Zeitschrift: Physiotherapie = Fisioterapia
Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband
Band: 35 (1999)
Heft: 1

Artikel: Les tests isocinétiques du genou
Autor: Pocholle, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929369

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

PRATIQUE

Les tests isocinétiques du genou

M. Pocholle, C.S.K, chef de service de la Clinique Fontfroide,
1800 rue de Saint Priest, F-34000 Montpellier Cedex
P. Codine, Médecin RRF

Le genou a été la première articulation évaluée en isocinétisme (1). Il s'agit d'une articulation permettant une bonne reproductibilité des mesures, sur un mouvement simple de flexion-extension. Ce mouvement s'effectue en effet sur une grande amplitude, autorise peu de compensations, et la force développée par les muscles moteurs du mouvement est importante, facilement analysable tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Initialement seule la force concentrique du quadriceps et des ischiojambiers a pu être explorée mais progressivement l'évolution des matériels a permis l'évaluation de la force excentrique et depuis peu l'exploration en chaîne cinétique fermée. Trois éléments présentent pour le clinicien un intérêt: la valeur de force maximale et ses variations en fonction de divers paramètres, le ratio IJ/Q et ses variations physiologiques et pathologiques, l'analyse des courbes qui est une aide au diagnostic et permet d'orienter la rééducation.

La réalisation du test

Le test s'effectue de façon unanimement reconnue en position assise, avec une inclinaison postérieure de 15° du tronc par rapport à la verticale *(fig. 1)*. Cette position met en prétension optimale les muscles polyarticulaires que sont les ischiojambiers (2, 3, 4, 5). Le sanglage du tronc, la fixation du membre controlatéral semblent influencer les résultats obtenus et doivent faire l'objet d'un soin particulier. En ce qui concerne le tronc Hanten (6) a montré que le sanglage standard proposé sur les dynamomètres est suffisant pour assurer une reproductibilité des valeurs obtenues suffisante. En effet cet auteur ne retrouve pas de différence significative entre la force développée par le quadriceps dans une procédure de sanglage standard et une autre procédure incluant une immobilisation supplémentaire.

L'activité du membre controlatéral est déterminante sur les forces développées du coté testé. Gœthals (7) a montré que l'activité isocinétique bilatérale et symétrique des membres inférieurs n'augmente pas la force développée par le quadriceps et surtout les ischiojambiers. Pour cet auteur, lors d'un test unilatéral, le membre controlatéral ne doit pas être l'objet d'une activité volontaire. Kang (8) a précisé l'importance de l'immobilisation du segment jambier controlatéral lors du test. En comparant la force développée par le quadriceps et les ischiojambiers d'un coté, alors que le segment jambier controlatéral était soit libre soit limité dans le sens de l'extension par un contre appui antérieur, soit fixé par une sangle, cet auteur a montré que le quadriceps et les ischiojambiers développent une force supérieure lorsque le membre controlatéral est fixé par sanglage. Ces deux études doivent inciter les réalisateurs de tests isocinétiques de genoux à laisser libre le membre controlatéral, sans ordonner d'activité volontaire particulière. Par ailleurs cette variable doit être précisée dans le protocole. Enfin la position de la cheville doit également être précisée. Miller (9) e en effet montré que la force développée par les ischiojambiers est significativement augmentée par la mise en dorsiflexion de la cheville du coté testé. Le pied doit rester libre lors du test.

L'axe du dynamomètre doit être parfaitement aligné avec le centre articulaire moyen de flexion-extension du genou. Le contre appui résistif, placé sur le segment jambier, peut être positionné à proximité de l'articulation (au niveau de la tubérosité antérieure du tibia) ou plus à distance en sus-malléolaire. L'intérêt du positionnement proximal du contre appui est de limiter les risques de tiroir antérieur (10), par contre la force développée, tant par le quadriceps que

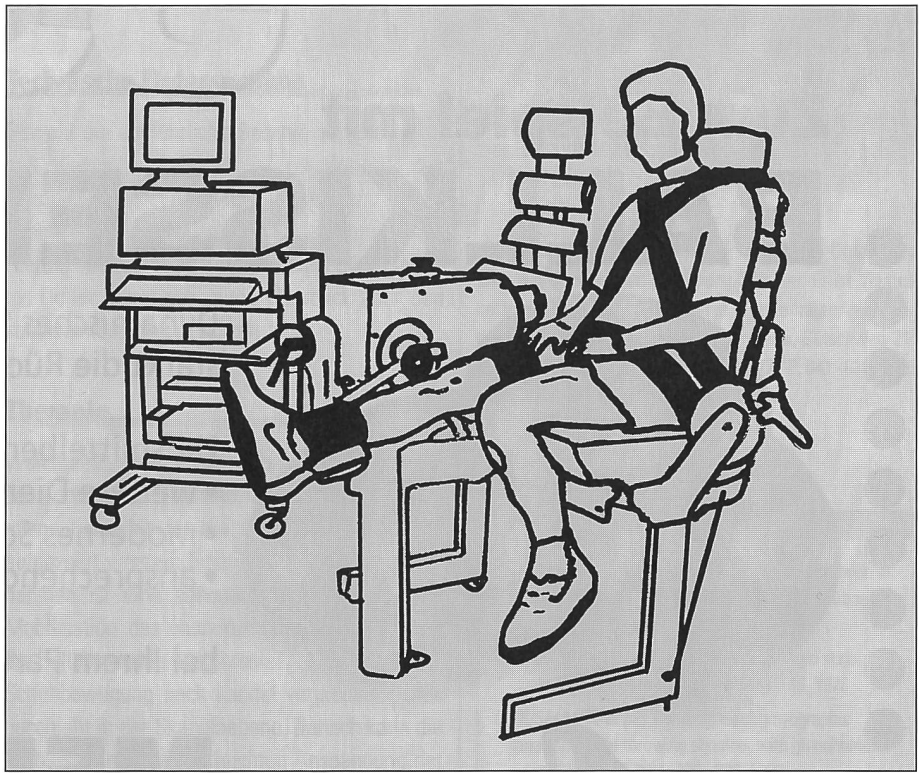

Figure 1: **Installation du sujet pour les test du genou.**

par les ischiojambiers, est moindre que lorsque l'appui est distal (11, 12, 13), de l'ordre de 15 à 20% pour Croisier (13). Cette diminution de force enregistrée n'est pas liée à un phénomène mécanique car la longueur du bras de levier est directement intégrée par le dynamomètre, mais pourrait être due à un moindre recrutement musculaire lorsque l'appui est proximal. Par contre la position du contre appui ne modifie en rien les contraintes en compression des articulations fémoro-tibiales et fémoro-patellaires (12). La prise en compte du poids du membre et de l'accessoire est un élément essentiel. En effet l'absence d'intégration de cette donnée fausse les résultats et interdit toute comparaison inter-études (14). Le calcul s'effectue directement par le dynamomètre, par pesée du membre, muscles parfaitement relâchés.

