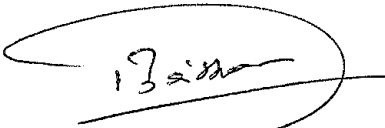


MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

ANALYSE ISOCINETIQUE DE LA PARTICIPATION DES EXTENSEURS DU GENOU A LA DETENTE VERTICALE

Patrick BOISSEAU
Kinésithérapeute - Cadre
C. R. F. - 35, Rue Lionnois
54042 NANCY CEDEX
Tél. : 83.39.34.34


Le 3 Mai 1999

Rapport de travail écrit personnel
présenté par **Philippe GEREY**
étudiant en 3ème année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du diplôme d'état
de masseur-kinésithérapeute
1998-1999.

SOMMAIRE

	Page
1. INTRODUCTION.....	1
2. GENERALITES.....	2
2.1. Hétérogénéité musculaire.....	2
2.1.1. Classification des fibres musculaires.....	2
2.1.2. Caractéristiques des fibres musculaires.....	3
2.1.3. Répartition dans différents muscles de l'organisme.....	3
2.1.4. Effets de l'entraînement sur le muscle.....	4
2.2. Caractéristiques mécaniques de la contraction musculaire.....	4
2.3. Evaluation de la force musculaire.....	5
2.3.1. La force isométrique (statique).....	5
2.3.2. La force isotonique (dynamique ou concentrique).....	5
2.3.3. La force isocinétique.....	6
3. L'ISOCINETISME.....	7
3.1. Matériel utilisé.....	7
3.2. Mesures isocinétiques.....	8
3.3. Intérêts de l'isocinétisme.....	9
3.4. Limites et contre-indications.....	10

4. MATERIEL ET METHODES.....	10
4.1. But du travail.....	10
4.2. Mesures isocinétiques.....	11
4.2.1. Echauffement.....	11
4.2.2. Installation.....	11
4.2.3. Principes.....	12
4.2.4. Résultats.....	13
4.3. Détermination de la hauteur de détente verticale maximale.....	13
4.3.1. Mesure de la détente sèche.....	13
4.3.2. Mesure de la détente en mouvement.....	14
4.3.3. Principes.....	14
4.3.4. Résultats.....	14
5. RESULTATS.....	15
6. DISCUSSION.....	16
6.1. Description de la population étudiée à l'aide du tableau III.....	16
6.2. Analyse des résultats statistiques.....	18
6.2.1. Comparaison des résultats des deux types de détente.....	18
6.2.2. Analyse de la corrélation mise en évidence par l'étude statistique (tab.IV).....	18
6.3. Limites de l'étude.....	20
7. CONCLUSION.....	22

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

1. INTRODUCTION

Une meilleure connaissance des caractéristiques musculaires spécifiques d'athlètes pratiquant un même sport permettrait une adaptation des programmes d'entraînement afin d'obtenir une amélioration des performances. C'est dans cette optique que cette étude, effectuée à l'aide d'un dynamomètre isocinétique tentera de trouver une corrélation entre l'analyse de la force des groupes musculaires extenseurs du genou et l'aptitude à la détente verticale chez dix volleyeurs de haut niveau.

2. GENERALITES

2.1. Hétérogénéité musculaire (1)

Le muscle n'est pas un système homogène. Au contraire il est constitué de plusieurs types de cellules qui ont des propriétés différentes sur les plans : mécanique, nerveux et vasculaire.

2.1.1. Classification des fibres musculaires

Ranvier dès 1873 décrit chez l'homme deux types de fibres musculaires striées squelettiques selon leur couleur: rouge ou blanche. Depuis diverses classifications ont vu le jour basées sur des caractéristiques fonctionnelles, métaboliques ou morphologiques. Ainsi distingue-t-on :

- des fibres rapides FT et des fibres lentes ST.
- des fibres à métabolisme prédominant glycolytique (FG), à métabolisme mixte glycolytique-oxydatif (FOG), à métabolisme prédominant oxydatif (ST).

Fibres de type I = ST = SO = fibres lentes = fibres rouges à fonction tonique.

Fibres de type II = FT = fibres rapides = fibres blanches à fonction phasique.

- Fibres II a = FT a = FOG.

- Fibres II b = FT b = FG.

En outre des fibres II c ont été décrites. Elles auraient un rôle d'intermédiaire lors du passage d'un type à l'autre.

