

MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

COMPARAISON ISOCINÉTIQUE DES GENOUX DOMINANT ET NON DOMINANT CHEZ LE HANDBALLEUR



Rapport de travail écrit personnel
présenté par Roland LEHMANN
étudiant en 3^{ème} année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme
d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute
2006/2007

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
1.1. Problématique	1
1.2. Anatomie et Biomécanique	2
1.2.1. Le saut	2
1.2.2. Anatomie du genou	4
1.3. Isocinétisme	6
2. MATERIEL ET METHODE	8
2.1. Population	8
2.2. Matériel	8
2.3. Protocole	9
2.3.1. Echauffement	9
2.3.2. Test isocinétique	10
2.3.2.1. Position du sujet	10
2.3.2.2. Réglage de l'appareil	11
2.3.2.3. Les essais	11
2.3.2.4. L'évaluation	12
3. RESULTATS	12
3.1. Description de la population	13
3.2. Comparaison du coté dominant au coté non dominant	14
3.3. Facteurs associés aux valeurs mesurées	17
4. DISCUSSION	19
4.1. Différence entre le CD et le CND	19
4.1.1. Différence de l'ensemble des joueurs	19
4.1.2. Différence en fonction du poste	20
4.2. Biais	21
5. CONCLUSION	22

1. INTRODUCTION

1.1. Problématique

54% des atteintes concernant les handballeurs touchent le MI. Le genou est l'articulation, toutes confondues, la plus touchée avec 17% des blessures chez les pratiquants de haut niveau et 7% des blessures à un niveau régional. Dans 21% des cas, l'atteinte du genou est une rupture du ligament croisé antérieur (34).

Chez la plupart des auteurs, une faiblesse musculaire isolée, démontrée par la simple comparaison bilatérale est considérée comme un facteur de risque lésionnel potentiel (9, 10, 27, 29) même si quelques auteurs réfutent cette hypothèse (41).

Le tir du handballeur, réalisé en suspension, est une activité répétitive et asymétrique des membres inférieurs. Il sollicite largement l'articulation du genou. En effet, il est très souvent obtenu grâce à la poussée du membre inférieur controlatéral au membre supérieur tenant la balle : communément appelé jambe d'appel ou côté dominant (CD). Compte tenu de la fréquence des tirs lors des entraînements mais également des compétitions, le handballeur sollicite nettement plus le membre inférieur d'appel par rapport au côté non-dominant (CND).

De ce fait, dans ce travail écrit nous voulons comparer, par une approche isocinétique (grâce au CYBEX NORM), le quadriceps et les IJ de chaque membre inférieur, afin de déterminer s'il existe une différence significative de force entre le CD et le CND.

Après quelques rappels biomécaniques nous détaillerons le protocole utilisé. Ensuite nous analyserons et discuterons des résultats obtenus.

1.2. Anatomie et Biomécanique

1.2.1. Le saut

Le saut au handball peut s'apparenter à celui du saut en hauteur (25), tout du moins en ce qui concerne les premières phases. C'est le saut dit "en fente" : passage naturel de la course au saut et maintien prolongé de la position d'envol, permettant un bon équilibre (5). Le saut se décompose en quatre phases successives : la course d'élan, l'impulsion, la suspension et la chute (ou réception).

Le dernier appui de la course d'élan entraîne un léger mouvement excentrique. Les muscles utilisés lors de l'impulsion sont, dans cette situation, freinateurs. Ceci permet un stockage de potentiel d'énergie élastique dans les composantes élastiques séries de l'unité musculotendineuse CD. Il existe un réglage automatique de la prétension active des muscles recrutés, qui permet de combattre la pesanteur. Ceci est également valable lors de la réception (14).

Lors de l'impulsion (fig. 2), le CND est schématiquement en triple flexion. Le CD est en triple extension. La chaîne des extenseurs, qui implique les muscles antigravitaires tient un rôle considérable dans l'intensité de l'impulsion. Les muscles concernés sont :

- les fessiers et les ischiojambiers (IJ) réalisant l'extension de hanche (les ischiojambiers assurent également la stabilité du genou)
- le quadriceps (Q), l'extension de genou (Remarque : couplé aux ischiojambiers, c'est le paradoxe de LOMBARD (13, 26) (fig. 1))
- le triceps sural et les fibulaires réalisent l'extension de cheville (5).

Lors de cette phase, la chaîne est sollicitée en concentrique explosif grâce aux fibres musculaires rapides. Elle s'additionne à la restitution d'énergie emmagasinée lors du dernier appui de la course d'élan (14).

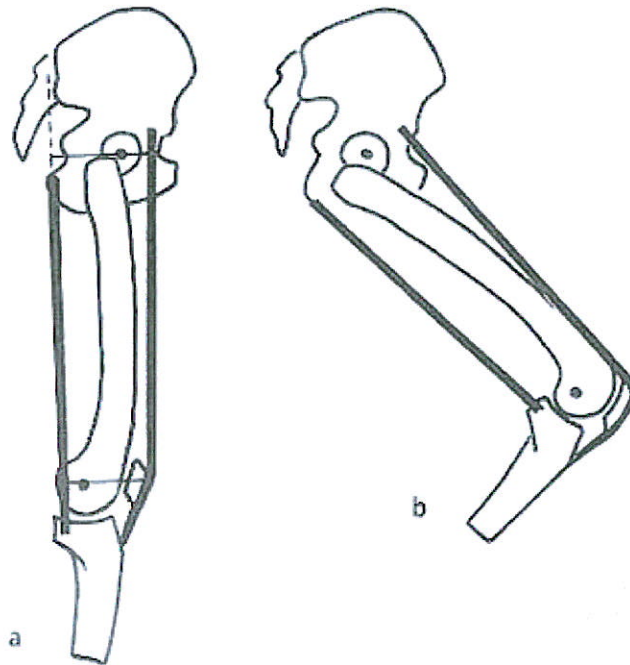


Figure 1 : Paradoxe de Lombard

Lors de la suspension (fig. 3), afin de rester en équilibre, chaque geste est compensé par un autre (22), et met en jeu des ajustements posturaux complexes. L'attitude asymétrique des membres inférieurs est conservée.

La réception se fait sur le CD (fig. 4). Au moment de l'impact au sol, le CD doit amortir le saut. En plus de la chaîne tendineuse (tendon quadricipital, tendon rotulien, tendon d'Achille, aponévrose plantaire), la chaîne des muscles extenseurs est sollicitée en excentrique. Les contraintes se dispersent dans chacune d'entre elles au même moment.



Figure 2 : L'impulsion



Figure 3 : La suspension



Figure 4 : La réception

1.2.2. Anatomie du genou (13, 23)

1.2.1.1. Généralités

Le genou regroupe deux articulations : la fémoropatellaire et la fémorotibiale. Compte tenu de la différence de surface entre les condyles fémoraux et tibiaux (en défaveur du tibia), le genou est très mobile mais peu stable. Il présente deux degrés de liberté : la flexion/extension et la rotation médiale/rotation latérale. Il est asservi aux éléments sus et sous-jacents. Il est donc dans l'obligation de tenir face à la stabilité au sol en plus de l'équilibre en charge du reste du corps.

1.2.1.2. Stabilité passive

Le 1^{er} système de stabilité est le plan fibrocapsuloligamentaire. Il assure la stabilité passive du genou. Tout d'abord la capsule englobe les deux articulations du genou. Elle est tendue dans le plan frontal, et lâche dans le plan sagittal ce qui permet les mouvements de flexion/extension dans de grandes amplitudes. Les ligaments sont de deux types :

- Les ligaments passifs : les ligaments croisés dont le ligament croisé antérieur qui limite le glissement antérieur du genou sous le fémur et inversement pour le ligament croisé

postérieur ; les ligaments collatéraux qui stabilisent le genou dans le plan frontal et limite la rotation latérale

- Les tendons stabilisateurs ou ligaments actifs : ils s'organisent en quatre faces autour du genou. L'avant est occupé par une véritable genouillère physiologique composé du large ancrage terminal de l'appareil extenseur quadricipital (ann. I), intégrant quelques fibres du tractus ilio-tibial et du sartorius. En arrière, les coques condyliennes, origine tendineuse des gastrocnémiens, vont limiter les mouvements d'hyperextension. Sur les latéralités s'attache la triple terminaison du semimembraneux et celle de la patte d'oie en dedans, le tendon du poplité, du semitendineux et le tractus ilio-tibial (ann. II).

1.2.1.3. Stabilité active

Les plans musculaires s'harmonisent pour assurer la stabilité active. Ce sont les muscles reliés aux ligaments actifs. Le plus massif est le quadriceps. Il est en lien avec la masse ischiojambière postérieure. Ces deux groupes musculaires polyarticulaires sont, avec les autres muscles de la patte d'oie et le tenseur du fascia lata, primordiaux dans la stabilité du genou. Ils pilotent le genou et adaptent leur action aussi sur la hanche. Une modification à un niveau peut donc se répercuter sur le genou controlatéral.