La connaissance des résultats par feed-back visuel peut influencer la force développée. En évaluation excentrique, Kellis (15) a montré que la force développée par les extenseurs et fléchisseurs du genou est de 6,4 à 7,2% supérieure lorsque le sujet peut voir ses performances sur écran. Il est donc important, pour la reproductibilité des tests, que le sujet soit toujours dans les mêmes conditions de connaissance ou non des résultats. Chaque test devra être précédé d'une période d'échauffement et d'apprentissage de la machine. L'échauffement sera réalisé sur bicyclette ergomètrique ou tapis de marche puis par des contractions isocinétiques sous maximales aux différentes vitesses choisies pour le test (16). Kues (17) préconise la réalisation d'une à deux séances de contractions isocinétiques préalables au test pour assurer la validité de celui-ci.

Le choix des vitesses est laissé à l'initiative de l'expérimentateur mais il est conseillé de tester les muscles à 2 ou 3 vitesses incluant une vitesse lente (30 ou mieux 60°/sec) et une vitesse rapide (240 à 300°/s). En concentrique on débutera le test par les vitesses lentes (18) en faisant effectuer 5 à 10 contractions seulement puis on poursuivra par les vitesses rapides où seront effectuées 20 à 30 répétitions (14, 19). Dans le cas d'un test d'endurance pour un sportif confirmé on fera effectuer 50 mouvements à 180 ou 300°/s (20). En excentrique les forces développées sont, à vitesse égale, plus importantes qu'en concentrique (21) et la force croit, mais peu, avec l'augmentation de la vitesse. Pour Croisier (22) la vitesse lente de 30°/s, lors d'un test en mode excentrique, favorise une familiarisation optimale à ce type de test, alors que Bishop (23) montre une meilleure corrélation inter-tests aux vitesses de 120 et 180°/s. Il parait donc intéressant de débuter par des vitesses lentes pour l'apprentissage et de réaliser les tests à des vitesses plus rapides (en particulier 120°/s) pour assurer la reproductibilité.

Avant toute réalisation d'un test sur le genou il est également indispensable de se rappeler que les forces imposées sur l'articulation sont importantes. Kaufman (24) a montré que les forces de compression sur les femoro-tibiales peuvent atteindre 4 fois le poids du corps, avec un maximum à 55° de flexion, ce qui correspond aux forces retrouvées lors de la marche. La femoro-patellaire peut, elle, supporter jusqu'à 5,1 fois le poids du corps pendant le test. Ceci rend indispensable la prise en compte préalable des problèmes d'usure cartilagineuse avant le test isocinétique. Ce même auteur a mesuré les forces de tiroir antérieur exercées pendant l'extension lors du test, elles s'élèvent à 0,3 fois le poids du corps à basse vitesse et ce entre 0 et 40° de flexion. En comparaison Morrison (25) avait retrouvé des forces de 0,04 fois le poids du corps à la montée des escaliers et de 0,1 fois à la descente. Cette activité qui s'effectue en chaîne cinétique fermée montre que les forces de tiroir antérieur sont bien contrôlées par l'activité des muscles ischiojambiers lors de l'extension du genou et sont inférieures aux forces retrouvées lors d'un test isocinétique, en extension, en chaîne cinétique ouverte. Ceci explique pourquoi, de plus en plus, dans les laxités opérées ou non du genou, les expérimentateurs cherchent à entraîner leurs patients en chaîne cinétique fermée.

Valeurs normales

Force musculaire

Les valeurs sont très variables en fonction de l'âge, du sexe, du morphotype, de l'activité pratiquée, du mode de contraction et de la vitesse de test (3). Gobelet (2) a bien montré ces variations à partir de l'étude portant sur 480 sujets sains *(tabl. 1)*. La force musculaire est plus élevée chez les hommes que chez les femmes. L'élément important à souligner est la différence de force musculaire rapportée au poids du corps,

Age	Nombre	PC Q 30°/s	PC Q 300°/s	PC IJ 30°/s	PC IJ 300°/s
5 ans	n = 26	25 (± 8)	16 (± 6)	10 (± 8)	8,5 (± 5)
10 ans	n = 36	66 (± 21)	41 (± 14)	34 (± 13)	29 (± 12)
15 ans	n = 43	200 (± 56)	126 (± 31)	97 (± 33)	88 (± 25)
20 ans	Non sportifs n = 92	261 (± 31)	145 (± 31)	146 (± 25)	101 (± 23)
	Ski alpin n = 12	243 (± 35)	139 (± 41)	139 (± 38)	106 (± 27)
	Football n = 60	254 (± 36)	124 (± 15)	150 (± 24)	100 (± 17)
	Basket n = 27	290 (± 65)	143 (± 27)	165 (± 28)	115 (± 21)
	Athlétisme n = 8	308 (± 78)	178 (± 68)	194 (± 17)	136 (± 32)
30 ans	Non sportifs n = 57	228 (± 44)	122 (± 30)	135 (± 18)	93 (± 20)
	Sportifs n = 35	248 (± 48)	133 (± 30)	147 (± 25)	87 (± 28)
40 ans	Non sportifs n = 17	221 (± 52)	117 (± 17)	127 (± 32)	78 (± 24)
	Sportifs n = 36	220 (± 31)	108 (± 14)	134 (± 22)	86 (± 14)
50 ans	Non sportifs n = 21	197 (± 41)	91 (± 19)	118 (± 36)	72 (± 22)
	Sportifs n = 8	206 (± 35)	94 (± 19)	135 (± 20)	78 (± 19)
80 ans	n = 12	31,5 (± 20)		19,8 (± 12)	

Tableau 1: **Pic de couple (PC) pour le quadriceps (Q) et les ischiojambiers (IJ) en fonction de l'âge (30 et 300°/s) (D'après Gobelet [29]).**

plus élevé de 50 à 100% chez l'homme que chez la femme (26, 27). Ceci est lié à la différence de rapport masse musculaire/masse graisseuse plus élevé chez l'homme.

