

Evaluation de la force des muscles ischio-jambiers et des quadriceps chez les volleyeuses par dynamomètre isocinétique.

Fahima Lammari*, Youcef Mellal & Hariti Hakim*****

ENS/STS Dely Ibrahim- Bp71.El Biar Alger* ; Centre National de médecine du sport CNMS Alger* ; *Université Alger 3, Laboratoire de Sciences et Pratiques des Activités Physiques, Sportives et Artistiques (SPAPSA), Bp/A19,16832, Zéralda, Algeria***.*

Résumé.

Évaluer la force des muscles ischio-jambier et des quadriceps, quantifier le caractère de dominance déclarée d'un membre par rapport à l'autre et comparer le niveau de force en fonction du poste occupé sur le terrain.

12 sujets de sexe féminin ont été évalués sur dynamomètre Cybex 6000. Les paramètres étudiés : pics de couple des effecteurs et ratios fléchisseurs/extenseurs (F/E) à 2 vitesses angulaires : lente 60 °/s et rapide 180 °/s, en mode concentrique. Le moment maximal par rapport au poids (MFM) et le ratio ischio-jambiers/quadriceps ont été recueillis. Caractéristiques des sujets (moyenne-écart-type) : âge moyen de 24,62±4,27 ans, avec des extrême allant de (19 à 33 ans), une taille moyenne de 175,25±7,54 cm et un poids moyen de 65,12±9,05kg).

Le ratio IJ/Q se situait à vitesse lente à (60°/s) entre 62 et 64 %, et à vitesse moyenne (180°/s) entre 56,75 et 57,58%. L'augmentation progressive de la vitesse angulaire de 60°/s à 180 °/s a engendré une diminution significative du MFM (244,675 ±31,08 à 159,75 ± 23,32 N.m) lors du mouvement d'extension et de flexion (248,00 ±34,40 à 161,25 ± 16,20 N.m, pour le genou non dominant (p = 0,05) vs genou non dominant (p=0,05) et une augmentation significative des valeurs de la puissance moyenne lors des mouvements des genoux. Les pic de couple du membre dominant sont supérieurs à ceux du membre non dominant pour les 2 vitesses (60 et à 180°/s). Les ratios F/E moyens sont de 0,5675 et 0,6468 correspondant aux normes acceptables. Globalement, il n'a pas été retrouvé de différence significative entre le membre dominant et le membre non dominant pour les cinq groupes de joueuses (passeuses, liberos, centrales, attaquante réceptionneuses et les pointus) néanmoins les passeuses et les liberos sont celles qui enregistrent les plus faibles déficits.

L'utilisation de l'évaluation isocinétique constitue un progrès pour la quantification objective de la force musculaire du genou chez les sportifs. L'entraîneur peut ainsi réviser la charge lors des entraînements.

Mots clés : isocinétisme, membres inférieurs, pics de couple, ratios, volleyball.

Summary.

To assess the knee muscles power using isokinetic in a population of women volleyball players. To investigate the relationships between isokinetic peak torque and each player's position in the playground.

12 female subjects were estimated on dynamometer Cybex 6000. *The studied parameters:* peaks of couple of effectors and ratios flexors / chest expanders (F/E) in 2 angular speeds: slow (60°/s) and medium speed (180°/s), in concentric mode. The maximal moment with the hamstring/quadriceps (MFM) and the ratio were collected. Characteristics of the subjects (average-standard deviation):

age $24,62 \pm 4,27$ years, with extreme going of (19-33 years), height $175,25 \pm 7,54$ cm and weight of $65,12 \pm 9,05$ kg.

The ratio IJ / Q was situated in slow speed in (60°/s) between 62 and 64 %, and in middle speed (180 °/s) between 56,75 and 57,58 %. The progressive increase of the angular speed of 60°/s/180°/s engendered a significant decrease of the MFM ($\pm 244,675$ 31,08 in $159,75 \pm 23,32$ N.m) during the movement of extension and flexion ($\pm 248,00$ 34,40 in $161,25 \pm 16,20$ N.m, for the not dominant knee ($p = 0,05$) vs not dominant knee ($p=0,05$) and a significant increase of the values of the average power during the movements of knees. Peak of couple of the dominant member(limb) are superior to those of the not dominant member(limb) for 2 speeds (60°/s and in 180°/s). The average ratio F/E is 0,5675 and 0,6468 corresponding the acceptable standards. *There is no difference between the dominant knee corresponding and the non-dominant knee* for five groups of players (liberos, power spiker, central, receivers and the setters) nevertheless the setters and the liberos are the ones who register the most low deficits.

The use of the evaluation isocinétique constitutes a progress for the objective quantification of the muscular strength of the knee at the sportsmen. The trainer can so revise the load during the trainings.

Keywords: volleyball isocinétisme, lower limbs, peaks of couple, ratios.

