

Le centrage rotatoire activo-passif du genou

F. BONNEL

Chirurgien des hôpitaux, Service d'Orthopédie Traumatologie IV Hôpital Lapeyronie, F 34000 Montpellier. Professeur à l'UER de médecine, Montpellier.

La compréhension des laxités chroniques du genou doit s'appuyer sur des notions d'anatomie qui se sont affinées durant les dernières années. L'examen clinique a également profité de ces connaissances approfondies pour permettre à partir de manœuvres externes d'appréhender les lésions ligamentaires à leur juste valeur.

Programme fonctionnel

La stabilité du genou est sous la dépendance de structures ligamentaires passives et tendino-musculaires actives. A première vue la stabilisation du genou doit être obtenue dans le plan frontal (valgus-varus) et dans le plan sagittal (antérieur et postérieur).

En réalité, le programme de stabilisation est beaucoup plus ambitieux et repose sur le principe fondamental de la stabilisation rotatoire. Les contraintes de torsion qui s'exercent au niveau du genou sont considérables car situées à égale distance de deux groupes articulaires dont les structures osseuses assurent en partie leur stabilité.

La rotation interne du tibia est associée à une déviation en valgus.

Le plateau tibial externe se déplace plus que le plateau tibial interne.

Au roulement initial des condyles dans les premiers degrés de flexion fait suite un phénomène de glissement dû à la mise en tension du pivot central.

La position du genou en valgus flexion-rotation externe est la plus défavorable et difficile à stabiliser, alors que la position en varus-flexion rotation interne est plus facile à stabiliser.

Le genou a fait l'objet de nombreuses études sur le plan ligamentaire qui ont abouti à la conception d'un système adapté pour épouser les contraintes de flexion-extension, de latéralité et surtout de torsion. En ce qui concerne les éléments tendino-musculaires la conception et la représentation de leur action de stabilisation rotatoire est d'approche difficile. La plupart des auteurs ont mis l'accent sur le couple musculaire vaste interne-poplité. L'action des autres muscles et en particulier biceps et des muscles du compartiment interne (couturier, droit interne, demi-tendineux et demi-membraneux) se retrouve relégué au deuxième plan.

Enfin, les jumeaux, le vaste externe, le droit antérieur et le tenseur du fascia lata ne sont pas considérés comme des éléments prépondérants actifs dans la stabilité rotatoire. Cette conception aboutit à un ensemble fonctionnel de stabilisation rotatoire déséquilibrée qui n'obéit pas aux principes généraux d'équilibre de tous les systèmes articulaires.

Stabilisation passive ligamentaire

LES LIGAMENTS CROISÉS

Les ligaments croisés antérieur et postérieur représentent le véritable axe mécanique matérialisé qui leur a valu le nom de pivot central :

– *le ligament croisé antérieur* (antéro externe L.C.A.E.) s'insère sur la surface préspinale au contact de l'épine tibiale interne et au bord de la glène interne. Ses fibres se dirigent en haut et en dehors pour se fixer dans l'échancrure intercondylienne à la face interne et postérieure du concyle externe. Les fibres se répartissent en trois contingents (*fig. 1*) :

. l'un postéro-externe, l'autre antro-interne et le troisième intermédiaire. Le contingent intermédiaire, bien que partageant des fibres avec les deux groupes se rapproche plus du contingent antéro-interne.

La proximité du ligament avec le bord du condyle interne est rendue responsable de sa rupture en tant que bras de levier.

– *Le ligament croisé postérieur* (postéro-interne L.C.P.I.) s'insère sur la surface rétro-spinale dans sa portion postéro-inférieure très à distance des épines tibiales. Il se dirige en haut et en dedans, en direction de l'échancrure intercondylienne et se termine sur la face externe du condyle interne. On distingue quatre contingents de fibres (*fig. 2, 3, 4*) :

. un contingent antéro-interne, un contingent postéro-externe, le contingent ménisco-fémoral de Wrisberg et un contingent inconstant très antérieur ou ligament de Humphrey.

LA CAPSULE ET SES ÉPAISSISSEMENTS

L'articulation du genou est limitée à sa périphérie par une capsule qui, sous l'action des contraintes présente des épaisissements rendant compte des différents ligaments.

– *Le ligament latéral interne* (L.L.I.) se répartit en deux faisceaux (*fig. 5*) :

. l'un superficiel limité tendu obliquement en bas et en avant du tubercule condylien interne à la face interne du tibia.