La force musculaire évolue avec l'âge. Elle croit jusqu'à 15 ans, se maintient en plateau jusqu'à 25 ans puis décroît progressivement sauf chez les sujets sportifs qui entretiennent leur force musculaire (2, 3, 28, 29). La force musculaire développée par le quadriceps et les ischiojambiers ne semble pas être différente entre les cotés dominant et non dominant (27, 30, 31). Chez les sportifs différents auteurs ont montré une augmentation de la force du quadriceps et des ischiojambiers par rapport à une population de même âge sédentaire (29, 32). Contrairement à ce qui est observé à l'épaule, l'accroissement de force, par l'activité sportive, intéresse l'ensemble des muscles du genou, de manière proportionnelle, le ratio IJ/Q ne variant pas en fonction de l'activité pratiquée. Ceci est bien entendu du à l'activité en co-contractions de ces deux groupes musculaires lors de toute activité pied au sol.

La vitesse de test et le mode de contraction influent sur la force développée. Quand la vitesse augmente la force diminue en mode concentrique alors qu'elle augmente en mode excentrique (32, 33, 34). Quelle que soit la vitesse de test la force excentrique maximale est toujours supérieure à la force concentrique maximale, tant pour le quadriceps que pour les ischiojambiers (28, 32, 33).

Les ratios

Le ratio IJ/Q en concentrique est le plus anciennement et le plus couramment utilisé. L'avènement de l'évaluation en excentrique a permis la détermination d'autres ratio: IJ/Q en excentrique/excentrique (32), ratio concentrique/excentrique pour un groupe musculaire précis (quadriceps ou ischiojambiers) (32, 34, 35) et enfin récemment quadriceps concentrique/ischiojambiers excentrique (22, 36), qui semble refléter l'activité physiologique habituelle de ces muscles.

Le ratio IJ/Q en concentrique semble être une constante, car indépendant de l'âge, du sexe, du coté testé. Seule la vitesse de test modifie de façon modérée mais certaine ce ratio. A vitesse lente (30–60°/s) les valeurs sont comprises entre 0,5 et 0,6; à vitesse moyenne (120–180°/s) les valeurs se situent entre 0,6 et 0,7 et enfin à vitesse rapide (> à 180°/s) le ratio est de 0,7 à 0,8 (2, 14, 19, 29, 30, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46). La constance du ratio IJ/Q pour une même vitesse s'explique par l'action synergique, pied au sol, de ces deux groupes musculaires. Tout activité en charge s'accompagne d'un accroissement proportionnel et simultané de la force de ces deux groupes musculaires. L'augmentation du ratio avec la vitesse peut s'expliquer par la répartition en types de fibres musculaires au sein de ces muscles. Le pourcentage en fibres de type II est plus élevé au sein des ischiojambiers, ce qui se traduit par un meilleur rendement de ces muscles aux vitesses élevées par rapport au quadriceps (29).

Le ratio IJ/Q en excentrique a, relativement, peu été étudié. On retrouve des valeurs comprises entre 0,54 et 0,66 selon la vitesse (32, 42, 47). Ces valeurs sont voisines de celles observées en concentrique aux basses vitesses, mais on ne note pas ici d'augmentation importante du ratio avec l'augmentation de la vitesse (32, 42, 47).

Le ratio excentrique/concentrique pour un groupe musculaire a été étudié par différents auteurs et en particulier Dvir (34), Hanten (6), Alexander (32) et Westblad (35). Ce rapport est intéressant à considérer car s'il reflète la supériorité habituelle de la force excentrique sur la force concentrique, en particulier à vitesse élevée, ce qui est un élément maintenant bien connu. Il peut aussi révéler une modification de la force musculaire préférentiellement dans un mode de contraction traduisant le retentissement sur la physiologie musculaire de l'entraînement sportif. Chez des sujets non sportifs, indemnes de pathologie du genou, les valeurs du ratio Q excentrique/Q concentrique sont comprises entre 1,24 et 1,27 à vitesse lente (30°/s) et entre 1,6 et 1,8 à vitesse rapide (180°/s) (6, 34). Chez les sportifs il semble que l'activité pratiquée influence sensiblement les valeurs de ratio. Ainsi chez 22 sprinters Alexander (32) retrouve des ratio Q excentrique/Q concentrique de 1,05 à 30°/s et de 1,35 à 180°/s, ce qui correspond à des valeurs un peu plus basses que celles citées précédemment pour des non sportifs. A l'inverse Westblad (35), chez 17 danseurs de ballet, qui sollicitent particulièrement leurs quadriceps en excentrique dans leur activité sportive, retrouve des valeurs de ratio Q excentrique/Q concentrique élevées à 2,07 alors que les témoins ont des valeurs plus basses, de 1,74. Pour les ischiojambiers les données de la littérature sont trop fragmentaires pour avancer des valeurs normatives. Pour Alexander (32) le ratio IJ excentrique/IJ concentrique chez des sujets jeunes sportifs, sprinters, se situe entre 1,06 à 30°/s et 1,09 à 180°/s alors que pour Denot-Ledunois (36) chez 7 sujets joueurs de rugby les valeurs sont beaucoup plus élevées de 2,68 à 60°/s à 3,2 à 150°/s. Les différences de dynamomètres, de protocoles d'études, de même qu'une moins bonne reproductibilité des mesures de force des ischiojambiers par rapport au quadriceps, comme l'a montré Kramer (33) explique ces variations importantes. Des études complémentaires portant sur de grandes séries de sujets sportifs et non sportifs sont nécessaires pour obtenir des valeurs de référence.