Le quadriceps (ann. I) forme le principal appareil extenseur antérieur du genou. Il contrôle l'extension du genou en concentrique, et surtout son degré de flexion en excentrique pour lutter contre la pesanteur. Il est donc essentiel dans la réception d'un saut au sol. Son couplage avec les IJ fait référence au paradoxe de LOMBARD qui les maintient en course moyenne. Il permet en chaîne cinétique fermée (CCF) une extension de hanche et une extension de genou. Il présente une majorité de fibres rapides (56 à 70%), à l'exception du vaste médial (62% de fibres lentes. C'est donc un muscle principalement phasique (8).

L'appareil extenseur postérieur est formé de l'association IJ et gastrocnémiens en CCF. Il est additionné à des muscles ayant un rapport indirect avec le genou : le soléaire et les rétromalléolaires médiaux qui ont un rôle freinateur au niveau de la jambe. Les IJ (ann. II) réalisent un contrôle rotatoire très important. Il présente une grande portion tendineuse permettant une restitution d'énergie lors de leur étirement. Le rapport entre les différents types de fibres musculaires varie selon les auteurs. Certains annoncent une majorité de fibres I (8), d'autres les présentent comme muscles à fibres rapides (30).

1.3. Isocinétisme

Le travail isocinétique n'existe pas dans la physiologie humaine (32). C'est une méthode de bilan et de traitement de plus en plus utilisée en rééducation. Il suit deux grands principes biomécaniques :

- l'asservissement de la force
- la maîtrise de la vitesse (2, 18, 38)

La vitesse est donc prédéterminée et sera constante. Si la vitesse n'est pas atteinte, il n'y a pas d'asservissement. L'isocinétisme présente des avantages de sécurité, de confort, de fiabilité, de reproductibilité (30), pour le masseur-kinésithérapeute (MK). Le praticien choisit le mode de travail (concentrique, isométrique, excentrique), et la vitesse du débattement articulaire. La variation des vitesses provoque un recrutement préférentiel de fibres musculaires. Il existe une corrélation entre les vitesses rapides (plus de 180°/sec) et le recrutement des fibres de type II (20, 24, 37). Dans notre étude, nous travaillons en mode concentrique. Le mode excentrique est de plus en plus utilisé et permet de se rapprocher d'avantage du geste sportif. Cependant, il a été montré un risque de blessure avec ce type de bilan. Nous l'avons donc shunté pour éviter toutes lésions des sportifs testés (9, 15).

L'aspect qualitatif de l'isocinétisme se traduit par l'analyse des courbes. C'est une "imagerie musculaire" mais qui ne doit pas être utilisée pour faire un diagnostic. Elle est donc très utile pour mettre en place un programme analytique et sectoriel de rééducation (30, 39).

Les paramètres quantitatifs (2, 3, 18) étudiés sont :

- le moment de la force maximum ou pic de couple (N.m) : c'est le maximum de force développée par le sujet lors de l'effort
- l'angle de pic de couple
- le travail (en Joules J) : c'est "l'aire sous la courbe" et donc l'accumulation de la force développée par le sujet tout au long de l'effort. Ce paramètre étudie le travail d'une seule contraction
- le travail total de la série s'intéresse à l'ensemble des contractions de la série
- la puissance (en Watt W) : c'est le quotient du travail par le temps
- le ratio agoniste/antagoniste
- le temps d'accélération

La puissance moyenne, qui représente l'effort fourni par le sujet sur l'amplitude totale de l'articulation, possède une excellente reproductibilité contrairement au moment de la force maximum (6, 40)

L'équilibre du ratio agoniste/antagoniste peut être modifié chez le sportif présentant une gestuelle récurrente (39). Un déséquilibre peut être à l'origine de pathologies (11, 20). C'est pourquoi, il serait également intéressant d'analyser ce ratio chez le handballeur.

Les contre-indications de l'isocinétisme sont le syndrome algodystrophique, un épanchement important de l'articulation, un balayage articulaire insuffisant, une fracture non consolidée, etc....

Le genou est sans doute l'articulation la plus facile à tester grâce à son excellente reproductibilité en flexion/extension et le peu de compensations possibles. Elle a d'ailleurs été la première à être testée (21).

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Population

Notre étude a été effectuée sur 31 handballeurs, tous de sexe masculin. Ils évoluent dans les différentes équipes seniors du club de l'A.S.P.T.T. NANCY-VANDOEUVRE (Division 2, Nationale 3 et Excellence). Les tests ont été effectués sur des sportifs ne présentant pas d'antécédent au niveau du genou ni de douleur au moment de l'évaluation. Ils ont été réalisés en fonction des disponibilités des joueurs entre 9h et 16h, toujours le lendemain d'un entraînement, après accord du médecin du club.

2.2. Matériel

Le CYBEX NORM (27) est le dynamomètre isocinétique utilisé (fig. 5). Il permet une évaluation et un renforcement isométrique et concentrique et excentrique. Il est muni d'une assise couplée à un appareil de mesure de la force musculaire qui, grâce à un ordinateur, transcrit les résultats obtenus. La profondeur, l'inclinaison et la rotation du siège sont modifiables. Une butée, contre laquelle le sujet pousse, est modulable en hauteur. Le rétrocontrôle essentiel à la rééducation (2), n'est pas utilisé pendant le bilan.



Figure 5 : Cybex NORM

2.3. Protocole

2.3.1. Echauffement

En arrivant, le sujet reçoit une feuille à compléter afin que nous puissions affiner notre étude. Il y précise son nom, prénom, âge, taille, poids, poste, nombre d'entraînements et niveau de jeu (ann. III).

Avant le test, le sujet réalise un échauffement cardiorespiratoire et musculaire sur bicyclette ergométrique pendant 10 minutes. Nous en profitons pour lui expliquer le principe de l'isocinétisme ainsi que le déroulement du test : il doit enchaîner les mouvements d'extension/flexion sans s'arrêter et dans toute l'amplitude prédéfinie. Nous le motivons et le mettons en confiance afin d'obtenir ses meilleures performances (31).

2.3.2. Test isocinétique

2.3.2.1. Position du sujet

Le sujet est assis, sanglé sur le siège au niveau du tronc et de la cuisse coté testé afin d'éviter toutes compensations parasites. La butée tibiale est placée deux travers de doigt au dessus de la malléole externe. Une sangle entoure la jambe afin qu'elle soit solidarisée à la butée à la fois en flexion et en extension (fig. 6). L'axe articulaire du genou est aligné avec l'axe de rotation de l'appareil (fig. 7) (2, 27, 29). Le sujet positionne ses mains sur les poignées de maintien. Le dossier est incliné à 85° par rapport à l'horizontal afin de détendre les ischiojambiers et d'être dans la position la plus confortable pour le test.

Le coté non testé est bloqué en avant du tibia par une autre butée.

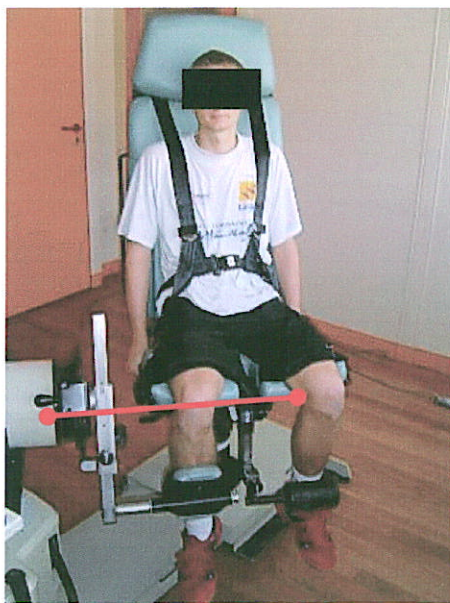


Figure 6 : Position du sujet

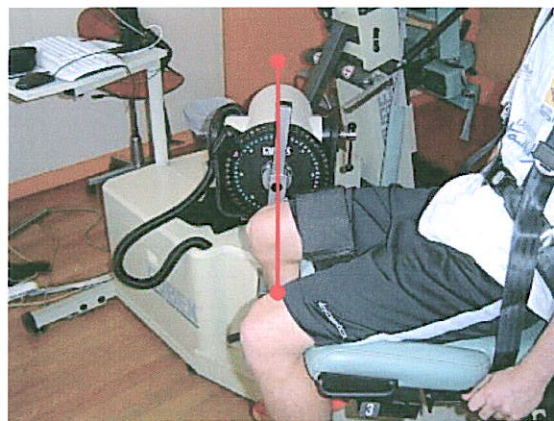


Figure 7 : Alignement des axes

2.3.2.2. Réglage de l'appareil

Afin de ne pas faciliter le travail des ischio-jambiers et ne pas défavoriser celui du quadriceps une suppression de l'effet gravitationnel est nécessaire (2, 27, 29). Ce calcul est réalisé automatiquement par l'ordinateur. L'amplitude du balayage articulaire est également fixée pour une meilleure reproductibilité : elle correspond à 110° à partir du zéro anatomique du genou de chaque handballeur (fig. 8 et 9).