1. Introduction.

L'évolution des connaissances médicales sur le corps humain (l'étude de la physiologie au repos et à l'effort, la nutrition), l'amélioration des conditions de jeu (stade, terrains, chaussures, habillement, entraînement physique et tactique) ont permis de développer le volleyball, sport olympique depuis 1968. Malgré l'amélioration technique et médicale, les joueurs petits ou grands présentent de plus en plus de lésions musculo-tendineuses et osseuses compromettant le pronostic fonctionnel et parfois vital. Ainsi, en plus de la typologie des fibres composant le muscle et de l'architecture même du muscle (surface de section transversale, longueur du muscle), les relations moment-vitesse angulaire (et puissance-vitesse angulaire) dépendent de la configuration anatomique articulaire (bras de levier que forme le muscle avec l'articulation et qui évolue avec le mouvement) ou encore du niveau d'activation (McIntosh & Holash, 2000).

La compréhension de l'implication des différents facteurs déterminant la capacité à accélérer les membres inférieurs dans la performance lors de mouvements explosifs pourrait aider à affiner les stratégies d'entraînement, leurs permettant ainsi d'améliorer les techniques d'entraînement, de mieux individualiser les séances de travail, cibler les évaluations des athlètes en rapport avec les qualités physiques requises ou encore de détecter les futurs champions sur la base de leur potentiel physique et à mieux comprendre les caractéristiques physiologiques et morphologiques (Weiss & al., 1997; Cronin & al., 2005; Davis & al., 2003; Ugrinowitsch & al., 2007).

Parmi les qualités qu'exige entre autre le jeu du volley-ball, on distingue celle qui est la plus dominante: la capacité de saut. Cette dernière joue un très grand rôle dans l'exécution des différents gestes techniques en zone d'attaque (block, attaque, passe en suspension), en zone de défense (attaque de la zone arrière, service smashé). Le saut au smash et au block est un des principaux facteurs de

réussite en volley-ball (efficacité du contre et de l'attaque) quelque soit le niveau atteint par cette discipline. Toutefois, à un haut niveau, la volleyeuse doit disposer à la fois des qualités de force et de vitesse non seulement autour de l'articulation de l'épaule pour assurer les services et les smashes, mais également autour de l'articulation du genou pour pouvoir surmonter le nombre important de sauts et de position semi fléchies (lors de la réception de services ou d'une défense basse). Si le volleyball est considéré comme un sport où les contacts directs avec l'adversaire ne sont autorisés qu'au contre, il n'en va pas moins que les entorses du genou et de la cheville ainsi que les lésions musculaires (quadriceps [Q] et ischio-jambiers [IJ]) sont fréquentes. Comme le souligne si bien Holmes J. et Alderink G. (1984), ainsi que Gobelet C., et Ciremion G. (1991), le genou est une articulation connaissant de nombreuses pathologies au cours de la croissance, favorisant certainement des lésions qui peuvent récidiver tout au long de la pratique sportive. L'intérêt de l'isocinétisme est de pouvoir mettre en évidence un déséquilibre, d'une part entre agonistes et antagonistes et, d'autre part, entre jambe dominante et jambe non dominante. L'isocinétisme est également utilisé à des fins de renforcement musculaire mais plus encore pour l'évaluation de cette force et est aujourd'hui une référence dans ce domaine (Codine & al., 2005 ; Forthomme, Crieelard & Croisier, 2009 ; Edouard, 2011). Son application concerne notamment l'évaluation de la force pour la prévention, le diagnostic ou le suivi, la rééducation par le renforcement mais également la préparation sportive et la recherche clinique (Edouard, 2011).

L'entraîneur pourra ainsi réajuster ses entraînements, afin d'améliorer la performance et d'éviter les accidents sportifs. Une évaluation objective du genou et/ou de l'épaule s'impose.

Ainsi, notre travail s'inscrit dans le cadre du suivi scientifique des volleyeuses de l'équipe nationale algérienne (catégorie seniors dames) afin d'identifier les caractéristiques isocinétiques des muscles moteurs de l'articulation du genou (ischio-jambier et des quadriceps) et de déceler une éventuelle asymétrie bilatérale ou un déséquilibre musculaire.

2. Matériel et méthodes.

2.1. Population.

Douze (12) sujets de sexe féminin soit deux (2) passeuses, deux (2) centrales, deux (2), trois (3) attaquantes réceptionneuses et trois (3) pointus ont été évalués sur dynamomètre Cybex 6000.

Les caractéristiques des sujets (moyenne-écart-type) sont : âge moyen de 24,62±4,27 ans, avec des extrêmes allant de (19 à 33 ans), une taille moyenne de 175,25±7,54 cm et un poids moyen de 65,12±9,05kg, voir tableau 1.

Tableau 1 : représente les caractéristiques anthropométriques selon les spécialisations.