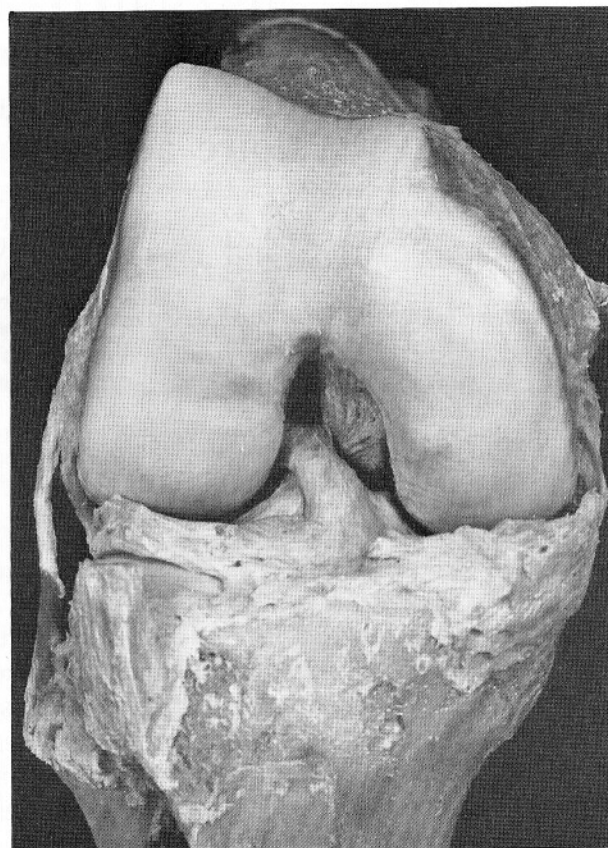


FIG. 1A – Vue antérieure de l'échancrure intercondylienne avec l'insertion tibiale du ligament croisé antérieur.



FIG. 1B – Coupe sagittale du genou avec visualisation du ligament croisé antérieur.

. l'autre faisceau profond est plus large et déborde en avant et en arrière le faisceau superficiel.

En arrière du ligament latéral interne l'on observe une concentration de fibres qui participent à la formation du noyau fibro-tendineux postéro-interne (point d'angle postéro-interne).

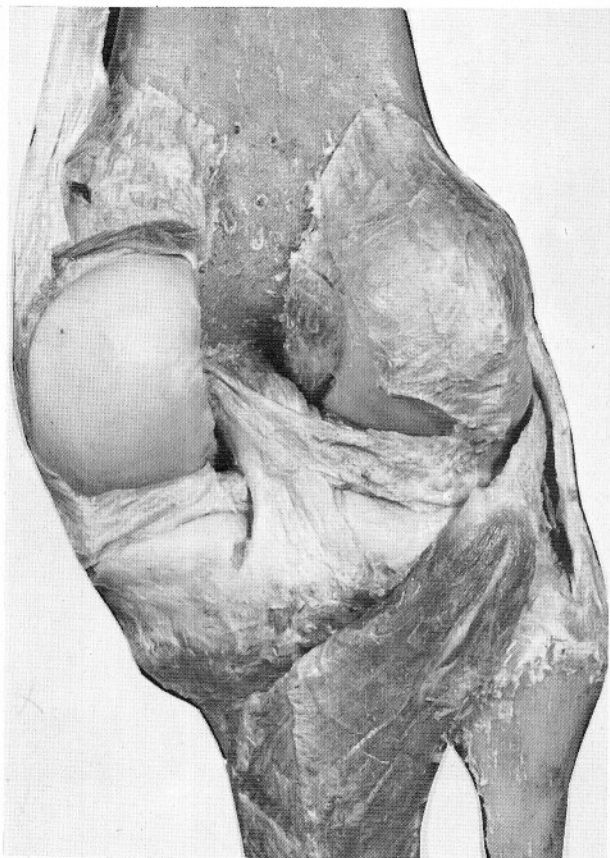


FIG. 2 - Vue postérieure du genou avec les insertions du ligament croisé postérieur.



FIG. 3 - Coupe sagittale d'un genou à la naissance avec la disposition du ligament croisé postérieur.



FIG. 4 - Coupe sagittale d'un genou d'adulte avec la direction de ligament croisé postérieur avec sa portion verticale et oblique très caractéristique : noter la position en arrière du muscle jumeau en situation parallèle.

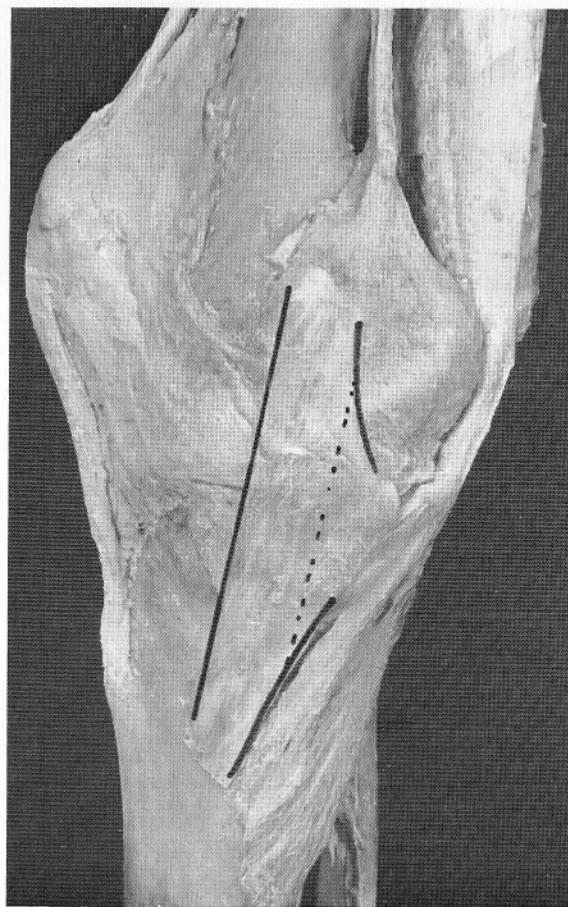


FIG. 5 - Vue latérale interne du ligament latéral interne avec son faisceau superficiel et en arrière débordant le faisceau profond.