Un dernier ratio a été proposé par Denot-Ledunois (36) et Croisier (22), car reflétant mieux la physiologie du quadriceps et des ischiojambiers au cours de diverses activités sportives, il s'agit du *rapport IJ excentrique/Q concentrique.* Denot-Ledunois (36), évaluant la force excentrique des ischiojambiers et concentrique du quadriceps à la même vitesse, retrouve chez 7 sujets sportifs pratiquant le rugby des valeurs de 1,41 à 60°/s et 1,94 à 150°/s. Croisier (22) propose un rapport un peu différent: IJ excentrique 120°/s / Q concentrique 240°/s ou IJ excentrique 30°/s / Q concentrique 240°/s. Pour les deux rapports les valeurs sont de l'ordre de 1–0,97 pour le premier et comprises entre 0,8 et 1,1 pour le second. Ces valeurs observées chez des sujets sains sont modifiées chez des patients présentant une lésion des ischiojambiers, alors inférieures à 0,8. Ceci correspond à une diminution de la force excentrique des ischiojambiers chez les sujets ayant une lésion tendino-musculaire de ces muscles, ceci avait déjà été noté en 1994 par Jönhagen (47) qui avait montré, chez des coureurs à pied atteints de lésion des ischiojambiers, une diminution de la force excentrique de ces muscles alors que leur force concentrique n'était pas modifiée (47, 48). Worrel (49), lui, n'a pas retrouvé de modification de la force concentrique et excentrique des ischiojambiers chez des sujets ayant une lésion de ces muscles, mais ces résultats discordants sont peut-être liés à une absence d'homogénéité dans l'importance des lésions musculaires, les modifications de force excentrique n'apparaissent qu'en cas de lésion ancienne et/ou évoluée. Ces résultats discordants, de même que la grande variabilité individuelle notée par Croisier (22) imposent la réalisation d'études complémentaires pour définir des valeurs normatives, objectiver précisément les modifications du ratio IJ excentrique/Q concentrique lors des lésions musculaires et corréler éventuellement ces variations de ratio à l'état anatomique musculo-tendineux.

Valeurs pathologiques

Deux éléments sont importants à prendre en compte dans diverses pathologies:

Le déficit musculaire portant électivement sur le quadriceps, sur les ischiojambiers ou sur les deux groupes simultanément et se traduisant par une variation significative de la force musculaire par rapport au coté sain ou à des valeurs de référence.

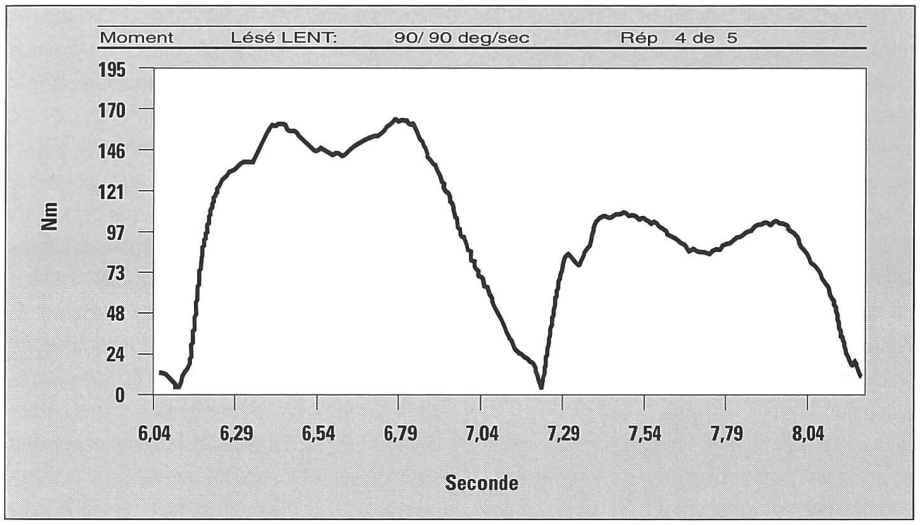

Figure 2: **Aspect en double bosse dans le syndrome femoro-patellaire.**

L'accident de courbe traduisant le plus souvent une inhibition douloureuse de la contraction musculaire, qui ne s'accompagne pas forcément de modifications des valeurs chiffrées mais qui constitue un guide précieux pour le thérapeute en permettant de sélectionner des secteurs angulaires non douloureux.

Lésions ligamentaires

Les lésions du LCA opérées ou non ont été les plus évaluées en isocinétisme. Au décours d'une atteinte du LCA se produit rapidement un déficit global prédominant sur le quadriceps et entraînant une modification du ratio IJ/Q pouvant devenir supérieur à 1 (30, 31, 37, 50, 51, 52). Ces perturbations s'expliquent par la répartition en fibres au sein de ces groupes musculaires. L'amyotrophie touche en premier lieu les fibres de type I qui sont en proportion plus élevée dans le quadriceps que dans les ischiojambiers (53). Fossier, chez 106 sujets atteints de lésion du LCA avec laxité chronique, observe un déficit du quadriceps et des ischiojambiers supérieur à 15% par rapport au coté controlatéral chez environ la moitié des sujets étudiés. Croisier (54) confirme ce déficit du quadriceps et des ischiojambiers dans la moitié des cas de lésion du LCA. Par contre pour lui le déficit moyen (sur 25 sujets) reste modéré, de l'ordre de 9% sur le quadriceps à 60°/s et 6% sur les ischiojambiers à cette vitesse, et de 6% sur les deux groupes à vitesse rapide (240°/s). La diminution de force observée lors des lésions du LCA peut résulter d'une amyotrophie mais peut être symptomatique d'une inhibition réflexe de l'appareil extenseur, liée à la survenue d'un tiroir antérieur lors du mouvement d'extension du genou, et entraînant une incapacité à développer l'effort maximal (13, 50, 55). Croisier (54) note une diminution de la force maximale du quadriceps plus nette à vitesse lente et lorsque le contre appui résistif est distal alors que le déficit n'apparaît pas à vitesse rapide et lorsque le contre appui est disposé au niveau de la tubérosité antérieure du tibia. Ce phénomène tend à confirmer que l'inhibition réflexe joue un rôle important dans la diminution de la force mesurée coté lésé par rapport au coté sain. Il faut enfin préciser qu'il ne semble pas exister de corrélation entre le déficit observé et l'importance et l'ancienneté de la laxité, mais par contre il existe une corrélation entre le niveau d'activité et le déficit musculaire, les compétiteurs ayant un déficit moindre que les sportifs de loisirs (50).