Figure 8 : Position du zéro anatomique

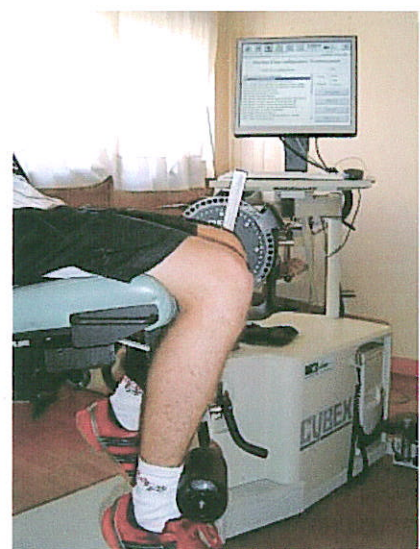


Figure 9 : Position à 110° de flexion

2.3.2.3. Les essais

C'est la première partie du test. Elle permet au sujet de finir son échauffement et de se familiariser avec le mode concentrique de l'isocinétisme (2, 27, 29). Nous demandons au sujet de développer une force sub-maximale. D'un test à l'autre nous alternons le premier membre testé afin de ne pas favoriser un coté par rapport à l'autre. Dans la moitié des cas le CD est testé en premier, le CND pour l'autre moitié. Le sujet débute le test par la vitesse lente et termine par la vitesse rapide, ceci afin d'acquérir un meilleur apprentissage et d'avoir une meilleure reproductibilité (27, 29).

Le sujet réalise 5 mouvements d'allers-retours en extension (fig. 8) /flexion (fig. 9) concentriques à vitesse lente (60°/seconde). Nous réalisons immédiatement après l'essai l'évaluation à la même vitesse.

Puis il réalise 5 mouvements d'allers-retours en extension (fig. 8) /flexion (fig. 9) concentriques à vitesse rapide (180°/seconde). Nous réalisons immédiatement après l'essai l'évaluation à la même vitesse.

2.3.2.4. L'évaluation

L'évaluation reprend les mêmes principes que les essais (même position, vitesse, balayage articulaire, nombre de répétitions), mais nous demandons au sujet de développer une force maximale. De plus, le MK stimule verbalement le sujet pour obtenir la meilleure contraction possible (2).

Une phase de repos de 2 minutes est accordée entre le CD et le CND et de 30 sec entre chaque vitesse testée. Les tests ont été effectués par le même thérapeute afin d'avoir une bonne reproductibilité (2, 18).

Suite à ces évaluations, nous avons recueilli les résultats du travail total, du travail total de la série et de la puissance moyenne pour chaque joueur (ann. IV). Les autres paramètres pouvant être observés ne sont pas analysés car ils représentent moins d'intérêts pour l'examen global du membre inférieur ou génèrent trop de données.

3. RESULTATS

L'analyse statistique a été réalisée par un statisticien du service d'épidémiologie clinique, CEC-INSERM, Hôpital Marin, CHU de Nancy.

3.1. Description de la population

Nous avons recueilli les résultats de chaque paramètre et calculé pour chacun la moyenne et l'écart-type (ann. V). Les valeurs quantitatives sont exprimées en moyenne \pm écart-type. La population étudiée présente :

- un âge de 21.84 ± 3.46 années
- une taille de 184.06 ± 5.85 cm
- un poids de 80.97 ± 10.14 kg
- un nombre d'années de pratique de 11.13 ± 3.98 années.

Les variables qualitatives sont données en pourcentage. Sur 31 sujets, tous n'ont pas le même poste (fig. 10). En effet, il y a :

- 7 ailiers (22.58%)
- 16 arrières (51.61%)
- 5 demi-centres (16.13%)
- 3 pivots (9.68%).

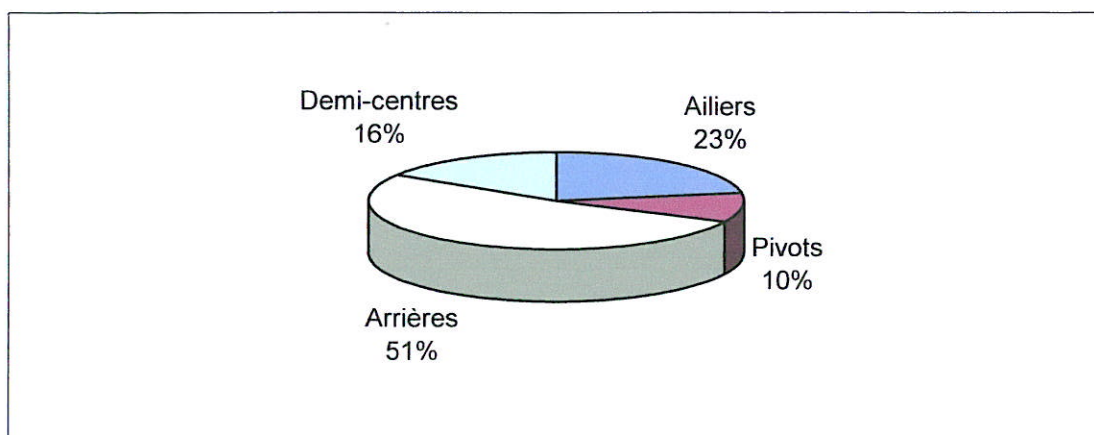


Figure 9 : Répartition des joueurs en fonction des postes

Leur nombre d'entraînements est de :

- un par semaine pour 8 joueurs (25.81%)
- trois par semaine pour 13 joueurs (41.94%)
- cinq par semaine pour 10 joueurs (32.26%).

Parmi les différentes équipes, 8 joueurs évoluent en Excellence (25.81%), 13 joueurs en Nationale 3 (41.94%) et 10 joueurs en Division 2 (32.26%).

Il faut également tenir compte du CD ou du CND :

- le membre inférieur droit est dominant pour 6 joueurs (19.35%)
- le gauche pour 25 joueurs (80.65%)

3.2. Comparaison du coté dominant au coté non dominant

La méthode utilisée pour déterminer la pertinence des résultats est le test t apparié. Lorsque la probabilité « p » est inférieure à 0.05, le résultat est significatif. Parmi les différences, nous avons relevé ces différences significatives entre :

- le travail total du quadriceps du CD et du CND à 180°/sec ($p = 0,0321$) en faveur du CD (+9.3226 J en moyenne) (fig. 11)

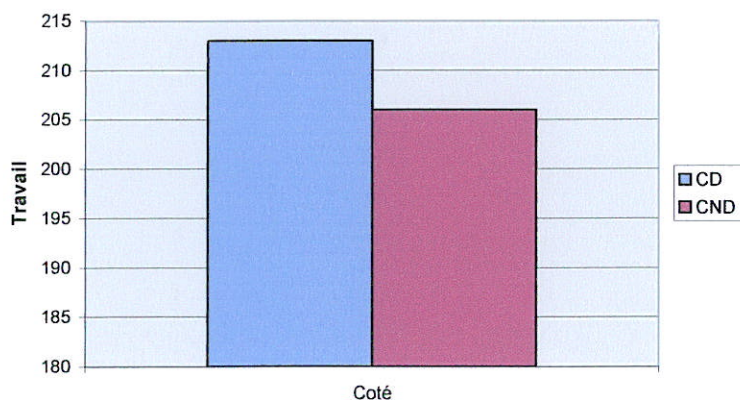


Figure 11 : Travail total du quadriceps à 180°/sec (en J)

- le travail total de la série du quadriceps du CD et du CND à 60°/sec ($p = 0,0009$) en faveur du CD (+79.419 J en moyenne) (fig. 12)

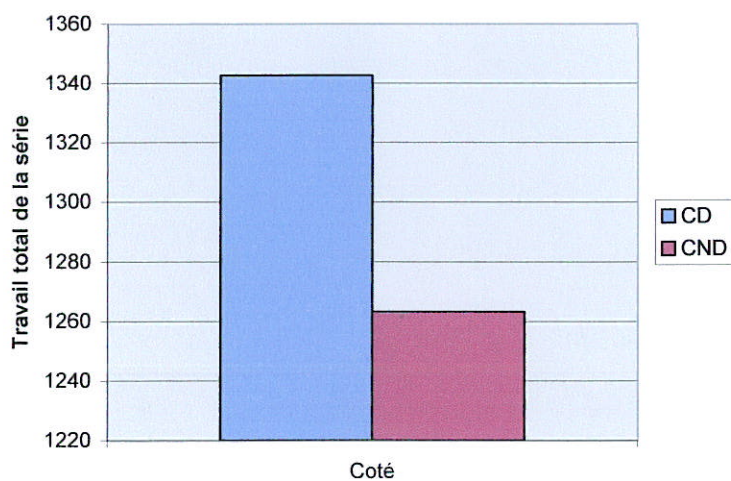


Figure 12 : Travail total de la série du quadriceps à 60°/sec (en J)