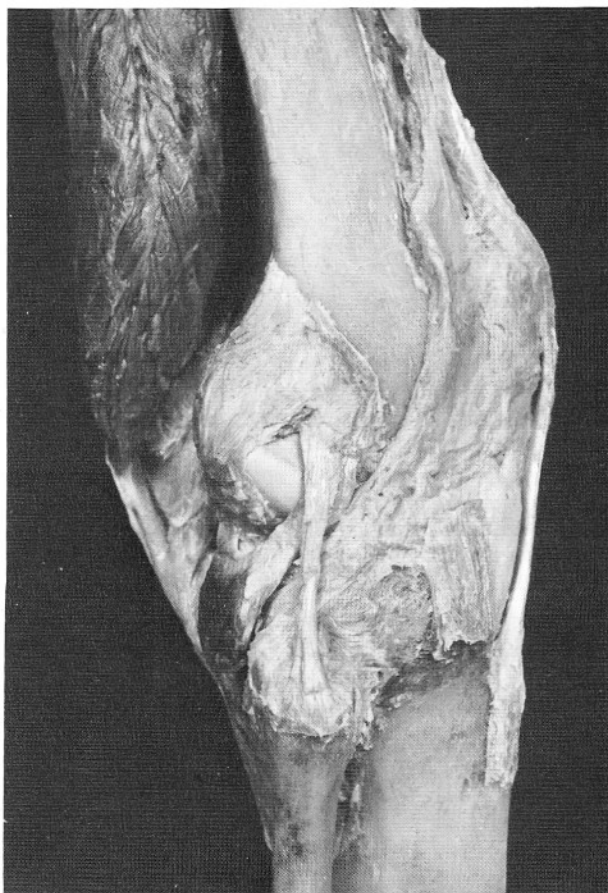


FIG. 6. - Vue latérale externe avec le ligament latéral externe. Noter le passage du tendon du muscle poplité en dedans du ligament latéral externe.

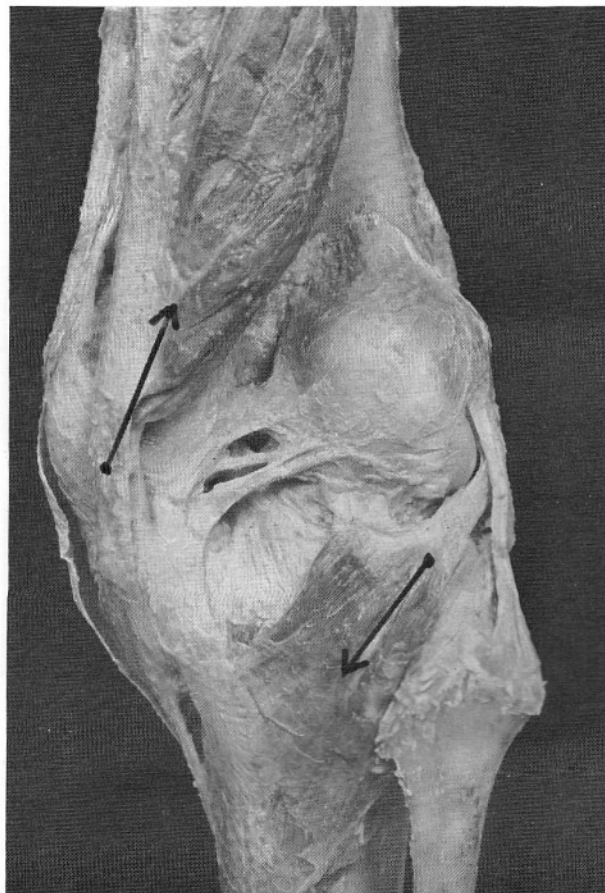


FIG. 7. - Vue postérieure du genou avec les éléments fibreux de la coque condylienne au centre. Latéralement en dedans le muscle demi-membraneux et en dehors le muscle poplité. L'accent est mis sur la direction oblique des fibres musculaires qui constituent un couple de rotation actif.

Les fibres postérieures et obliques du faisceau profond du ligament latéral interne se tendent de la flexion à 90° jusqu'à la position en extension complète.

- Le ligament latéral externe appartenant à la catégorie des ligaments extra-capsulaires est bien individualisé. Il s'insère sur le tubercule condylien externe se dirige en bas et en arrière pour se terminer sur la tête du péroné (fig. 6).

En arrière, l'on trouve un ligament fabello-péronier qui s'insère sur la fabella et se termine sur la tête du péroné.

Entre ces deux structures se situe le noyau fibro-tendineux-postéro-externe (point d'angle postéro-externe) constitué par le tendon d'insertion du muscle poplité et les fibres les plus externes de la coque condylienne avec les fibres de l'arche externe du poplité arqué.