En postopératoire, quelque soit le type de ligamentoplastie réalisée, différentes études (31, 37, 41, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 60) ont montré la persistance, à distance de l'intervention, d'un déficit tant du quadriceps que des ischiojambiers. Concernant le quadriceps le déficit est de l'ordre de 25% (15 à 40%) à un an, de 15% à deux ans, au delà de cette période le déficit tend à disparaître progressivement. Les ischiojambiers sont les moins déficitaires, de 10% seulement en moyenne à 9 mois, et récupèrent rapidement dès la première année pour être le plus souvent plus fort de 10% que les ischiojambiers du coté sain à deux ans (50, 57). Ceci est particulièrement important compte tenu du rôle de stabilisateurs actifs du genou joué par ces muscles. La persistance d'un déficit musculaire important, et surtout d'un déséquilibre du ratio IJ/Q par rapport au coté sain à distance de l'intervention est corrélée à un résultat fonctionnel médiocre (50, 52, 57, 61). Ceci justifie l'intérêt d'un renforcement musculaire précoce après ligamentoplastie afin de restaurer une balance musculaire normale (41). Stringham (62) a montré que le résultat à distance (recul moyen de 34 mois) sur la force musculaire n'est pas corrélé au type de ligamentoplastie, et plus particulièrement entre auto et allogreffe de reconstruction du ligament croisé antérieur. Dans le même sens Yasuda (63) démontre que le prélèvement du demi tendineux et du gracile pour la reconstruction du LCA n'affecte en rien la force des ischiojambiers du coté du prélèvement à 3 mois postopératoires. Osternig (64), a comparé la force musculaire retrouvée chez 7 sujets opérés d'une ligamentoplastie du LCA (recul de 1 à 4 ans) avec celle retrouvée chez 7 sujets témoins comparables et non opérés. Il a testé la force des ischiojambiers de ces 14 sujets à 15, 30, 45 et 60°/s en mode concentrique et excentrique et retrouve chez les opérés une diminution significative de force des fléchisseurs du genou en mode excentrique. Ceci suggère que les muscles ischiojambiers récupérent relativement vite leur force en mode concentrique, mais qu'il persiste un déficit, à distance de l'intervention, en mode excentrique qu'il est bon d'explorer et de combler par un programme spécifique, d'autant plus que ces muscles utilisent préférentiellemnt ce mode de contraction dans les activités sportives habituelles. Dans les atteintes du ligament croisé postérieur Richter (65) a mis en évidence, chez 58 sujets opérés d'une lésion du LCP isolée ou associée à une lésion du LCA et/ou des formations périphériques, un déficit persistant du quadriceps à plus de 7 ans après l'intervention (environ 12% par rapport au coté sain à 60°/s et de 8% à 240°/s). Sur les ischiojambiers le déficit est négligeable, de l'ordre de 3,5%. Le quadriceps assurant le contrôle actif du tiroir postérieur il est indispensable d'en évaluer le force après lésion du LCP, qu'elle soit opérée ou non, et de proposer un programme de renforcement visant à rééquilibrer le ratio IJ/Q.

Le genou rotulien

Le syndrome fémoropatellaire se traduit lors de l'évaluation isocinétique par un accident de courbe survenant dans un secteur angulaire précis et constant pour la même vitesse. Cet accident, qui correspond à une inhibition douloureuse de la contraction musculaire, se retrouve aussi bien sur la courbe correspondant à la contraction du quadriceps que sur celle des ischiojambiers. Il est souvent plus marqué lors du test à basse vitesse angulaire et a un intérêt essentiel pour la rééducation, orientant le renforcement musculaire qui s'effectuera de part et d'autre du secteur douloureux.

Lors des syndromes d'engagement de la rotule, on note un aspect de décroché aux alentours de 30–40° de flexion et particulièrement aux basses vitesses (66, 67, 68, 69, 70). Dans cette pathologie un aspect de double bosse peut être également retrouvé *(fig. 2)*. Le déficit musculaire

observé porte le plus souvent sur le quadriceps mais parfois sur les ischiojambiers isolément ou sur les deux groupes musculaires. Griffon (68), sur une population de 25 patients souffrant de syndrome femoropatellaire, ne retrouve un déficit que sur le quadriceps, de l'ordre de 12% à 60°/s, les ischiojambiers n'étant pas déficitaires par rapport au coté sain. Sabourin (71), sur une population de 83 sujets, note un déficit isolé du quadriceps dans 55 cas, une insuffisance des ischiojambiers 16 fois et un déficit combiné Q-IJ 12 fois. Enfin Campbell (72) retrouve un déficit de l'ordre de 30% sur le quadriceps et les ischiojambiers chez 11 sujets atteints de chondromalacie rotulienne. Ce déficit se corrige après une rééducation appropriée.

Chaine cinétique fermée et isocinétisme

Le travail en chaîne fermée se définit comme la contraction de groupes musculaires synergiques mobilisant les différentes articulations du membre inférieur, le pied constituant un point fixe. Ce mode de contraction se rapproche le plus de la plupart des gestes effectués dans la vie quotidienne: marche, course, impulsion lors du saut... Différentes études (24, 73, 74, 75) ont montré que le travail isocinétique en chaîne fermée ne génère pas plus de contraintes en compression et de tiroir que le travail en chaîne ouverte ou que les activités courantes de la vie quotidienne. En fonction de ces éléments il sera possible d'utiliser précocement le travail isocinétique en chaîne fermée après intervention chirurgicale du genou (76, 77).