	Passeuses	Libero	A/réceptionneuse	Centrale	Pointus
Poids	69,00 ± 1,41	58,00 ± 8,49	66,00 ± 3,61	62,00 ± 1,41	70,00 ± 11,79
Taille	178, ± 2,83	167,00 ± 7,07	176,00 ± 3,61	176,5 ± 57,78	182,33 ± 5,13

2.2. Matériel et protocole.

Le dynamomètre isocinétique utilisé est de type Cybex 6000, associé à un système informatique d'enregistrement des données.

Toutes les joueuses ont procédé à un échauffement de dix minutes sur bicyclette ergométrique à une intensité de 90 W, suivis d'étirement des muscles ischio-jambiers et quadriceps.

L'athlète est installé sur le dynamomètre (après cinq minutes de repos) selon les conditions validées par la littérature pour assurer la reproductibilité des mesures (Hageman & Gillespie, 1988). Le sujet est assis avec une inclinaison du tronc par rapport à la verticale de 15°, sanglage du tronc et de la cuisse non active ; la cheville du côté testé est libre, l'appui tibial à trois travers de doigt de la malléole externe et l'amplitude articulaire du genou testé est de 90°.

Le sujet tient deux poignées fixes de part et d'autre de la base de la chaise. Nous avons considéré la jambe d'appuie comme dominante (la jambe droite pour une droitère et la gauche pour une gauchère).

La familiarisation avec le système isocinétique (phénomène d'apprentissage) s'est faite par la réalisation d'une minute d'échauffement, avant chaque vitesse de test, par des contractions sous-maximales en flexion-extension du genou afin d'améliorer la reproductibilité. L'évaluation s'est effectuée en concentrique-concentrique, les mesures sont réalisées pour trois vitesses : 60 °/s et 180 °/s en concentrique. Pour une meilleure reproductibilité, nous avons procédé à la stimulation verbale et à la réalisation du test loin de la vue des autres joueurs.

Chaque test comprend une série de mouvements de flexion et d'extension du genou, se traduisant par cinq mouvements d'aller-retour au cours des vitesses lentes (60 °/s) permettant l'évaluation de la force maximale et par dix mouvements en vitesse moyenne (180 °/s), sans arrêt entre le mouvement de flexion et d'extension. Nous avons commencé par le genou dominant (GD) puis le genou non dominant (GND).

2.3. Données recueillies pour analyse.

- Le moment maximal de force par rapport au poids (MMF) (N m) : c'est le moment de force le plus élevé au cours du mouvement, rapporté au poids du joueur (MMF/P) (N m/kg) ;

- Le pic de couple de force des fléchisseurs et des extenseurs ;

- Ainsi que le ratio agoniste/antagoniste, ischio-jambiers/quadriceps en concentrique (IJ/Q (%)) qui est un indice de l'équilibre musculaire de l'articulation (Calmels, 1998 ; Dvir, 1995).

2.4. Analyse statistique.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type pour l'ensemble des variables étudiées et comparés, sur l'ensemble du test isocinétique, par un écart en pourcentage (%) entre la jambe dominante et la jambe non dominante et le t de student. L'analyse statistique a été réalisée d'abords sur excel puis 2007.

3. Résultats.

Dans le Tableau 2, nous pouvons observer que les résultats, pour les valeurs du pic de couple (N/m) à 60°/s et à 180°/s au niveau des fléchisseurs et extenseurs des deux genoux sont inférieures côté membre dominant (GD) vs membre non dominant (GND) pour l'ensemble de la population. Néanmoins aucune différence significative n'a été enregistrée pour les 2 vitesses.

La différence moyenne à la vitesse de 60° est de 4,75% pour les fléchisseurs (p= 0,03), et de 2,50% pour les extenseurs (p=0,05). Pour les fléchisseurs, l'étendue est comprise entre 72/145 Nm pour le GD et 69/132 Nm pour GND. Pour les extenseurs, la valeur minimale enregistrée pour le GD vs GND est de 122 vs 123 Nm, tandis que les valeurs maximales GD vs GND sont de 202/222 Nm.

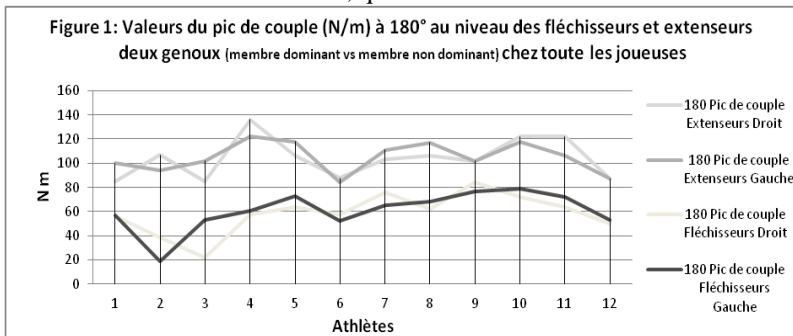
A la vitesse 180° la différence moyenne est de 2% pour les fléchisseurs et de 1% pour les extenseurs. La valeur minimale pour les fléchisseurs du GD vs GND est de 22/19 Nm, tandis que pour les maximales, nous relevons 84 Nm pour le GD et 79 Nm pour le GND. Pour les extenseurs, l'étendue est comprise entre 85 /136Nm pour le GD et 84/122 Nm pour le GND.

