumatol* 2019;27:2984–93. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5318-3>.
- [57] Zaffagnini S, Golano P, Farinas O, Depasquale V, Strocchi R, Cortecchia S, et al. Vascularity and neuroreceptors of the pes anserinus: anatomic study. *Clin Anat N Y* 2003;16:19–24. <https://doi.org/10.1002/ca.10073>.