En matière d'évaluation l'intérêt de l'isocinétisme en chaîne fermée reste à démontrer. Très peu d'études ont été consacrées à ce sujet. La fiabilité, la reproductibilité des mesures de force dans ces conditions n'ont pas été validées. Or ce préalable serait indispensable car la force enregistrée ne correspond plus à la force développée par un seul groupe musculaire mais par l'ensemble des muscles d'une chaîne cinétique. Seuls Feiring et Ellenbecker (78) donnent des valeurs chiffrées en étudiant la force des fléchisseurs et extenseurs du genou de 23 sujets opérés d'une ligamentoplastie du LCA. Ils observent un déficit des extenseurs du genou de 23 à 26% du coté opéré par rapport au coté controlatéral en chaîne ouverte alors que le déficit n'est que de 7 à 9% en chaîne fermée. Ceci s'explique par la mise en jeu, en chaîne fermée, de l'ensemble des muscles de la chaîne d'extension, masquant le déficit du quadriceps. En rééducation les premiers résultats obtenus avec ce mode de renforcement, tant dans la pathologie ligamentaire que dans le syndrome femoropatellaire, semblent très encourageants (76, 77, 79, 80). Après ligamentoplastie le renforcement en chaîne fermée peut être utilisé très précocement dès la fin du premier mois postopératoire (75, 76). Dans la pathologie femoropatellaire Stiene (80) a montré sur 23 sujets que ce type de renforcement permettait certes un gain de force musculaire mais surtout une amélioration du statut fonctionnel. Des protocoles précis de test et d'entraînement restent à définir lors d'études contrôlées.

RÉFÉRENCES

1) *HISLOP H. J., PERRINE J. J.:* The isokinetic concept of exercice. Phys. Ther. 1967, 47. 114–7.
2) *GOBELET C., GREMION G.:* Mesure de la force musculaire isocinétique du quadriceps et des ischiojambiers. Aspects normaux et pathologiques. In: «Isocinétisme et médecine de rééducation» 1991. Masson: Paris. 75–83.
3) *GROSS M. T., McGRAIN P. and Coll.:* Relationship between multiple predictor variables and normal knee torque production. Phys Ther 1989. 69, 54–62.
4) *FELDER C. R.:* Effect of hip position on quadriceps and hamstring force. Boston University 1977.
5) *PORTERO P.:* Influence de la position de hanche sur l'activité isocinétique maximale des muscles polyarticulaires sagittaux de la cuisse. Ann Kinésithér 1985. 12, 134–7.
6) *HANTEN W. P., RAMBERG C. L. and Coll.:* Effect of stabilization on maximal isokinetic torque of the quadriceps femoris muscle during concentric and eccentric contractions. Phys Therapy 1988. 68, 219–22.
7) *GOETHALS M., VOISIN P., HERLANT M.:* Flexion-extension isocinétique du genou. Effet de l'activité controlatérale simultanée et asymétrique. Ann Kinésithér 1991. 18, 27–34.
8) *KANG S. W., NA Y. M. and Coll.:* Interlimb interaction and stabilization of controlateral leg in isokinetic knee evaluation. Arch Phys Med Rehabil 1997. 78, 497–500.
9) *MILLER J. P., CATLAW K., ANGELOPOULAS C.:* Effect of ankle position on knee flexor and extensor torque. Isok Exer Sci 1996. 6, 153–55.
10) *PONZO F., LECLERC J. L., RACHET O.:* La résistance en tubérosité tibiale antérieure: oui – mais! Ann Kinésithér1992. 19, 209–13.
11) *JURIST K. A., OTIS J. C.:* Anteroposterior tibiofemoral displacements during isometric extension efforts. The role of external load and knee flexion angle. Am J Sports Med 1985. 13, 254–8.
12) *NISELL R., ERICKSON M. O. and Coll.:* Tibiofemoral joint forces during isokinetic knee extension. Am J Sports Med 1989. 17, 49–54.
13) *CROISIER J. L. et al.:* Influence du positionnement du contre appui résistif lors de l'évaluation des ligamentoplasties du genou. In: «Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation» 1995. Masson: Paris, 239–45.
14) *CHATRENET Y., KERKOUR K.:* Isocinétisme et rééducation du genou. In: «Rééducation des lésions ligamentaires du genou chez le sportif» 1996. Masson: Paris, 65–86.
15) *KELLIS E., BALTZOPOULOS V.:* Resistive eccentric exercice: effects of visual feedback on maximum moment of knee extensors and flexors. J Orthop Sports Phys Ther 1996. 23, 120–4.
16) *JOHNSON J., SIEGEL D.:* Reliability of an isokinetic movement of the knee extensors. Research Quartely 1978. 49, 88–90.
17) *KUES J. M., ROTHSTEIN J. M. and Coll.:* Obtening reliable measurements of knee extensors torque produced during maximal voluntary contractions: an experimental investigation. Phys Ther 1992. 72, 492–501.
18) *WILHITE M. R., COHEN E. R. and Coll.:* Reliability of concentric and eccentric measurements of quadriceps performance using Kin-Com dynamometer: the effect of testing order for three different speeds. J Orthop Sports Phys Ther 1992. 15, 175–82.
19) *KERKOUR K., BARTHE M. et al.:* Force musculaire maximale isocinétique des extenseurs et fléchisseurs sagittaux du genou. Ann Kinésithér 1987. 14, 281–3.
20) *DERAMOUDT B., ROCHCONGAR P. et al.:* Etude de la courbe de fatigue du muscle quadriceps en isocinétisme. Ann Réadapt Med Phys 1989. 3, 317–25.
21) *DEAN D.:* Physiology and therapeutic implications of negative work. Phys Ther 1988. 68, 232–7.
22) *CROISIER J. L., CRIELAARD J. M.:* Mise au point d'un rapport isocinétique original fléchisseurs du genou/quadriceps. Application à une pathologie musculaire. J Traumatol Sport 1996. 13, 115–9.
23) *BISHOP K. N., DURRANT E. and Coll.:* The effect of eccentric strength training at various speeds on concentric strength of the quadriceps and hamstrings muscles. J Orthop Sports Phys Ther 1991. 13, 226–30.
24) *KAUFMAN K. R., AN K. and Coll.:* Dynamic joint forces during knee isokinetic eercice. Am J Sports Med 1991. 19, 305–16.
25) *MORRISON J. B.:* Function of the knee joint in various activities. Biomed Eng 1969. 4, 573–80.
26) *NICHOLAS J. J., ROBINSON L. R. and Coll.:* Isokinetic testing in young nonathletic abled-bodied subjects. Arch. Phys. Med. Rehab. 1989. 70, 210–3.
27) *HOLMES J. R., ALDERINK G. J.:* Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring muscles in high school students. Phys Ther 1984. 64, 914–8.
28) *POULIN M. J., VANDERVOOT A. A. and Coll.:* Eccentric and concentric torques of knee and elbow extension in young and older men. Can. J. Spt. Sci. 1992. 17, 3–7.
29) *GOBELET C.:* Force isocinétique de l'enfant à l'adulte. In: «Actualités en rééducation fontionnelle» 1985. Masson: Paris, 49–54.
30) *FOSSIER E., MOLLARD R. et al.:* Evaluation isocinétique de l'insuffisance musculaire musculaire en fin de rééducation. Méthode et application. In: «Muscle et rééducation» 1988. Masson: Paris, 142–51.
31) *KANNUS P.:* Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles strength in the anterior cruciate ligamant insufficient knee. Relationship to long-term recovery. Phys Ther 1988. 68, 961–5.
32) *ALEXANDER M. J. L.:* Peak torque values for antagonist muscle groups and concentric and eccentric contraction types for elite sprinters. Arch Phys Med Rehabil 1990. 71, 334–9.
33) *KRAMER J. F.:* Reliability of knee extensor and flexor torques during continuous concentric-eccentric cycles. Arch Phys Med Rehabil 1990. 71, 460–4.
34) *DVIR Z., DAVID G.:* Suboptimal muscular performance: measuring isokinetic strength of knee extensors with new testing protocol. Arch Phys Med Rehabil 1996. 77, 578–81.