- Le ligament postérieur (fig. 7) est très important et joue un rôle dans la limitation passive de l'extension. Il est constitué de trois parties : une médiane et les autres latérales. La partie médiane avec un épaississement ligament poplité oblique se confond avec les fibres de terminaison du muscle demi-membraneux. Livrant passage au tendon du muscle poplité, le ligament poplité arqué avec ses deux faisceaux complète les structures médianes postérieures.

Le ligament arqué renforce la capsule dans 13 % des cas (Leebacher), et le ligament fabello-péronier dans 20 %.

Il existe une relation inverse entre l'importance du ligament arqué et la fabella.

Les parties latérales sont occupées par les coques condyliennes interne et externe qui

s'insèrent à la face postérieure des condyles pour se terminer à la face postérieure des plateaux tibiaux.

LES AILERONS ROTULIENS

Les ailerons chirurgicaux de la rotule ou ailerons rotuliens sont constitués de plusieurs groupes ligamentaires avec les fibres propres fémoro-rotuliennes, les fibres obliques et croisées du muscle vaste interne et vaste externe et les fibres obliques du fascia lata et de l'aponévrose du muscle couturier.

LES BUTÉES ÉLASTIQUES MÉNISCALES

Les ménisques interne et externe ont la forme de croissants prismatique de coupe triangulaire avec une face périphérique capsulaire, une face inférieure tibiale, une face supérieure fémorale et un bord axial glénoïdien. Les cornes méniscales se prolongent par l'intermédiaire d'éléments fibreux ou freins méniscaux qui assurent la fixation du ménisque en complément d'autres structures fibro-tendineuses.

Fixation ménisque interne

La fixation du ménisque interne est assurée par plusieurs éléments. Le frein méniscal antéro-interne attaché au ménisque interne est un puissant ligament avec 4 faisceaux : le premier faisceau se fixe sur le ligament croisé antérieur, le deuxième faisceau chemine sur le bord externe du ligament croisé antérieur et se termine sur le fémur dans l'échancrure intercondylienne, le troisième faisceau le plus gros s'insère sur le tibia en regard de la surface pré-spinale ; le quatrième faisceau est jugal.

Le frein méniscal postéro-interne fixe le ménisque interne au niveau de la surface rétro-spinale.

En avant, le ménisque interne est relié au ménisque externe par le ligament transverse ou jugal de Winslow.

Latéralement, le ménisque interne est fixé par les ligaments ménisco-rotulien et épicondylo-méniscal.

Les rapports entre le ligament interne et le ménisque interne sont différemment reconnus.

Pour Cambell, Mendenson, Smith, les connexions sont très étroites alors, que pour Brantigan et Voshell elles sont très lâches.

Le demi-membraneux émet des fibres pour la partie postérieure du ménisque.

Fixation ménisque externe

Pour le ménisque externe l'on observe une fixation aussi conséquente. Le frein méniscal antéro-externe prolonge le ménisque externe et se fixe en avant de l'épine tibiale externe.

Le frein méniscal postéro-externe fixe le ménisque externe en arrière de l'épine tibiale externe.

En complément, le ligament ménisco-fémoral de Wrisberg (53 % des cas Palma) chemine à la face postérieure du ligament croisé postérieur et se termine sur le condyle fémoral interne.

Un troisième faisceau ligament de Humphrey présent dans 23 % des cas (Smilie) en provenance de la corne méniscale postérieure chemine à la face antérieure du ligament croisé postérieur et se termine dans l'échancrure intercondylienne. De façon inconstante un ligament ménisco-fémoral rubanné de 5 à 7 mm de large a été décrit par Gaillard et se situe sur le bord externe du ligament croisé postérieur.

Le muscle poplité présente à son origine une expansion importante pour la partie postérieure du ménisque.

Comme pour le ménisque interne, l'externe possède un ligament jugal, et des ligaments ménisco-rotulien et condylo-méniscal.

Contrairement au ménisque interne, le ménisque externe n'a aucun contact avec le ligament latéral externe qui est extra-capsulaire.

Les ligaments croisés et les ménisques sont en continuité, ce qui conduit Helfet à évoquer la forme en « huit de chiffre ».

Comportement mécanique des ménisques

Les ménisques ont des propriétés mécaniques triples avec celles de répartir les contraintes mécaniques, améliorer la lubrification articulaire et stabiliser de façon élastique les plateaux tibiaux.

Leur action dans la stabilité rotatoire est manifeste. La corne postérieure du ménisque interne limite la rotation externe du tibia alors

que la corne postérieure du ménisque externe limite la rotation interne du tibia. Le ménisque externe accompagne le condyle externe dans son déplacement, sa course est de 15 mm, le déplacement du ménisque interne est plus limité 5 millimètres.

Bases anatomiques de la stabilisation rotatoire

Les noyaux fibro-tendineux péri-articulaires : entre les zones d'épaississement de la capsule articulaire représentées par les ligaments l'on distingue 4 noyaux fibro-tendineux où se projettent dans les plans différents la capsule et les éléments actifs musculo-tendineux.