- la puissance moyenne du quadriceps du CD et du CND à 60°/sec ($p = 0,0276$) en faveur du CD (+6.3452 W en moyenne) (fig. 13)

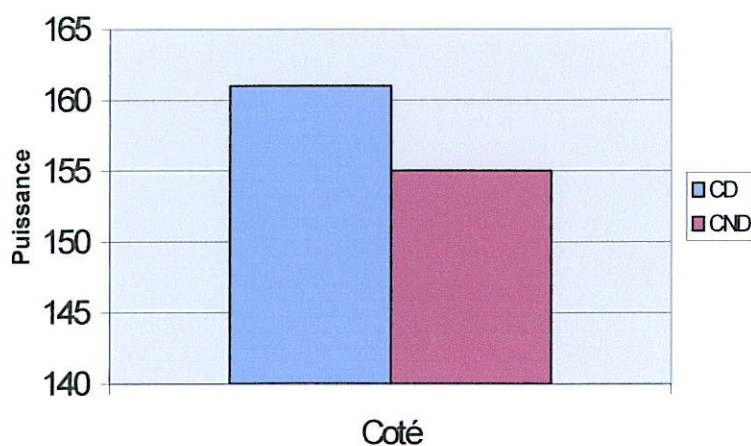


Figure 13 : Puissance moyenne du quadriceps à 60°/sec (en W)

- la puissance du quadriceps du CD et du CND à 180°/sec ($p= 0,0422$) en faveur du CD (+17.248 W en moyenne) (fig. 14)

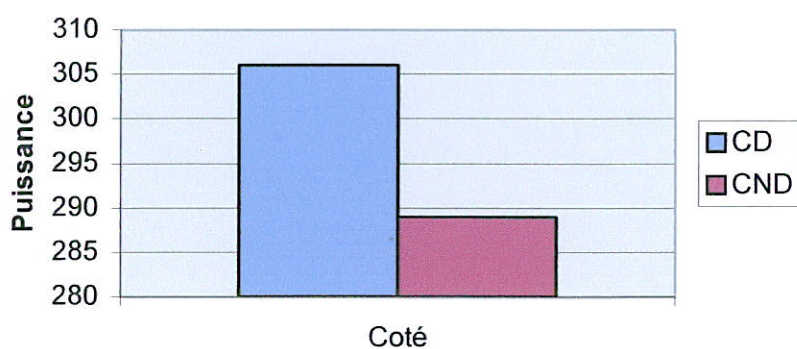


Figure 14 : Puissance du quadriceps à 180°/sec (en W)

Aucune différence significative ne s'est révélée au niveau des autres paramètres du quadriceps ainsi que des fléchisseurs de genou.

3.3. Facteurs associés aux valeurs mesurées

L'objectif est de voir si certaines des caractéristiques des sujets influencent les valeurs mesurées. Nous avons créé des variables « delta » qui correspondent au rapport entre le CD et le CND :

$$\Delta = (\text{valeur dominante} - \text{valeur non dominante}) / \text{valeur non dominante}$$

Une différence significative est mise en évidence sur le poste du handballeur pour le travail total des extenseurs de genou à 60°/secondes. En effet, la probabilité « p » est de 0,0204 (inférieur à 0,05). Les valeurs sont récapitulées dans le tableau suivant (tab. I, fig. 15).

Tableau I : Travail total moyen du quadriceps en fonction des postes

Poste	CD	CND
Ailier	272,43	238,71
Arrière	295	296,68
Demi-centre	268	270
Pivot	293	261

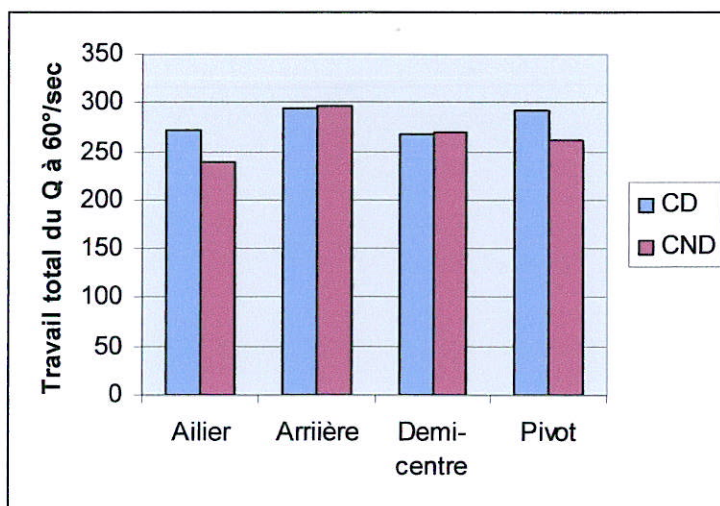


Figure 15 : Travail total du Q à 60°/sec en fonction du poste (en J)

Il en est de même pour la puissance du Q à 60°/sec : une différence significative ($p = 0,0469$) existe entre ce paramètre et l'emplacement du joueur sur le terrain (tab. II, fig. 16).

Tableau II : Puissance moyenne du quadriceps en fonction des postes

Poste	CD	CND
Ailier	150,27	132,33
Arrière	168,35	166,87
Demi-centre	159	156,04
Pivot	153,83	142,97

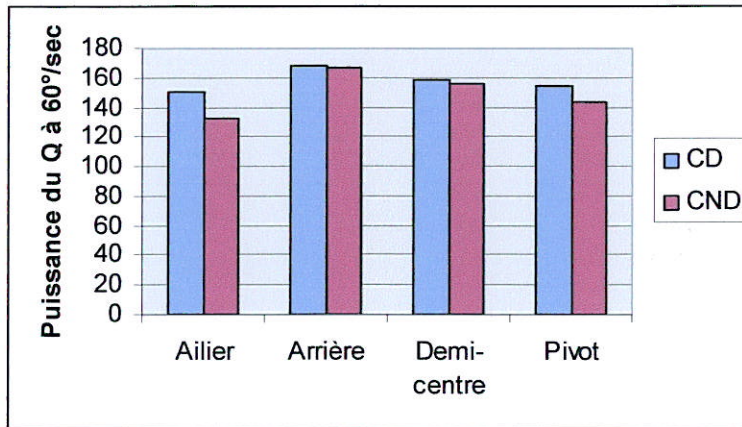


Figure 16 : Puissance du Q à 60°/sec en fonction du poste (en W)

Il n'existe pas de corrélation par rapport :

- à l'âge
- au poids
- à la taille
- au nombre d'années de pratique
- au niveau de jeu
- au nombre d'entraînements

4. DISCUSSION

4.1. Différence entre le CD et le CND

4.1.1. Différence de l'ensemble des joueurs

La comparaison entre le CD et le CND met en évidence, pour certains paramètres, une force du Q du CD légèrement supérieure à celle du CND. En effet :

- un travail total (180°/seconde) supérieur à **3,29%**
- un travail total de la série (60°/seconde) supérieur à **5,92%**
- une puissance CD (60°/seconde) supérieure à **3,73%**
- une puissance CD (180°/seconde) supérieure à **5,55%**

Ces résultats sont à relativiser puisque la littérature relate le fait qu'une différence de force a le mérite d'être retenue si elle supérieure à 5% pour PROU (9) ou 10% pour CROISIER (31).

Si l'on se base sur CROISIER (9), ces différences ne nous permettent pas de conclure à une prédominance du CD par rapport au CND. Ceci vient corroborer les autres études de comparaison entre les deux membres inférieurs de sujets sains ou de sportifs de haut niveau (12, 27, 29, 33, 43).

Si on se réfère à PROU *et al.* (31), une différence en faveur du quadriceps du CD est présente. Mais là aussi, il convient de relativiser nos propos puisque cette différence est très peu supérieure à 5% et ne concerne que deux types de données.

En d'autres termes, par notre étude, nous ne montrons pas une différence musculaire significative entre un CD et un CND, chez le joueur sain, malgré l'aspect asymétrique du geste handballistique.

Les exigences des performances deviennent de plus en plus importantes pour les sportifs, notamment ceux de haut niveau. Les joueurs sous contrat doivent maintenir un état de forme et de bonne santé. La prévention des blessures est donc un enjeu majeur dans le suivi de ces sportifs, afin de préserver au mieux leurs qualités physiques. La prévention passe en partie par une évaluation précise. Les appareils isocinétiques permettent de réaliser des bilans rigoureux, par les aspects qualitatifs et quantitatifs qu'ils apportent. Ils permettent de démasquer une éventuelle différence significative de force musculaire. Cette différence pourrait alors représenter un facteur de risque. Il est du ressort du MK de détecter ces facteurs de risque. Par exemple, si une inégalité importante de force musculaire est décelée entre les deux membres inférieurs, il semble nécessaire que le thérapeute mette en œuvre une action prophylactique en corrigeant ce défaut. L'isocinétisme peut alors être utilisé comme moyen précis d'harmonisation des forces. Les bilans isocinétiques étant coûteux, ceci s'applique essentiellement aux handballeurs professionnels.