Tableau 2: Valeurs du pic de couple (N/m) à 60°/s et à 180°/s au niveau des fléchisseurs et extenseurs des deux genoux (membre dominant vs membre non dominant) de l'ensemble de la population.

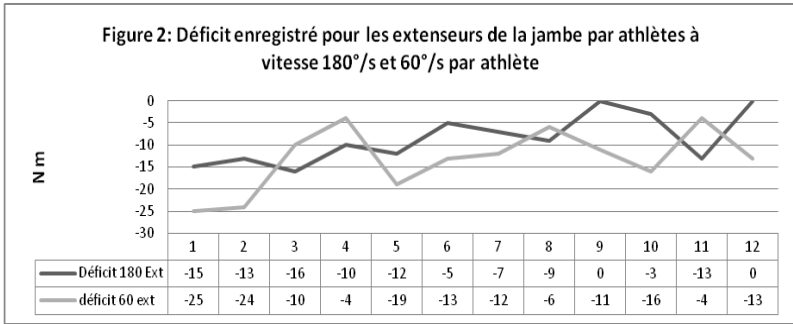
Pics de couple (Nm)	Dominant (m±sd et étendue)	Non Dominant (m±sd et étendue)	Écart	p
Fléchisseurs 60°. s- 1	98,50±22,22 (72/145)	103,25±23,64 (69/132)	-4,75	0,16
Extenseurs 60°. s- 1	159,83±22,85 (122/202)	162,33±30,23 (123/222)	-2,50	0,37
Fléchisseurs 180°. s- 1	58,75±16,52 (22/84)	60,75±16,23 (19/79)	-2,00	0,30
Extenseurs 180°. s- 1	104,08±16,41 (85 /136)	105,08±12,57 (84/122)	-1,00	0,39

T Student : p : < 0,05

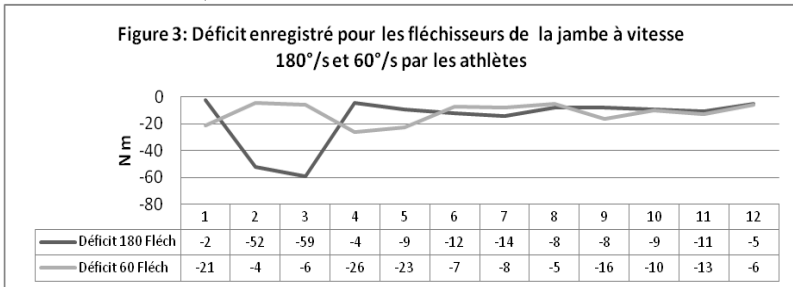
La figure 1, montre que les valeurs du pic de couple (N/m) à 180° au niveau des fléchisseurs sont inférieurs à ceux des extenseurs, et ce chez toutes les joueuses, 6, 9, 10, 12 présentent un développement harmonieux aussi bien au niveau des fléchisseurs GD vs GND, que des extenseurs GD vs GND.



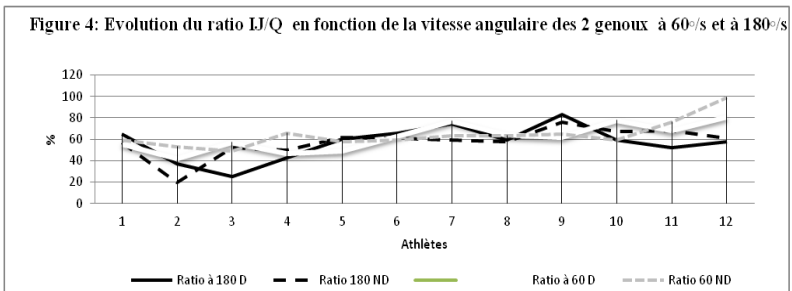
La figure 2, présente le déficit enregistré pour les extenseurs à vitesse 180°/s et 60°/s. Nous pouvons remarquer que pour l'ensemble des athlètes, le déficit à vitesse 180°/s est moins important qu'à la vitesse 60°/s. Néanmoins, les athlètes, n°3, 1, 2, 11, 5 et 4 présentent un déficit significatif p<0,05, tandis qu'à la vitesse 60°, les athlètes n°1, 2, 5, 7, 10 présentent un déficit des extenseurs significatif p<0,01. L'athlète 8 présente pour les deux vitesses un déficit assez proche soit -9 pour la vitesse 180°/s et -6 pour 60°/s.