. Les 4 noyaux fibro-tendineux se répartissent en 2 antérieurs et 2 postérieurs et ont la texture suivante :

– *Le noyau fibro-tendineux antéro-interne* situé en avant du ligament latéral interne contient les fibres antérieures du faisceau profond du ligament latéral interne et les ligaments fémoro-rotulien et ménisco-rotulien interne ; les tendons du couturier, droit interne, le tendon réfléchi du demi-membraneux et les fibres obliques et verticales de terminaison du vaste interne.

– *Le noyau fibro-tendineux postéro-interne* se projette en arrière du faisceau superficiel du ligament latéral interne (fig. 8). Dans cet espace, l'on distingue, le faisceau profond du ligament latéral interne, le faisceau oblique de la coque condylienne, les insertions du jumeau interne, et les faisceaux direct et récurrent du demi-membraneux.

– *Le noyau fibro-tendineux antéro-externe* situé en avant du ligament latéral externe contient la capsule articulaire, les ligaments fémoro-rotulien et ménisco-rotulien externes et les fibres obliques et verticales du muscle tenseur du fascia lata.

– *Le noyau fibro-tendineux postéro-externe* se projette en arrière du ligament latéral externe. Il est constitué par le tendon du muscle poplité, le ligament fabello-péronier, les fibres les plus externes de la coque condylienne avec les fibres de l'arche externe du poplité arqué, les insertions du jumeau externe et le tendon du biceps.

Deux noyaux fibro-tendineux postéro-interne et postéro-externe ont été décrits par G. Bous-



FIG. 8. – Vue interne du genou avec le tendon de terminaison du muscle demi-membraneux avec son faisceau horizontal qui joue un rôle prépondérant dans la stabilisation rotatoire du plateau tibial.

quet sous la dénomination de point d'angles. Cette dénomination qui fait référence à un point de technique chirurgicale doit être remplacée à notre sens par celle de noyau fibro-tendineux.

Cette systématisation doit tenir compte à la lumière, des coupes horizontales histologiques du fait qu'il existe une lame continue de tissus fibreux qui solidarise de façon circulaire les différents composants l'ensemble étant enrobé par le manchon de l'aponévrose crurale.

Les directions angulaires tendineuses et déductions biomécaniques

La topographie des insertions tendineuses nous montre qu'il existe une symétrie sur toute la circonférence. Les muscles de la patte d'oie

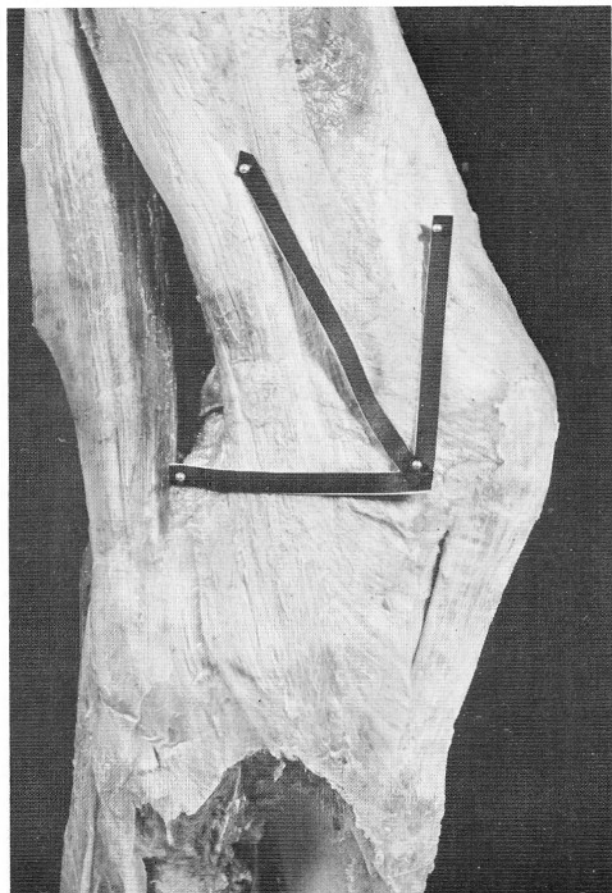


FIG. 9. – A) Vue latérale des fibres de terminaison oblique du tenseur du fascia lata.

s'insèrent à la face antéro-interne du tibia sur 5,4 centimètres. Les insertions du muscle tenseur du fascia lata s'étendent à la face antéro-externe du tibia sur 7,7 centimètres. Le tendon direct du demi-membraneux se situe à la partie postéro-interne du tibia sur 2 centimètres et le tendon du biceps sur la tête du péroné sur 2 centimètres. Les insertions du vaste interne s'étendent sur 4,7 centimètres, celles du vaste externe sur 3,7 centimètres. L'insertion condylienne du jumeau externe s'étend sur 2,5 centimètres. L'insertion du muscle poplité sur le condyle s'étend sur 2,1 centimètres et sur le tibia de 8 centimètres.