4.1.2. Différence en fonction du poste

Pour autant, certains sujets présentent des écarts significatifs (car supérieures à 10%) entre le CD et le CND (tab. III). Ces inégalités peuvent être corrélées au poste occupé par ces joueurs. Au handball, les joueurs de champs sont séparés en 2 familles : les avants et les arrières. Les avants regroupent les ailiers et les pivots. Les arrières concernent les arrières proprement dits et les demi-centres. Les exigences physiques ne sont pas les mêmes en fonction de la place occupée (1). Cette différence est beaucoup plus importante pour les avants (ailiers et pivots) que pour les arrières (arrières et demi-centres) (fig.15 et 16). Cependant, notre étude portant sur peu de sujets et cette différence ne concernant que le travail total et la puissance moyenne à 60°/seconde, il serait donc intéressant d'approfondir ce

domaine d'étude, pour corroborer significativement une différence musculaire CD et CND en fonction d'un poste.

Tableau III : Différence des moyennes en fonction du poste

Poste	Travail total à 60°/sec	Puissance moyenne à 60°/sec
Ailier	12,37%	11,94%
Arrière	-0,57%	0,88%
Demi-centre	-0,75%	1,86%
Pivot	10,92%	7,06%

4.2. Biais

L'étude est tout de même éloignée de la physiologie fonctionnelle. En effet, les mouvements sont exécutés en chaîne cinétique ouverte sur CYBEX, alors que le saut du handballeur est effectué en chaîne cinétique fermée. Il serait alors intéressant de réaliser cette même analyse en chaîne cinétique fermée (27, 29).

De plus, le quadriceps travaille fonctionnellement en concentrique à l'instant de l'impulsion dans le saut, mais la réception se fait en excentrique. Les IJ sont toujours en action de façon excentrique afin de stabiliser le genou. Nous avons testé le quadriceps et les IJ en concentrique/concentrique. Nous avons choisi le mode concentrique afin d'éviter tous risques de blessures (9, 15), surtout chez les joueurs professionnels de 2^e division. Néanmoins, il est difficile de faire des mesures de force musculaire analytique dans des conditions du geste sportif pur.

Le triceps sural et les fléchisseurs dorsaux de cheville ont une action tout aussi importante sur le genou en chaîne cinétique fermée. Nous pourrions donc aussi nous intéresser à l'analyse de ces groupes musculaires.

D'autre part, la littérature préconise quelques séances d'accoutumance à l'isocinétisme avant de passer les tests (27, 29). Pour des raisons de disponibilité et de temps, cette condition n'a pas pu être remplie. Si certaines conditions sont remplies (31), ce à quoi nous nous sommes attachés, il est tout de même possible d'obtenir des résultats reproductibles dès la première séance.

Certaines études montrent une modification de la force en fonction du rythme circadien (7, 17, 42). Compte tenu des disponibilités des joueurs et de l'obligation de faire les tests au centre de rééducation, nous n'avons pas pu imposer un horaire de passage identique pour tous. En temps normal, il aurait été préférable de fixer une heure d'évaluation.

5. CONCLUSION

La comparaison bilatérale de la force musculaire est régulièrement utilisée comme technique de bilan. Les machines d'isocinétisme nous ont permis une nette avancée dans cette analyse. L'examen musculaire isocinétique, avec un protocole précis, nous permet de mesurer précisément la force présente chez le handballeur. Dans notre étude, aucune différence significative de l'appareil extenseur et fléchisseur du genou, en chaîne cinétique ouverte, entre le CD et le CND n'a été démontrée. Avec quelques différences de protocole, ceci vient corroborer une étude similaire réalisée sur une ethnie différente dans le même domaine sportif (43).

Dans le milieu sportif, l'isocinétisme est un outil performant et précis en matière de bilan et moyen de rééducation (9). Chez les joueurs professionnels, la prévention des blessures est un enjeu majeur, le M.K. s'il le peut, doit utiliser cette technologie pour mettre en avant un éventuel facteur de risque.

Les capacités physiques divergent en fonction des secteurs de jeu occupés sur le terrain (1). En classant les résultats par poste, le travail révèle une inégalité notable pour les avants (ailiers et pivots). Cette divergence peut présenter un risque pathologique (9, 10, 27, 29). Il semblerait alors que certains postes présentent plus de facteurs de risque que d'autres. Le nombre insuffisant de joueurs (7 ailiers et 3 pivots) ne nous permet pas de la généraliser. Avec un plus grand effectif de sportifs occupant ces places, il semble donc pertinent à nos yeux, de continuer notre travail dans ce sens.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ALBA P.** – Guide de travail. – Direction technique nationale fédéraux d’entraînement FFHB. – Paris : 1997.- 76p.
2. **ANAES / Service évaluation des technologies – Service évaluation économique / Février 2001.** Les appareils d’isocinétisme en évaluation et en rééducation musculaire : intérêt et utilisation, p20.
3. **ANAES / Service évaluation des technologies - Service évaluation économique / Février 2001.** Les appareils d’isocinétisme en évaluation et en rééducation musculaire : intérêt et utilisation, p22 et 23.
4. **ANAES / Service évaluation des technologies – Service évaluation économique / Février 2001.** Les appareils d’isocinétisme en évaluation et en rééducation musculaire : intérêt et utilisation, p36.
5. **AUBERT F., BLANCON T., LEVICQ S.** - Athlétisme Tome 2 : Les sauts – Paris : Revue E.P.S, 2004 – 255 p.
6. **BENNELL K., WAJSWELNER H., LEW P., SCHALL-RIAUCOUR A., LESLIE S., PLANT CIRONE J.** - Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury Australian Rules footballers. - Br J Sport Med 1998;32:309-14.
7. **CALLARD D., DAVENNE D., GAUTHIER A., LAGARDE D., VAN HOECKE J.** – Circadian rhythms in human muscular efficiency : continuous physical exercise versus continuous rest. A crossover study. – Chronobiol. Int., 2000, 17, 5, p. 693-704.
8. **COMETTI G.** – Méthodes modernes de musculation : les bases scientifiques. – Centre d’expertise de la performance. – 1996, 350 p.

- 9. CROISIER JL.** - Isocinétisme et prévention lésionnelle musculaire. - HERISSON C., RODINEAU J. - Muscle traumatique et mécanique - Paris : Masson, 2005 – p. 173 - 178.
- 10. CROISIER JL., CRIELAARD JM.** – Expérience de l’isocinétisme dans l’encadrement sportif. – J. Traumatol. Sport, 21, 4, p. 238-243.
- 11. CROISIER JL., CRIELAARD JM.** – Mise au point d’un rapport isocinétique original fléchisseurs du genou/quadriceps. - Journal de traumatologie du sport, 1996, 115, 9.
- 12. DELEMME Y., POCHOLLE M., LASSAU V.** – Isocinétisme et football professionnel. – Ann. Kinésuthér., 1999, 26, 6 p. 251-264
- 13. DUFOUR M., PILLU M.** - Biomécanique fonctionnelle : Membres – Tête – Tronc – Paris : Masson, 2005, 568 p.
- 14. ESNAULT M., VIEL E.** – Le membre inférieur et le pied du sportif (course, sauts et impulsions). – VIEL E. – La marche humaine, la course et le saut. – Paris : Masson, 2000. – p.213-237.
- 15. GEORGE J. DAVIES, MED, PT, ATC.** –Eccentric exercise from a clinical perspective. - GEORGE J. DAVIES, MED, PT, ATC. – A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. – Onalaska, Wisconsin : Banta compagny menasha, 1987. – p. 359-394. – 3^e éd.
- 16. GENOT C., NEIGER H.** – Kinésithérapie : principes, bilan, techniques passives et actives de l’appareil locomoteur. – Paris : Flammarion, 1983 : p. 99-130
- 17. GIACOMONI M., EDWARDS B., BAMBAEICHI E.** – Gender differences in the circadian variations in muscle strength assessed with and without superimposed electrical twitches. – Ergonomics, 2005, 48 (11-14) : 1473-87.
- 18. GHOZLANE L.** – L’évaluation isocinétique du genou. – J. Traumatol. Sport, 2003, 20, 2, p. 105-109.