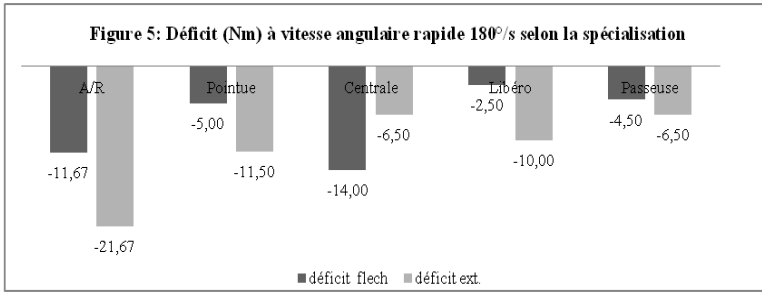
Dans la figure 3, sur les 12 athlètes seules les n°9 et 12 ne présentent aucun déficit significatif des fléchisseurs à la vitesse 180°. En revanche, les déficits les plus importants $p < 0,001$ sont enregistrés au niveau des fléchisseurs pour 2 d'entre elles, les joueuses 3 et 2, soit respectivement -59 Nm et -52 Nm à la vitesse 180°. Tandis que pour les joueuses 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, les deux pentes (vitesse 180°/s et 60°/s) évoluent de manière similaire.



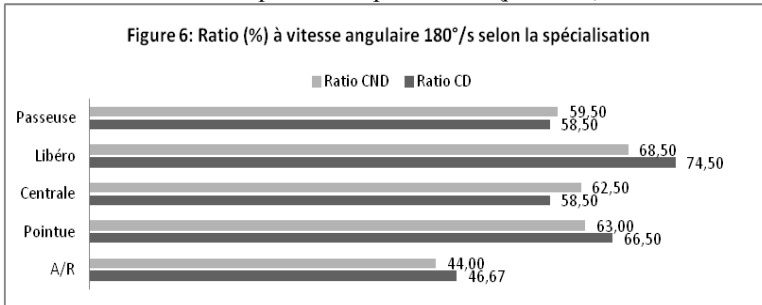
L'effet de la latéralisation des membres inférieurs : « membre dominant vs membre non dominant » (figure 4), relevée à partir des ratios, ne présentent aucune différence significative chez les sujets à l'exception du 3, et ce pour les deux vitesses 180 °/s et 60 °/s.



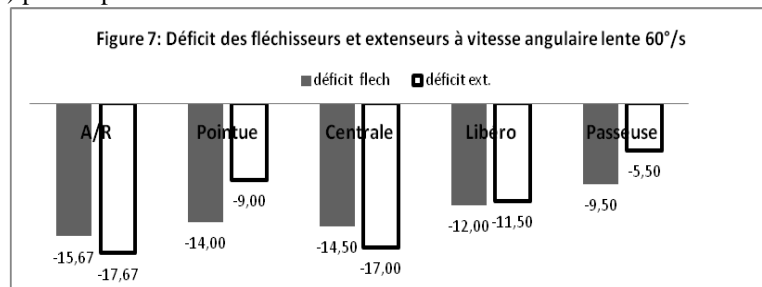
Les données de la figure 5 montrent que le déficit à 180 °/s des extenseurs est plus important que celui des fléchisseurs quelque soit la spécialisation à l'exception des centrales (-14Nm). En revanche les attaquantes réceptionneuses présentent le déficit (-21,67Nm) le plus important.



Il existe un écart entre la jambe dominante et la jambe non dominante qui n'est pas supérieur à 6 % pour les quatre groupes de joueuses (Figure 6). La valeur des ratios IJ/Q à vitesse angulaire à 180 °/s chez les libéros, l'attaquante réceptionneuses et la pointue est supérieure ($p < 0,05$) pour le genou dominant à celle des passeuses et centrales. Aucune différence significative n'a été relevée pour les autres joueuses. En revanche, il existe une différence statistiquement significative ($p < 0,01$) entre les joueuses libéros et les autres joueuses, tout particulièrement avec l'attaquante réceptionneuse ($p < 0,05$).

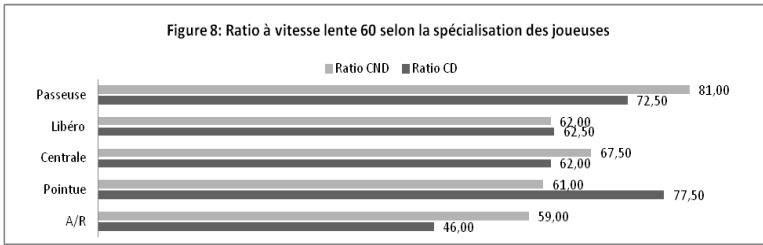


Aucune différence significative (figure 7) n'a été retrouvée chez les libéros entre les fléchisseurs et extenseurs. Tandis que les attaquantes réceptionneuses et les centrales présentent un déficit significatif ($p < 0,05$) plus important au niveau des extenseurs ; les pointues et passeuses enregistrent un déficit significatifs ($p < 0,01$) plus important au niveau des fléchisseurs.