La direction angulaire moyenne est pour le vaste interne de 45°, vaste externe de 50°, tenseur du fascia lata de 40°, du couturier de 47°, du droit interne de 40°, du demi-membraneux de 42°, du tendon du demi-membraneux de 44°, du jumeau interne de 50°, du jumeau externe de

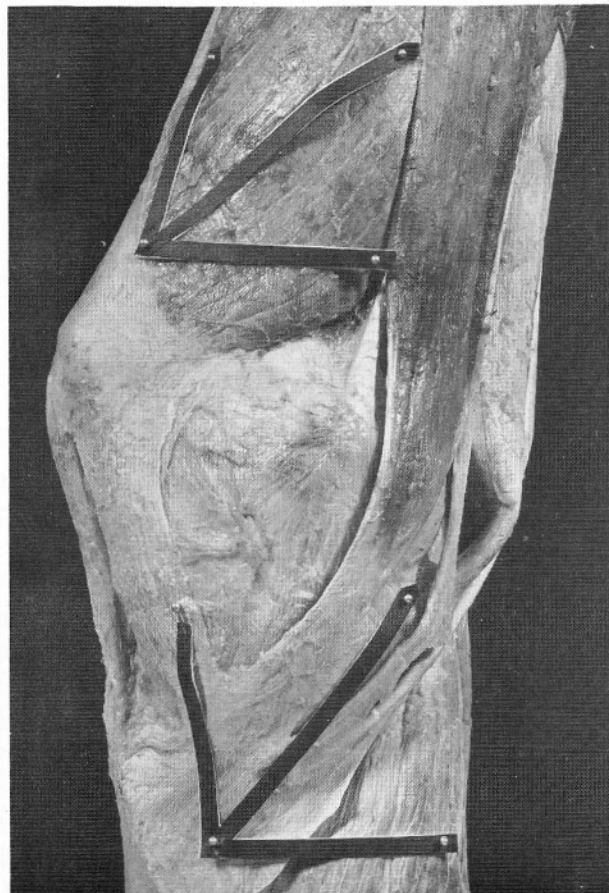


FIG. 9. – B) Vue latérale interne des fibres musculaires du muscle vaste interne et des tendons de la patte d'oie. Leur action de stabilisation rotatoire est très nette.

48°, du poplité de 44°, de la longue portion du biceps de 70°, et de la courte portion du biceps de 45° (fig. 9 et 10).

Cette disposition angulaire de 45° en moyenne permet de stabiliser les pièces osseuses selon les trois composantes et en particulier de rotation.

Pour chaque pièce osseuse il existe des systèmes différents de stabilisation dans le plan horizontal, sagittal, et frontal.

Organisation de la stabilisation rotatoire active tridimensionnelle

La stabilisation rotatoire passive est parfaitement bien connue en raison de la position fixe des ligaments croisés et latéraux qui sont orientés à 45° les uns par rapport aux autres. Cette disposition oblique dans les trois plans de



FIG. 10. - A) Vue postérieure du creux poplité avec les muscles jumeaux interne et externe. Noter la direction oblique à leur insertion leur donnant une action de stabilisation rotatoire.

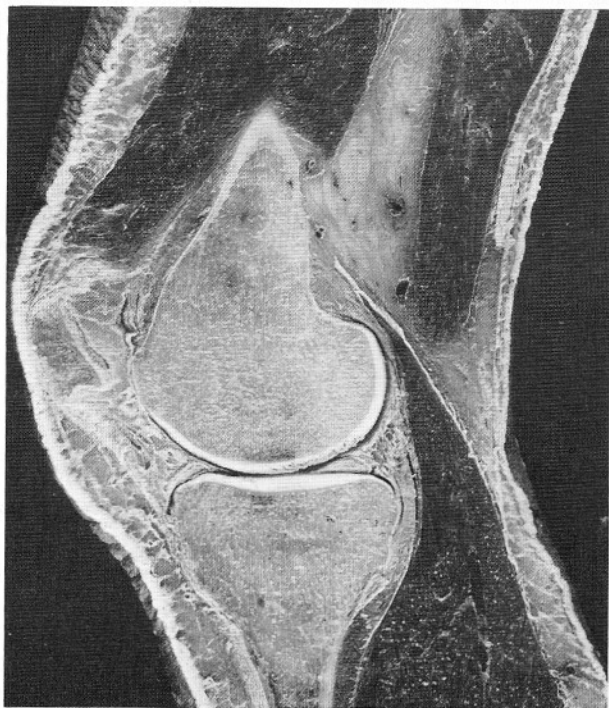


FIG. 10. - B) Coupe sagittale du genou avec la disposition du muscle jumeau interne.