- 19. GROSS MT, HUFFMAN GM, PHILLIPS CN, WRAY JA.** - Intramachine and intermachine reliability of the biodex and cybex(R) II for knee flexion and extension peak torque and angular work. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991;13:329-35.
- 20. HEULEU JN, CODINE P, SIMON L.** – Isocinétisme et médecine de rééducation. – Paris : Masson, 1991, 147 p.
- 21. HISLOP HJ., PERRINE JJ.** – The isokinetic concept of exercise. *Phys. Ther.*, 1967 ; 47 : 114-7
- 22. HOUVION M., PROST R., RAFFIN-PEYLOZ H.** - Traité d'athlétisme Vol. 3 : Les sauts - 2^e édition – Paris : VIGOT, 1992 - 479 p.
- 23. KAMINA P.** – Précis d'anatomie clinique : anatomie générale, organogénèse des membres, membre supérieur, membre inférieur. – Tome I. – Paris : Maloine, 2002. – 573p.
- 24. KERKOUR K., MEIER JL., GOBELET C., AUGROS C.** – Isocinétique et renforcement musculaire. – SEZE J., DEBEYRE J., HELD J.P. – Rééducation. – Paris : Expansion scientifique française, 1988. – p. 257-262.
- 25. LAFFAYE G.** - La régulation de la raideur au cours du saut. – Doctorat de Sciences du Sport et de la Motricité : Université Paris sud XI, Ecole doctorale 456 « Sciences du Sport et de la Motricité » : 2001 – 267 p.
- 26. PENINO G.** – Analyse du paradoxe de Lombard lors de l'action de se lever. – *Annales de Kinésithérapie*, 1990, 17, 9, p. 433-442
- 27. POCHOLLE M.** – L'isocinétisme aujourd'hui : les tests. – *Ann. Kinésithér.*, 2001, 28, 5, p. 208-221
- 28. POCHOLLE M., CODINE P.** - Evaluation isocinétique du genou. - *Annales de kinésithérapie*. – Paris : Masson. 2000, 4-10.

- 29. POCHOLLE M., CODINE P.** – Les tests isocinétiques du genou. – Kinésithérapie scientifique – 2000, 397, p6-13
- 30. POCHOLLE M., CODINE P.** – Mesure de la force musculaire isocinétique. – Analyse des graphes, aspects normaux et pathologiques. – Kinésithérapie scientifique – 1993, 322, p10-14
- 31. PROU E., SZCZOT A., BENEZET P.** – Evaluation isocinétique des effecteurs du genou : effets de l'apprentissage, de la latéralisation et de la stabilisation du membre controlatéral. – J. Traumatol. Sport, 2004, 21, 4, p. 197-203.
- 32. PUJO M., LEDUNOIS S., FOSSIER E.** – Isocinétisme sur appareil Cybex. - Kinésithérapie scientifique, 1988, 267, p.4-11
- 33. ROCHCONGAR P.** Evaluation isocinétique des extenseurs et fléchisseurs du genou en médecine du sport : revue de la littérature. Annales de réadaptation et de médecine physique, 2004, 47, p274 - 281.
- 34. SEIL R., RUPP S., TEMPELHOF S., KOHN D.** – Sports injuries in team handball. A one-year prospective study of sixteen men's senior team of a superior nonprofessional level. – The american journal of sports medicine, 1998, 26, 5, p.681-687.
- 35. THIGPEN LK, BLANKE D, LANG P.** - The reliability of two different Cybex isokinetic systems. J Orthop Sports Phys Ther 1990;12:157-62.
- 36. THOMPSON MC, SHINGLETON LG, KEGERREIS ST.** - Comparison of values generated during testing of the knee using the Cybex II Plus and Biodex Model B-2000 isokinetic dynamometers. J Orthop Sports Phys Ther 1989;11:108-15.
- 37. THORSTENSSON A., GRIMBY G., KARLSSON J.** – Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. – J. Applied Physiology, 1976 ; 40 : 12-5

- 38. VAILLANT J.** - Appareils d'isocinétisme : intérêt et utilisation en évaluation et en rééducation musculaire (1^e partie). - Kinésithérapie scientifique, 2003, 434, p51 – 52.
- 39. VAILLANT J.** - Appareils d'isocinétisme : intérêt et utilisation en évaluation et en rééducation musculaire (2^e partie). - Kinésithérapie scientifique, 2003, 435, p53 - 54.
- 40. WILK K.D., JOHNSON R.E.** – The reliability of the Biodex B-2000. Phys. Ther. 1988, 68, 792.
- 41. WORELL T., PERRIN D., GANSNEDER B.** – Comparison of isokinetic strength and flexibility measures between hamstring injured and non-injured athletes. – J. Orthop. Phys. Ther., 1991, 13 : 118-25
- 42. WYSE JP., MERCER TH., GLEESON NP.** – Time-of-day dependence of isokinetic leg strength and associated interday variability. – Br. J. Sports Med., 1994, 28(3) : 167-70.
- 43. ZOUITA A., BENMOUISA, LAYOUNI R., PZIRI C., BEN SALAH F-Z., HAMMANI N.** - Exploration isocinétique de la force musculaire au niveau du genou chez des handballeurs tunisiens. - Journal de traumatologie du sport, 2005, Vol.22, n°4, p. 226 - 231.

SITE INTERNET :

http://www.letempledelaforme.com/anatomie/anatomie/vaste_externe.htm

http://www.letempledelaforme.com/anatomie/anatomie/droit_anterieur.htm

http://www.letempledelaforme.com/anatomie/anatomie/biceps_femoral_long.htm

http://www.letempledelaforme.com/anatomie/anatomie/biceps_femoral_court_.htm

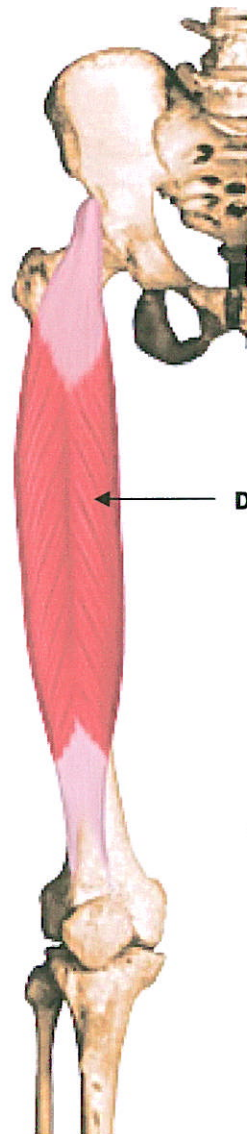
http://www.letempledelaforme.com/anatomie/anatomie/demi_membraneux.htm