Hormis pour la passeuse (figure 8), la pointue et la centrale qui présentent des ratios IJ/Q très élevée (respectivement : 81 % pour le CD et 72,5 CND ; 77,8% CD et 67,5%), pour les autres les ratios IJ/Q se situent entre 46 % et 62 %. Il n'y a pas de différence significative entre la jambe dominante et non dominante chez la joueuse libéro figure 8). Il existe des différences significatives ($p < 0,01$) chez

la pointue, la passeuse et l'attaquante réceptionneuse, et à ($p < 0,05$) pour la centrale.



4. Discussions.

L'utilisation de vitesses isocinétiques lors de l'évaluation chez les sportifs algériens est très récente. Concernant les volleyeuses de l'équipe nationale cette étude est une première et a été peu documentée dans la littérature.

Plusieurs études ont mis en évidence des déficits ou déséquilibres musculaires liés à un mauvais échauffement, hydratation, surentraînement et fatigue musculaire, à une mauvaise gestion de la récupération, à un manque de souplesse, une raideur musculaire (diminution des amplitudes articulaires passives) et autres.

A partir de ce constat notre étude a dans un premier temps évalué les muscles ischio-jambier et quadriceps afin de quantifier le caractère de dominance déclarée d'un membre par rapport à l'autre. Dans un second temps nous avons évalué et comparé le niveau de force en fonction du poste occupé sur le terrain les ratios isocinétiques afin d'authentifier d'éventuels déséquilibres dû à cette spécialisation.

Selon Wrigley et Strauss (1998), contrairement aux membres supérieurs, il n'existe pas aux membres inférieurs de différence de force marquée chez les sportifs. Même s'ils pratiquent une activité sportive asymétrique (saut, hand ou football), la différence de force entre le membre dominant et le membre non dominant n'excède pas 10 %, en l'absence de pathologie de l'appareil locomoteur. Il a également été montré qu'un déséquilibre musculaire entre les membres inférieurs gauche/droite pouvait potentiellement rendre le sujet sensible aux blessures. Une asymétrie au seuil de 10-15% ou plus est considérée comme une contrainte supplémentaire sur la jambe faible, compromettant les performances du joueur et prédisposant l'athlète à de diverses blessures (Hewitt & al., 2012 ; Knapik & al., 1991).

Les résultats pour les valeurs du pic de couple (N/m) à 60°/s et à 180°/s au niveau des fléchisseurs et extenseurs des deux genoux sont inférieures (GD vs GND) pour l'ensemble de la population. Néanmoins aucune différence significative n'a été enregistrée pour les 2 vitesses, ce qui confirme les dires de certains auteurs qui ne signalent aucune différence significative quant à l'usage préférentiel d'un membre (côté dominant /côté non dominant) (Holmes & Alderink, 1984 ; Lucca & Kline , 1989).

Il existe une différence significative pour les fléchisseurs ($p= 0,03$) à la vitesse de 60°/s GD vs GND de 4,75%, et de 2,50% pour les extenseurs ($p=0,05$). A la vitesse 180° la différence moyenne est de 2% pour les fléchisseurs et de 1% pour les extenseurs. En effet, la force maximale développée par un muscle décroît à mesure que la vitesse du mouvement augmente et s'accélère. il

est important de noter que, pour l'isocinétisme, les vitesses lentes correspondent au moment de force et aux sollicitations musculaires les plus élevés. La force maximale ne s'observe qu'à la vitesse la plus lente (Thorstensson & Larsson, 1977). Combien même les valeurs du pic de couple (N/m) à 180° au niveau des fléchisseurs sont inférieures à ceux des extenseurs, et ce chez toutes les joueuses, 6, 9, 10, 12 présentent un développement harmonieux aussi bien au niveau des fléchisseurs GD vs GND, que des extenseurs GD vs GND.

Nous remarquons également que pour l'ensemble des athlètes, le déficit à vitesse 180°/s et moins important qu'à la vitesse 60°/s. Néanmoins, les athlètes, n°3, 1, 2, 11, 5 et 4 présentent un déficit significatif $p < 0,05$, tandis qu'à la vitesse 60°, les athlètes n°1, 2, 5, 7, 10 présentent un déficit des extenseurs significatif $p < 0,01$. L'athlète 8 présente pour les deux vitesses un déficit assez proche soit -9 pour la vitesse 180°/s et -6 pour 60°/s.