35) *WESTBLAD P., TSAI-FELLANDER L. and Coll.:* Eccentric and concentric knee extensor muscle performance in professional ballet dancers. Clin J Sport Med 1995. 5, 48–52.
36) *DENOT-LEDUNOIS S., FOSSIER E.:* Le rapport ischio-jambiers-quadriceps en isocinétisme: concentrique ou excentrique? Sci Sports 1994. 9, 161–3.
37) *WYATT M. P., EDWARDS A. M.:* Comparison of quadriceps and hamstring torque values during isokinetic exercice. JOSPT 1981. 3, 48–55.
38) *KANNUS P., JARVINEN M.:* Knee flexor/extensor strength ratio in follow-up of acute knee distortion injuries. Arch Phys Med Rehabil 1990. 71, 38–41.
39) *POCHOLLE M., CODINE P.:* Etude isocinétique des muscles du genou chez des footballeurs de première division. Ann Kinésithér 1994. 21, 373–7.
40) *ORCHARD J., MARSDEN J. and Coll.:* Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in australian footballers. Am J Sports Med 1997. 25, 81–5.
41) *CALMELS P., JOUBERT P. et al.:* Déficit musculaire du quadriceps et des ischiojambiers après fracture de jambe. Ann Réadapt Med Phys 1990. 33, 411–9.
42) *POCHOLLE M., CODINE P.:* Rééducation des ligamentoplasties. Choix d'un protocole isocinétique. Ann Kinésithér 1991. 18, 363–8.
43) *GHENA D. R., KURTH A. L. and Coll.:* Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading. J Orthop Sports Phys Ther 1991. 14, 149–54.
44) *HAGEMAN P. A., GILLASPIE D. M. and Coll.:* Effects of speed and limb dominance on eccentric and concentric isokinetic testing of the knee. J Orthop Sports Phys Ther 1988. 10, 59–65.
45) *STAFFORD M. G., GRANA W. A.:* Hamstring/quadriceps ratios in college football players: a high velocity evaluation. Am J Sports Med 1984. 12, 209–11.
46) *WESTING S. H., SEGER J. Y.:* Eccentric and concentric torque velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstrings muscles in female. Int J Sports Med 1989. 10, 175–80.
47) *JONHAGEN S., NEMETH G. and Coll.:* The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. Am J Sports Med 1994. 22, 262–6.
48) *PATON R. W., GRIMSHAW P. and Coll.:* Biomechanical assessment of the effects of significant hamstring injury: an isokinetic study. J Biomed Eng 1989. 11, 229–30.
49) *WORREL T. W., PERRIN D. H. and Coll.:* Comparison of isokinetic strength and flexibility measures between hamstring injured and noninjured athletes. J Orthop Sports Phys Ther 1991. 13, 118–25.
50) *FOSSIER E., CHRISTEL P. et al.:* Principes et intérêt de l'évaluation isocinétique dans les ruptures du ligament croisé antérieur. Rev Chir Orthop 1993. 79, 615–24.
51) *WILK K. E., KEIRNS M. A. and Coll.:* Anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: a six month followup of isokinetic testing in recreational athletes. Isokin Exerc Sci 1991. 1, 36–43.
52) *HARTER R. A., OSTERNIG L. R. and Coll.:* Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstring symmetry following anterior cruciate ligament reconstruction. Arch Phys Med Rehabil 1990. 71, 465–8.
53) *MARCONNET P., KOMI P.:* Stucture, architecture et fonction des muscles striés squelettiques. In: «Muscle et Rééducation» 1988. Masson: Paris, 1–25.
54) *CROISIER J. L, DELCOUR J. P. et al.:* Evaluation isocinétique pré et post-opératoire des ligamentoplasties du genou. In: «Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation» 1994. Masson: Paris, 8–15.
55) *STRATFORD P., AGOSTINO V. and Coll.:* Diagnostic value of knee extension torque tracings in suspected anterior cruciate ligament tears. Phys Ther 1987. 67, 1533–6.
56) *TIMM K. E.:* Postsurgical knee rehabilitation. A five year study of four methods and 5381 patients. Am J Sports Med 1988. 16, 463–8.
57) *SETO J. L., ALLISON S. O. and Coll.:* Assessment of quadriceps/hamstring strength knee ligament stability. Functional and sport activity levels five years after ACL reconstruction. Am J Sports Med 1988. 16, 170–80.
58) *KERKOUR K., MEIER J. L.:* Plasties intra et extra-articulaires combinées. Ann Kinesithér 1987. 14, 465–8.
59) *KNAPIK J. J., BAUMAN C. L. and Coll.:* Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. Am J Sports Med 1991. 19, 76–81.
60) *KRAMER J., NUSCA D. and Coll.:* Knee flexor and extensor strength during concentric and eccentric muscle actions after ACL reconstruction using the semitendinosous tendon and ligament augmentation device. Am J Sports Med 1993. 21, 285–91.