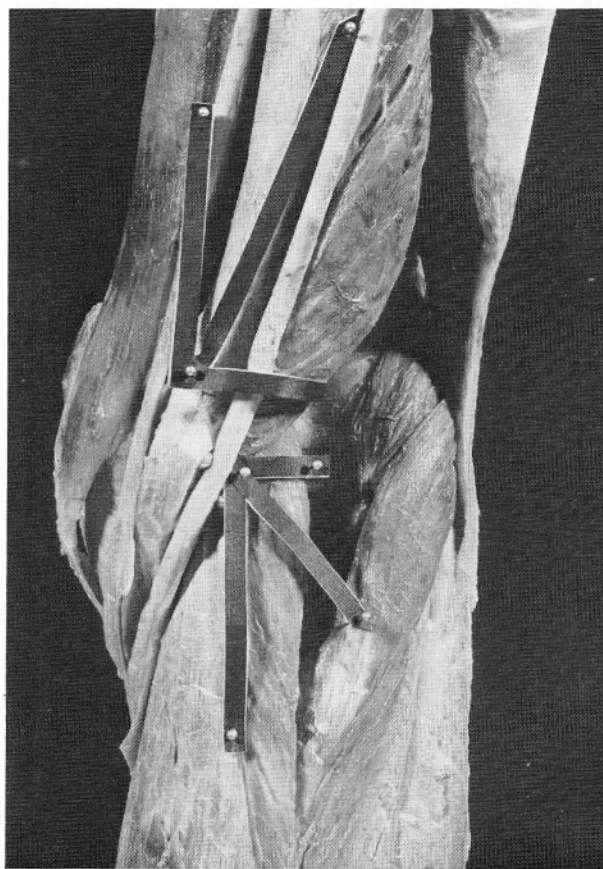


FIG. 10. - C) Vue postéro-interne avec les tendons des muscles de la patte d'oie et du jumeau interne. Noter la direction oblique et opposée avec les couples de rotation.

l'espace leur permet de stabiliser le genou en rotation indépendamment de la position des pièces osseuses l'une par rapport à l'autre.

La mise en évidence de la stabilisation rotatoire active est plus difficile à schématiser, en raison de la modification permanente des axes de traction musculo-tendineux. Nous envisagerons de façon isolée, la stabilité rotatoire du plateau tibial et des condyles fémoraux et en synthèse le couplage mécanique rotatoire entre les deux pièces osseuses.

Sur le plan mécanique l'on distingue deux modèles faisant intervenir des forces musculaires antagonistes de stabilisation. Le premier modèle est un « système de couple (mouvement) de rotation » avec deux forces musculaires de direction identiques nécessitant un axe médian qui joue le rôle de butée. Le deuxième modèle

est celui d'un couple de rotation ou les deux actions musculaires sont de direction opposées et s'équilibrent entre-elles.

LA STABILISATION ROTATOIRE TIBIALE

- La stabilisation rotatoire des plateaux tibiaux est réalisée dans les trois plans de l'espace. Pour la stabilisation horizontale rotatoire 6 couples musculaires interviennent entre : couturier – demi-tendineux – droit interne et les fibres verticales du fascia lata, du faisceau réfléchi – du demi-membraneux et les fibres obliques du fascia lata, tendon direct du demi-membraneux et longue portion du biceps, tendon réfléchi du demi-membraneux et courte portion du biceps, tendon direct du demi-membraneux et fibres verticales du fascia lata. De tous ces muscles le demi-membraneux par ses différents tendons de terminaison est un des muscles qui sera constamment sollicité. L'observation anatomique nous montre que son corps musculaire est particulièrement bien développé et d'une surface de section égale à celles des trois corps musculaires réunis des muscles couturier, droit interne et demi-tendineux.

Aux trois insertions classiques du demi-membraneux (tendon direct, tendon réfléchi et tendon oblique) nous avons noté une expansion tendineuse puissante prolongeant le tendon principal et se dirigeant en bas et en dehors qui se confond à l'aponévrose et aux fibres de terminaison du muscle poplité. Cette disposition anatomique joue un rôle important dans la stabilisation rotatoire entre les deux compartiments postéro-interne et postéro-externe.

- Pour la stabilisation sagittale rotatoire, l'on distingue 4 couples musculaires avec le couturier et le tendon direct du demi-membraneux, les fibres verticales du fascia lata et la longue portion du biceps, le droit antérieur avec le tendon rotulien et le biceps, le droit antérieur et le demi-membraneux. Le droit antérieur, le biceps et le tendon direct du demi-membraneux constituent un trépied d'action musculaire équilibré.

- La stabilisation frontale rotatoire est assurée par deux couples : le tendon direct du demi-

membraneux et la longue portion du biceps, le demi-tendineux et les fibres verticales du fascia lata. Les différentes forces de stabilisation rotatoire sont orientées vers en arrière et nécessitent un axe de stabilisation fixe qui est représenté par le ligament croisé postérieur.

LA STABILISATION ROTATOIRE FÉMORALE

La stabilisation rotatoire des condyles fémoraux met en jeu : 5 couples musculo-tendineux.

- Pour la stabilisation horizontale rotatoire, nous avons mis en évidence 3 couples : avec le vaste externe et jumeau interne, le vaste interne et poplité, le vaste interne et jumeau externe.

Contrairement à beaucoup de descriptions qui signalent des fibres verticales du vaste interne comme accessoires, nos dissections nous ont constamment montré des fibres verticales internes très puissantes qui prolongent le muscle vaste interne.

Ces fibres verticales internes assurent l'équilibre des forces de traction du vaste interne. Ces fibres par leur mode de terminaison s'inscrivent en projection dans le noyau fibro-tendineux antéro-interne.