Sur les 12 athlètes seules les n°9 et 12 ne présentent aucun déficit significatif des fléchisseurs à la vitesse 180°. En revanche, les déficits les plus importants $p < 0,001$ sont enregistrés au niveau des fléchisseurs pour 2 d'entre elles, les joueuses 3 et 2, soit respectivement -59 Nm et -52 Nm à la vitesse 180°. Tandis que pour les joueuses 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, les deux pentes (vitesse 180°/s et 60°/s) évoluent de manière similaire.

L'effet de la latéralisation des membres inférieurs : « membre dominant vs membre non dominant », relevée à partir des ratios, ne présentent aucune différence significative chez les sujets à l'exception du 3, et ce pour les deux vitesses 180°/s et 60°/s. Au niveau du genou, le ratio IJ/Q en mode concentrique semble être une constante, seule la vitesse du test modifie de façon modérée mais certaine ce ratio (Gobelet & Ciremion, 1991).

Le déficit à vitesse 180°/s des extenseurs est plus important que celui des fléchisseurs quelque soit la spécialisation à l'exception des centrales (-14Nm). En revanche les attaquantes réceptionneuses présentent le déficit (-21,67Nm) le plus important. Dans une étude comparative des 2 genoux portant sur des sujets masculins pratiquant le football, les résultats obtenus suggèrent que les spécificités du jeu en football et du poste occupé ne provoquent pas de déséquilibre bilatéral entre les 2 genoux (Magalhaes, Oliveira, Ascensao & Soares, 2004).

Il existe un écart entre la jambe dominante et la jambe non dominante qui n'est pas supérieur à 6 % pour les quatre groupes de joueuses. La valeur des ratios IJ/Q à vitesse angulaire à 180°/s chez les libéros, l'attaquante réceptionneuses et la pointue est supérieure ($p < 0,05$) pour le genou dominant à celle des passeuses et centrales. Aucune différence significative n'a été relevée pour les autres joueuses. En revanche, il existe une différence statistiquement significative ($p < 0,01$) entre les joueuses libéros et les autres joueuses, tout particulièrement avec l'attaquante réceptionneuse ($p < 0,05$). Certains auteurs comme : Holmes et Alderink (1984) ; Westing et Seger (1989) ont donné une classification des valeurs du ratio IJ /Q en fonction de la vitesse du test à 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 ; +180°/s = 0,7-0,8. Nos sujets quelques soit leur spécialisation se situe bien dans ces fourchettes aussi bien pour la vitesse lente que moyenne.

Aucune différence significative n'a été retrouvée chez les libéros entre les fléchisseurs et extenseurs. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette est spécialiste de la défense basse, donc toujours en position de demi-squat et donc il y aurait un rééquilibrage des quadriceps et ischio-jambier (souvent très puissant). Tandis que les attaquantes réceptionneuses et les centrales présentent un déficit significatif ($p < 0,05$) plus important au niveau des extenseurs (GD vs GND). Pour la centrale ceci peut être justifié par le fait quand général se sont des athlètes de grand gabarit qui souvent sont amenés à sauter moins haut compensant par leur taille lors de duel au filet. Les pointues et passeuses enregistrent un déficit significatifs ($p < 0,01$) plus important au niveau des fléchisseurs (GD vs GND). Il faut savoir qu'un rapport ischio-jambiers / quadriceps abaissé favorise les lésions des muscles de la face postérieure de la cuisse. Cette remarque est très significative chez les sprinters en athlétisme et les footballeurs chez qui les ischio-jambiers luttent par une contraction excentrique contre une extension rapide ou puissante du segment jambier. L'intérêt de ce type de profils musculaires, reflets d'une pratique sportive orientée, est double. Ils mettent en évidence d'une part, l'idéal à atteindre et permettent d'orienter l'entraînement afin d'obtenir l'équilibre musculaire défini chez les élites sportives. D'autre part, les profils musculaires permettent la découverte de déséquilibres musculaires méconnus, à l'origine de blessures.

Les tests réalisés chez les joueurs de volley-ball de haut niveau révèlent régulièrement des rapports ischio-jambiers / quadriceps abaissés sous les valeurs normalement admises. La faiblesse relative des ischio-jambiers par rapport au quadriceps de ces sportifs est compréhensible car le renforcement de l'appareil extenseur du genou est privilégié. Cependant, le rapport abaissé compromet la stabilité articulaire du genou et place les joueurs de volley-ball dans un contexte de risque de blessure musculaire au niveau de la face postérieure de la cuisse, surtout s'ils s'adonnent occasionnellement au sprint, aux sauts ou au football. Il semble donc opportun d'intégrer à l'entraînement habituel des joueurs de volley-ball, un renforcement de compensation des muscles ischio-jambiers.

Conclusion.