61) *ARVIDSSON I., ERIKSSON E. and Coll.:* Isokinetic thigh muscle strength after ligament reconstruction in the knee joint: results from a 5–10 year follow-up after reconstruction of the anterior cruciate ligament in the knee joint. Int J Sports Med 1981. 2, 7–11.
62) *STRINGHAM D. R., PELMAS C. J. and Coll.:* Comparison of anterior cruciate ligament reconstructions using tendon autograft or allograft. Arthroscopy 1996. 12, 414–21.
63) *YASUDA K., TSUJINO J. and Coll.:* Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons. Am J Sports Med 1995. 23, 706–14.
64) *OSTERNIG L. R., JAMES C. R., BERCADES D. T.:* Eccentric knee flexor torque following anterior cruciate ligament surgery. Med Sci Sports Exerc 1996. 28, 1229–34.
65) *RICHTER M., KIEFER H. and Coll.:* Primary repair for posterior cruciate ligament injuries. An eigth-year followup of fifty-three patients. Am J Sports Med 1996. 24, 298–305.
66) *DAVIES G. J.:* A compendium of isokinetics in clinical usage. 4e Ed. S and S publishers, Wisconsin, 1992.
67) *KERKOUR K., MEIER J. L.:* Place de l'isocinétique dans les syndromes rotuliens. In: «Rééducation 1993». Exp Française, 221–7.
68) *GRIFFON A., BRETON G.:* Intérêt du bilan isocinétique dans les pathologies rotuliennes. In: «Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation» 1994. Masson: Paris, 15–7.
69) *AUGROS R. C., KERKOUR K. et al.:* Intérêt de l'isocinétique dans les syndromes rotuliens. In: «Rééducation 1990». Exp Française, 18–24.
70) *BLACKBURN T. A.:* An introduction to the plica. J Orthop Sport Phys Ther 1982. 3, 171–7.
71) *SABOURIN F., RODINEAU J. et al.:* Rééducation isocinétique dans la pathologie rotulienne. In: «Isocinétisme et médecine de rééducation» 1991. Masson: Paris, 83–90.
72) *CAMPBELL D. E., GLENN W.:* Rehabilitation of knee flexor and knee extensor muscle strength in patients with meniscectomies, ligamentous repairs, and chondromalacia. Phys Ther 1981, 11–15.
73) *HENNING C. E.:* An in vitro strain. Gauge study of elongation of the ACL. Am J Sports Med 1985. 13, 22–6.
74) *YACK H. J.:* Comparison of closed and open kinetic chain exercice in the ACL deficient knee. Am J Sports Med 1993. 21, 49–53.
75) *LUTZ G. E.:* Comparison of tibio-femoral joint forces during open kinetic chain and closed kinetic chain exercices. J Bone Jt Surg 1993. 75, 732–9.
76) *POCHOLLE M., CODINE P.:* Le travail excentrique précoce (T.E.P.) après ligamentoplastie du L.C.A. Ann Kinésithér 1995. 22, 311–6.
77) *IDO G., HEULEU J. N. et al.:* Premier essai d'isocinétique en chaîne fermée fonctionnelle. Ann Réadapt Med Phys 1995. 38, 380.
78) *FEIRING D., ELLENBECKER T. S.:* Single versus multiple joint isokinetic testing with ACL reconstructed patients. Isokin Exer Sci 1996. 6, 109–15.
79) *PUIG P., TROUVE P., MIDDLETON P.:* Le travail en chaîne cinétique fermée dans la rééducation des ligamentoplasties intra-articulaires du genou: intérêts-indications. In: «Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation» 1994. Masson: Paris, 43–6.
80) *STIENE H. A., BROSKY T. and Coll.:* A comparison of closed kinetic chain and isokinetic joint isolation exercice in patients with patellofemoral dysfunction. J Orthop Sports Phys Ther 1996. 24, 136–41.

»L'exercice est aussi important que le pain quotidien.«

Les Entraîneurs **THERA-fit**, motorisés ou non, sont conseillés aux personnes âgées ou handicapées en cas de: problèmes cardiaques et circulatoires, rhumatismes, arthrose, MS, paraplégie, hémiplégie et troubles entraînant une perte de mouvements.

Vous avez désormais la possibilité de faire quelque chose pour votre santé. Envoyez le coupon à votre revendeur spécialisé medica. Vous recevrez une documentation gratuite.

Car pour rester en bonne santé, il est indispensable de bouger!

Degonda-Rehab SA, Rond-Point 8-CP 458, 1001 Lausanne
Reha Med AG, Spalenring 22, 4055 Basel
Hermap AG, Neuhaltenstr. 1, 6030 Ebikon
Compraxis AG, Via Segnale 47, 6612 Ascona
Jardin Medizintechnik AG, Feldmattstr. 10, 6032 Emmen

Nom _____
Prénom _____
Rue _____
NPA/Localité _____

INFO GRATUITE:

THERA-Bewegungstrainer by medica Medizintechnik GmbH