<http://www.letempledelaforme.com/anatomie/anatomie/demi-tendineux.htm>

http://www.has-sante.fr/portail/display.jsp?id=c_271884

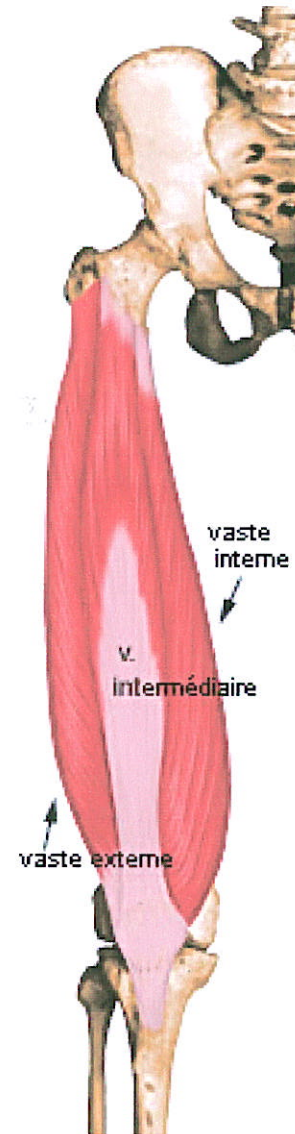
ANNEXES

ANNEXE I: Anatomie du quadriceps



Droit fémoral

Plan superficiel

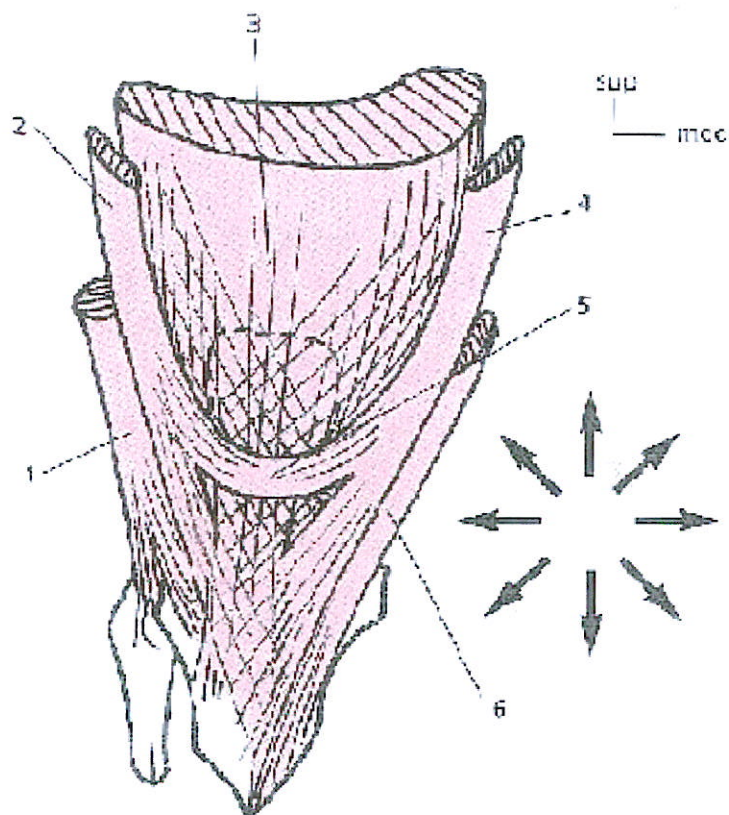


vaste interne

v. intermédiaire

vaste externe

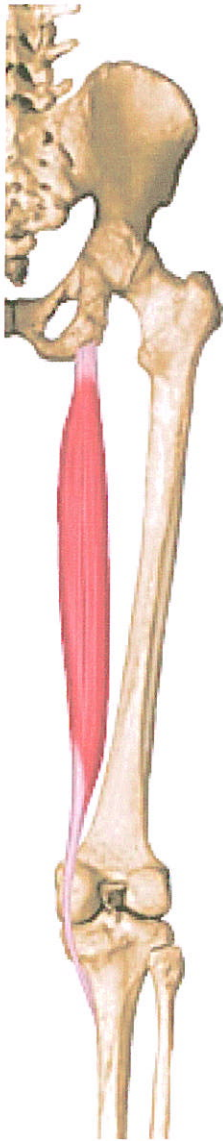
Plan profond



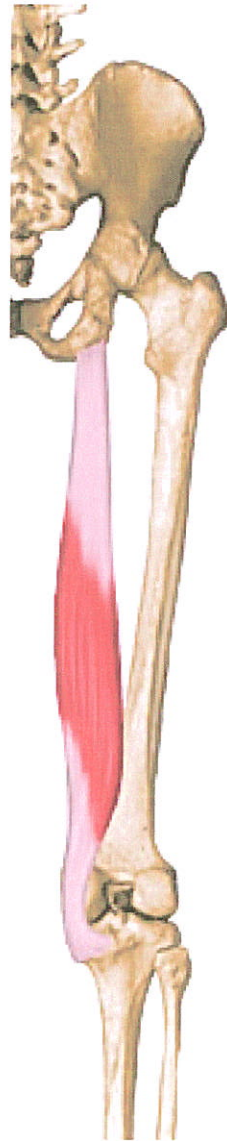
Genouillère physiologique

Cette protection active antérieure est composée : d'une ample fixation terminale de l'appareil extenseur quadricipital (3), intégrant quelques fibres du tractus ilio-tibial (2) et du sartorius (4). Les tendons terminaux du biceps fémoral (1) et du semitendineux (6) sont visibles sur le schéma.

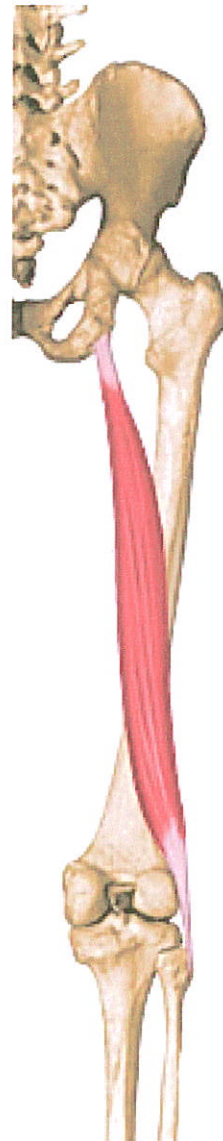
ANNEXE II : Anatomie des Ischiojambiers



Semi-tendineux



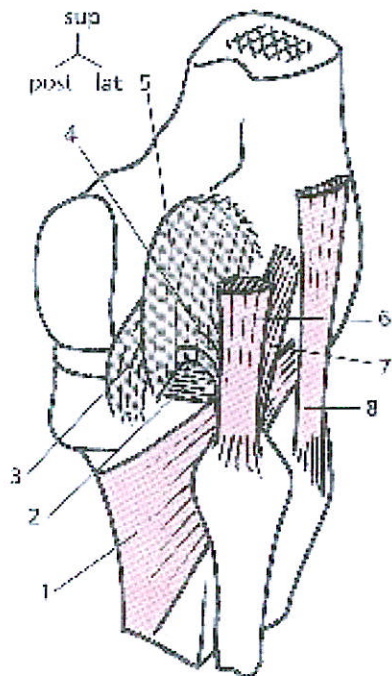
Semi-membraneux



**Biceps fémoral
(longue portion)**



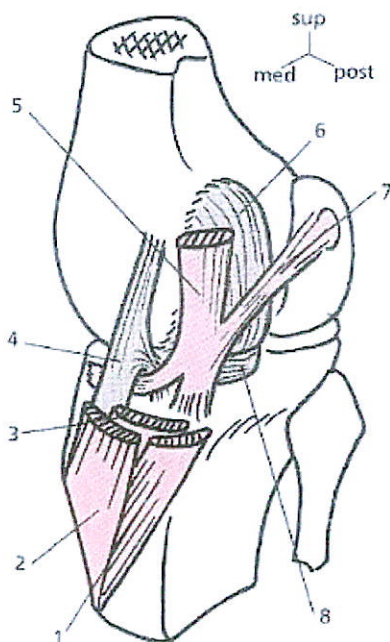
**Biceps fémoral
(courte portion)**



Point d'angle postéro-latéral (PAPL) :

Poplité (1), Corne postérieure du ménisque latéral (2), ligament croisé postérieur (3), ligament poplité arqué (4), coque latérale (5), **tendon du biceps fémoral (6)**, ligament collatéral latéral (7), tractus iliotibial (8).

Tendon du biceps fémoral



Point d'angle postéro-médial (PAPM) :

Semitendineux (1), sartorius (2), gracile (3), ligament collatéral tibial (4), **semimembraneux et ses trois tendons (5)**, coque médiale (6), ligament poplité oblique (7), corne postérieure du ménisque médial (8).

Tendons du semimembraneux et du semitendineux

ANNEXE III (feuille de rdv avec le joueur)

TEST CYBEX

Dans le cadre de la 3e année de masso-kinésithérapie, je suis tenu de réaliser un mémoire. C'est donc pour ma passion et mon envie de faire avancer les choses dans le milieu médical handballistique, que j'ai décidé, avec l'accord du médecin du club (Dr F. MUEL), de vous faire passer un test isocinétique afin de calculer la force des muscles de votre cuisse.

Les tests se déroulent au : **centre de réadaptation Lionnois**
35 rue Lionnois 54000 NANCY

Ils consisteront en un échauffement de 10 min suivi de tests (environ 15 minutes). Les RDV seront de préférence entre 8h30 et 17h.

J'aurai besoin d'un maximum de volontaires n'ayant subi aucune opération au genou, je compte sur vous et vous remercie par avance....

En cas de besoin, n'hésitez pas à me contacter au **06.32.17.72.52**

LEHMANN Roland

Informations à remplir pour le RDV

Nom :

Prénom :

Date de naissance :

N° de tél. :

Disponibilité (jour et horaire) :

Jambe d'appel :

Taille :

Poids :

Poste :

Niveau :

Nombre d'entraînement(s) par semaine :

Nombre d'années de pratique :

Antécédents :

Le jour du RDV

Remarques sur le déroulement du test :

ANNEXE IV

Légende :

- Flech : Ischiojambiers
- Ext : Quadriceps
- 60 : sujet testé à vitesse isocinétique concentrique de 60°/sec
- 180 : sujet testé à vitesse isocinétique concentrique de 180°/sec
- D : Membre inférieur droit
- G : Membre inférieur gauche

Données administratives :

N°	Age	Taille(cm)	Poids(kg)	Poste	Niveau	Entraînements	Nombre d'années de pratique	Coté dominant
1	20	186	90	Arrière	D2	5	5	G
2	20	182	68	Demi centre	N3	3	11	G
3	19	180	73	Aillier	N3	3	10	D
4	24	183	84	Demi centre	N3	3	15	G
5	20	189	91	Arrière	D2	5	8	G
6	21	196	86	Arrière	N3	3	8	G
7	18	186	82	Arrière	N3	3	6	D
8	24	177	80	Aillier	D2	5	13	D
9	19	181	70	Aillier	D2	5	4	G
10	21	177	64	Arrière	Excellence	1	15	G
11	30	195	95	Arrière	D2	5	20	G
12	22	188	84	Arrière	D2	5	12	G
13	19	187	100	Arrière	N3	3	14	G
14	20	175	70	Arrière	Excellence	1	7	G
15	24	184	78	Aillier	Excellence	1	14	D
16	20	194	85	Arrière	D2	5	12	G
17	21	175	68	Demi centre	Excellence	1	11	G
18	23	182	78	Pivot	Excellence	1	12	D
19	19	185	71	Arrière	N3	3	13	G
20	27	180	71	Demi centre	N3	3	16	G
21	18	189	90	Arrière	D2	5	11	G
22	29	184	94	Pivot	N3	3	17	G
23	26	185	85	Aillier	Excellence	1	8	G
24	18	174	63	Aillier	N3	3	6	G
25	19	186	88	Arrière	N3	3	10	D
26	21	185	75	Aillier	N3	3	11	G
27	21	181	80	Arrière	Excellence	1	8	G
28	29	180	87	Demi centre	D2	5	17	G
29	22	180	72	Pivot	Excellence	1	12	G
30	18	185	95	Arrière	N3	3	5	G
31	25	195	93	Arrière	D2	5	14	G