A travers cette étude, nous pouvons conclure sur les tendances de l'équilibre musculaire entre ischio-jambiers et quadriceps de ces joueuses selon leur spécialisation. L'absence de déséquilibre entre les muscles antagonistes du genou chez la joueuse libéro entre autre rassure en matière de prévention des lésions musculo-ligamentaires. Toutefois, le suivi pendant la saison sportive est le seul garant de ce résultat, de telles mesures doivent être faites sur le même appareil pour une meilleure reproductibilité (Aagaard P., et al. 1998). Pour les autres spécialistes, il est recommandé de rééduquer les athlètes afin de palier le déséquilibre musculaire et ainsi de diminuer les risques de lésions de la cuisse.

Les décisions concernant le choix des tests devront être prises par le préparateur physique afin de correspondre aux mieux aux spécificités de leur sport, de leur position et/ou de leur activité (Winter et al., 1984 ; Van, 2009).

Références bibliographiques.

- Aagaard, P., Simonson, E-B., Mangusson, S-P., Larsson, B. & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength. *Am J Sport Med*, 26, 231-7.

- Calmels, P. (1998). Validité et reproductibilité des mesures de force isocinétique. In *Isocinétisme et médecine sportive*. Masson édit. Paris; 32-39.
- Codine, P., Bernard, P-L., Pocholle, M. & Herisson, C. (2005). Isokinetic strength measurement and training of the shoulder: methodology and results. *Ann. Readapt. Med. Phys*, 48, 80-92
- Cronin, J. & Hansen, K. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res.*19, 349-357.
- Davies, G-J. (2003). A compendium of Isokinetic in clinical usage, 2nd Edition. La Crosse, S&S.
- Dvir, Z. (1995). Reproducibility, validity and related topics: part 1, reproductibility. In *Isokinetics: Muscle testing, interpretation and clinical applications*. Churchill Livingstone édit. Edinburgh. UK, 41-51.
- Edouard, P. (2001). Adaptations de la force musculaire des rotateurs mediaux et lateraux dans la stabilisation dynamique de l'articulation scapulo-humérale. Applications a des situations pathologiques et sportives (Ph.D.). Université Jean Monnet, Saint-Etienne, France.
- Forthomme, B., Croisier, J-L, Huskin, J-P. & Crielaard, J-M. (2009). Isokinetic assessment of shoulders with impingement syndrome following pain inhibition. *Isokinetics Exerc. Sci.*, 11, 70-71.
- Gobellet, C. (1991). Ciremion G. Mesure de la force musculaire isocinétique du quadriceps et des ischio-jambiers. Aspects normaux et pathologiques. In : *Isocinétisme et médecine de rééducation*. Masson, Paris, 74-83.
- Gobelet, C. (1985). *Force isocinétique de l'enfant à l'adulte actualités en rééducation fonctionnelle* , Masson, Paris, 49-54.
- Hageman, P-A. & Gillespie, D-M. (1988). Effects of Speed and limb dominance on eccentric and concentric isokinetic testing of the knee. *J Orthop Sports Phys Ther*, 10, 59-65.
- Hewit, J., Cronin, J. & Hume, P. (2012). Multidirectional Leg Asymmetry Assessment in Sport. *Strength & Conditioning Journal*, 34 (1), 82-86.
- Holmes, J. & Alderink, G. (1984). Isocinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring in high school students. *Phys Ther.* 64, 914-918.
- Knapik, J-J., Bauman, C-L., Jones, B-H., Harris, J-M. & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med*, 19, 76-81.
- Lucca, J. & Kline, K. (1989). Effects of upper and lower limb preference on torque production in the knee flexors and extensors. *J Orthop Sports Phys Ther*; 11, 202-207.
- Magalhaes, J., Oliviera, J., Ascensao, A. & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 44 (2), 119-25.
- McIntosh, B-R. & Holash, R-J. (2000). Power Output and Force Velocity Properties of Muscle. In: Nigg, B.M., McIntosh, B.R. and Mester, J., Eds., *Biomechanics and Biology of Movement Human Kinetics, Human Kinetics, Champaign*, 193-210.
- Thorstenson, A. & Larsson, L. (1977). Muscle strength and fiber, composition in athletes and sedentary men. *Med Sci Sports*, 9, 26-30.
- Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Roda cki, A-L-F., Batista, M. & Ricard, M.D. (2007). Influence of training background on jumping height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 848-852.
- Van, R. (2009). *Kinetic Integrations*. Safe Recovery LLC.
- Weiss, H-R., Lohschmidt, K., el-Obeidi, N. & Verres, C. (1997). Preliminary results and worst-case analysis of in patient scoliosis rehabilitation. *Pediatric Rehabilitation*, 1, 35-40.

- Westing, S-H. & Seger, J-Y. (1989). 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*, 10, 175-80.
- Winter. (1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait: variability and compensating effects, *Human Movement Science*, 3, 51-76.
- Wrigley, T.V. & Strauss, G-R. (1998). Ioskinetic dynamometry: Standardized assessment of strength and power of athletes. In Tests method manual: Sport specific guidelines for the physiological testing of the elite athlete. Gore edit. Canberra Australia.