- Pour la stabilisation frontale rotatoire, le couple de rotation est celui du grand adducteur par son insertion sur le tubercule inférieur du grand adducteur et du moyen fessier, et pour la stabilisation sagittale le couple rotule droit antérieur et l'insertion du grand adducteur sur la ligne apre.

L'élément de stabilisation passif est le ligament croisé antérieur.

LE COUPLAGE MÉCANIQUE ROTATOIRE ACTIF FÉMORO-TIBIAL

Les deux pièces osseuses possèdent un couplage mécanique rotatoire qui intervient dans la stabilisation du genou en mouvement (*fig. 11*). L'action des forces musculaires correspond à de véritables couples de rotation avec des forces de direction opposées et parfaitement équilibrées. La transmission des forces entre les deux points d'application est matérialisée par les fibres des ligaments croisés ou bien par des axes instan-

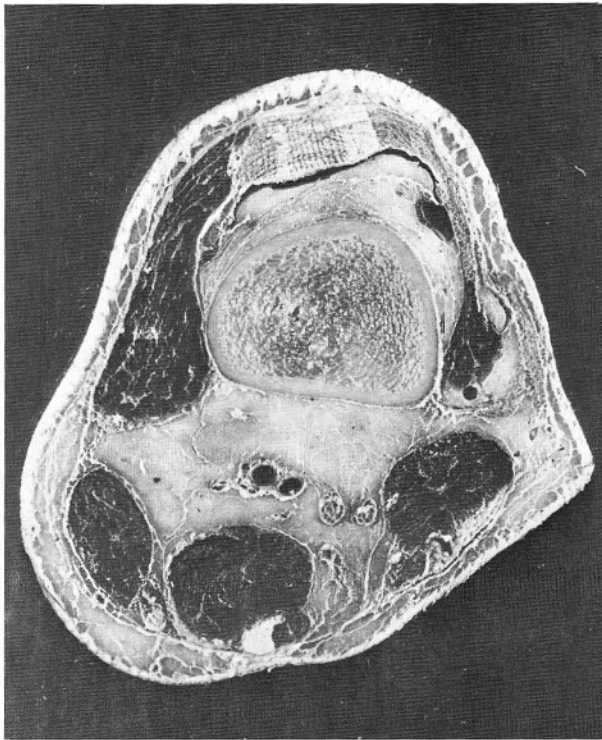


FIG. 11. – Coupe horizontale au niveau du tiers inférieur du fémur avec la disposition des muscles péri-articulaires. Il est très net qu'au volume musculaire du vaste interne l'on trouve en regard les autres muscles qui ont un rôle aussi important dans la stabilisation rotatoire du genou.

tanés non matérialisés. Ces couples de stabilisation rotatoire sont actifs dans les trois plans de l'espace.

Il existe deux grands groupes de couples musculaires de stabilisation rotatoire constitués l'un de muscles monoarticulaires, l'autre de muscles polyarticulaires.

Le groupe des muscles monoarticulaires agissant en couple sont des muscles courts qui ont un potentiel de raccourcissement limité et sont bien adaptés à un contrôle rapide et puissant des contraintes aboutissant au verrouillage des torsions. Les couples de stabilisation rotatoire courts sont au nombre de 3 avec les muscles vaste interne – poplité, les muscles vaste interne – courte portion du biceps, et les muscles vaste externe et la continuité des tendons récurrent et réfléchi du muscle demi-membraneux qui se trouvent mis en tension par l'intermédiaire du tendon direct.

Le groupe des muscles mixtes polyarticulaires et monoarticulaires avec la portion la plus longue de certains muscles monoarticulaires permettant les mouvements de grandes amplitude autorisent le plus grand déplacement des pièces osseuses au cours du jeu articulaire en rotation. Ces couples de stabilisation rotatoire sont au nombre de 7 avec les muscles jumeau externe en arrière ; couturier, droit interne, demi-tendineux, tendon direct du demi-membraneux en avant ; jumeau interne – longue portion du biceps, jumeau interne fascia lata, jumeau interne – vaste externe, jumeau interne – couturier, droit interne, jumeau externe – fascia lata, vaste externe – tendon réfléchi du demi-membraneux.

Les couples de stabilisation rotatoire entre les deux noyaux fibro-tendineux postéro-interne et postéro-externe obéissent à une disposition symétrique remarquable avec 4 couples rotatoires. Les couples symétriques sont ceux des fibres récurrentes du demi-membraneux avec les fibres d'insertion méniscale du poplité, du tendon d'origine fémorale du muscle poplité avec le tendon réfléchi du demi-membraneux, du jumeau externe avec les fibres de terminaison du demi-membraneux sur l'aponévrose du muscle poplité, et en dernier lieu du tendon direct du demi-membraneux et du tendon du biceps.

Conclusion

Les 29 couples de stabilisation rotatoire permettent de comprendre les risques de désynchronisation que l'on peut être amené à observer après tout traumatisme.

Par ailleurs, la force considérable développée par toutes ces actions musculaires permet de comprendre la rapidité de la détérioration articulaire lorsque le centrage du jeu articulaire n'est plus assuré par suite de lésions du pivot central.