Travail total :

N°	FlechG60	FlechG180	FlechD60	FlechD180	ExtG60	ExtG180	ExtD60	ExtD180
1	161	129	154	124	294	240	298	223
2	143	108	162	81	255	173	252	136
3	142	106	159	131	193	158	253	181
4	146	119	146	112	228	190	251	197
5	189	155	208	159	303	240	356	243
6	211	156	229	167	317	262	330	255
7	155	137	180	139	230	191	280	180
8	194	138	201	148	262	210	324	223
9	181	151	192	142	282	229	265	196
10	171	112	140	102	230	166	209	134
11	218	124	217	164	345	235	321	234
12	229	191	221	168	293	222	304	214
13	192	127	215	131	360	260	329	257
14	147	118	177	123	230	167	236	166
15	170	134	173	132	204	168	280	184
16	234	159	203	162	306	209	287	181
17	123	92	143	108	237	156	232	157
18	152	117	158	117	240	194	267	199
19	180	130	199	152	226	180	282	192
20	203	157	208	161	293	205	293	209
21	218	172	212	153	311	244	365	248
22	216	155	225	152	349	263	315	253
23	161	84	159	103	253	179	267	200
24	144	118	147	118	241	196	211	152
25	163	133	190	130	303	242	291	232
26	180	157	180	147	274	220	269	201
27	152	125	167	131	236	167	252	190
28	184	144	206	156	325	257	326	247
29	147	114	160	130	263	195	228	188
30	228	202	167	174	312	241	268	247
31	249	181	218	174	386	296	377	300

Travail total de la série :

N°	FlechG60	FlechG180	FlechD60	FlechD180	ExtG60	ExtG180	ExtD60	ExtD180
1	779	573	716	577	1402	1054	1264	1060
2	691	499	766	355	1207	813	1179	646
3	623	480	670	520	914	734	1128	813
4	672	562	608	533	1061	905	1057	882
5	916	751	893	714	1485	1141	1548	1165
6	965	754	1070	778	1477	1252	1495	1120
7	643	641	850	645	1091	879	1282	878
8	922	654	985	688	1270	1004	1510	1056
9	866	702	897	684	1234	1077	1128	1198
10	856	558	703	510	1150	828	1047	668
11	1071	583	1019	747	1673	1075	1539	1082
12	1098	908	1054	818	1435	1078	1419	1006
13	908	621	946	623	1740	1216	1556	1220
14	699	545	810	501	1068	787	1087	788
15	786	632	824	615	998	815	1279	855
16	1061	769	1009	774	1444	1011	1294	874
17	579	428	702	457	1104	586	1087	715
18	735	563	769	564	1186	943	1274	966
19	895	622	906	712	1103	866	1310	914
20	924	759	1001	778	1378	950	1355	956
21	1055	813	1011	744	1496	1140	1196	1181
22	998	686	1054	725	1691	1238	1518	1167
23	728	374	732	481	1203	825	1234	931
24	666	545	663	544	1120	898	932	642
25	785	604	902	613	1404	1125	1377	1028
26	837	701	774	666	1253	1043	1265	973
27	704	576	714	603	1026	797	1183	910
28	862	696	969	744	1540	1157	1511	1081
29	706	522	704	638	1128	909	996	887
30	1059	952	808	850	1494	1165	1309	1175
31	1076	885	1062	837	1860	1443	1788	1442

Puissance moyenne :

N°	FlechG60	FlechG180	FlechD60	FlechD180	ExtG60	ExtG180	ExtD60	ExtD180
1	97,9	193,2	87,1	200,4	176,2	333,9	145,3	321,7
2	84,5	147	100,7	107,7	147,3	227,2	154,6	168,9
3	76,4	143,9	76	188	95,6	210,8	121,9	257
4	107,4	195,8	103,8	196,7	170,8	279,5	164,4	317,8
5	117,9	238,6	128,1	244,8	199,6	376,2	214,8	386,9
6	116,3	219,4	134,6	236,2	181,2	370	183,9	355,5
7	82,7	194,3	104	202,2	122,9	273,8	151,4	279,6
8	119,9	208,1	110,9	221,2	162,3	314,6	173,9	336,7
9	119,3	236,5	117,4	223,1	172,9	326,2	144	275,1
10	90,9	202,6	97,2	152	135,3	241	135,2	182
11	125,6	168,5	122,7	218	182,5	307,3	183,5	332,6
12	125,9	288,5	121	251	169,2	327,2	158,6	318,3
13	109	194,9	126,2	220,5	200,3	375,2	187,5	370,2
14	80	177,9	95,6	170,9	139	240,6	138,7	250,3
15	93,2	202,2	99,7	195	115,7	246,1	148,9	273,6
16	125,8	220,2	105,9	229	171,6	287,6	159,3	252,6
17	65,3	129	81	160,1	138,2	235,9	131,7	234,7
18	91,1	183,8	98,3	185,7	124,7	275,3	141,8	306,5
19	107,8	193,9	110,3	220	122,6	254,4	148,1	289,8
20	109,8	228,9	121	234,2	154	269,1	142	295,2
21	124,4	246,4	120,8	230,7	185,6	349,8	205,2	142,4
22	132,6	234,2	127,6	229,5	187,9	369,1	180,5	361,5
23	92	132,4	94,6	156,3	143	282,1	150,9	284,9
24	84,8	183,2	80,8	171,6	131	287,4	111,1	208,7
25	93,6	195,4	110,9	197	170,1	334,1	163,5	329,5
26	96,4	237,6	97,1	220,7	160,3	326,5	146,7	295,8
27	79,1	168,9	92,2	185,1	121,3	216,6	131,4	239,3
28	95,4	198,2	111,9	212,7	184,7	354,6	187,5	353,9
29	88,4	170,2	92,1	184,1	131,8	269,2	123,7	268,6
30	133	307,5	85,9	254,5	178,1	365,9	158,4	369
31	143	273,3	142,6	258,7	216,2	427	227	417,3

ANNEXE V : Moyenne, Ecart-type, maximum, Minimum

Légende :

- Flech : Ischiojambiers
- Ext : Quadriceps
- 60 : sujet testé à vitesse isocinétique concentrique de 60°/sec
- 180 : sujet testé à vitesse isocinétique concentrique de 180°/sec
- 1 : membre inférieur dominant
- 2 : membre inférieur non dominant
- TT : travail total
- TTS : travail total de la série
- P : puissance moyenne

Variable	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Age	21,84	3,46	18	30
Taille (cm)	184,06	5,85	174	196
Poids (kg)	80,97	10,14	63	100
BMI	23,84	2,23	20,43	28,6
Nombre d'années de pratique	11,13	3,97	4	20
Flech1_60_TT	182,84	31,83	123	249
Flech2_60_TT	181,65	28,98	140	229
Flech1_180_TT	137,97	26,99	84	202
Flech2_180_TT	137,39	24,1	81	174
Ext1_60_TT	285,29	42,2	226	386
Ext2_60_TT	275,97	48,67	193	377
Ext1_180_TT	212,61	35,76	156	296
Ext2_180_TT	205,9	39,9	134	300
Flech1_60_TTS	860,35	147,07	579	1098
Flech2_60_TTS	841,45	147,59	608	1070
Flech1_180_TTS	646,1	134,62	374	952
Flech2_180_TTS	644,1	123,73	355	850
Ext1_60_TTS	1342,65	219,92	1026	1860
Ext2_60_TTS	1263,23	212,42	914	1788
Ext1_180_TTS	995,16	178,28	586	1443
Ext2_180_TTS	973,65	191,93	642	1442
Flech1_60_P	104,91	18,93	65,3	143
Flech2_60_P	105	17,89	76,4	142,6
Flech1_180_P	205,67	40,81	129	307,5
Flech2_180_P	203,1	35,65	107,7	258,7
Ext1_60_P	161,35	25,24	121,3	216,2
Ext2_60_P	155,01	30,72	95,6	227
Ext1_180_P	305,88	52,59	216,6	427
Ext2_180_P	288,64	66,18	142,4	417,3