2.1.2. Caractéristiques des fibres musculaires

D'une façon générale, les fibres de type I sont des fibres à contraction lente et développent une tension peu élevée mais elles sont peu fatigables. Leur métabolisme est surtout de type aérobie: avec une activité élevée des enzymes du cycle de Krebs, une capillarisation abondante, une forte concentration de myoglobine et un grand nombre de mitochondries. Outre des granules de glycogène, elles contiennent de nombreuses inclusions lipidiques.

Au contraire les fibres de type II et plus particulièrement les II b sont des fibres à contraction rapide et développent une tension élevée. Elles sont très fatigables. Leur métabolisme est surtout de type anaérobie avec un potentiel glycolytique élevé. Elles sont faiblement capillarisées et contiennent peu de myoglobine.

2.1.3. Répartition dans différents muscles de l'organisme

Il existe des disparités entre les échantillons d'un muscle chez des sujets différents. Cependant, certaines observations ont pu être établies: les muscles ayant un rôle tonique ont un pourcentage de fibres de type I élevé, alors que les muscles ayant un rôle phasique ont un pourcentage de fibres de type I plus faible.

Néanmoins, le muscle droit antérieur est plutôt un muscle tonique et les fibres latérales de ce muscle sont en moyenne constituées à 70% de fibres rapides. Ceci peut probablement s'expliquer par le fait que ce sont surtout les fibres centrales qui permettent la station debout (activité tonique), alors que les fibres latérales assurent l'extension du genou et la flexion de hanche, ce qui implique pour cette partie du muscle une prédominance de l'activité phasique sur l'activité tonique.

Au niveau des muscles fléchisseurs et extenseurs de genou, Johnson met en évidence des différences particulièrement significatives entre ces groupes musculaires, montrant qu'il

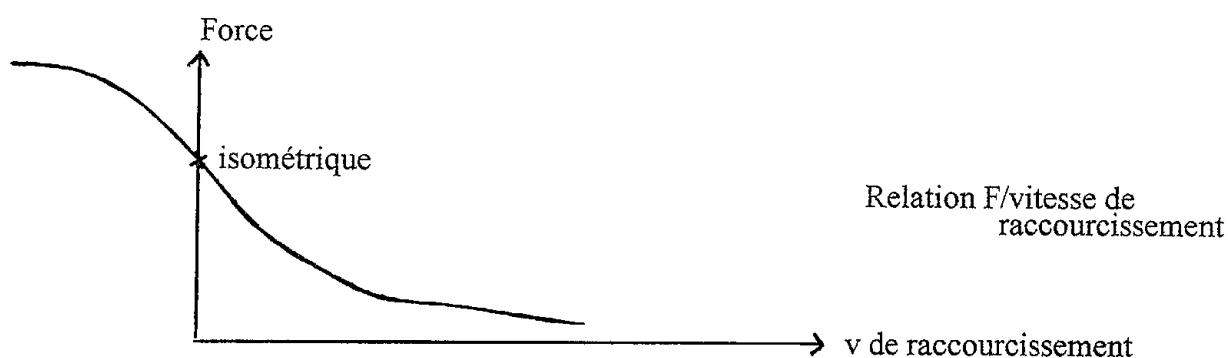
existe une richesse moindre en fibres rapides des muscles fléchisseurs par rapport aux muscles extenseurs.

2.1.4. Effets de l'entraînement sur le muscle (2)

La pratique assidue d'une activité physique et l'entraînement régulier des sportifs en vue de la compétition ont des effets sur la masse musculaire, la typologie des fibres, la capillarisation et donc sur le métabolisme musculaire. L'arrêt de l'entraînement a des effets inverses.

Chez des sportifs de haut niveau spécialisés dans les contractions musculaires explosives tels que les sauteurs, les sprinters ou les haltérophiles, on rencontre une prédominance de fibres II rapides.

2.2. Caractéristiques mécaniques de la contraction musculaire (3)



La vitesse de raccourcissement d'un muscle varie en relation inverse avec la tension qu'il peut développer. Ceci est exprimé par une courbe tension-vitesse hyperbolique. Ainsi la vitesse de raccourcissement d'un muscle donné est maximale lorsque la tension développée est nulle et à l'inverse un muscle développe une tension maximale pour une vitesse de raccourcissement nulle. Dans ce dernier cas on dit que le muscle travaille en isométrie. En réalité, on peut expérimentalement montrer que la tension développée par un

muscle est supérieure à celle obtenue en isométrie lorsque la contraction musculaire est effectuée alors qu'une contrainte extérieure au muscle impose un allongement à ce dernier. On a alors à faire à une contraction excentrique qui est donc le type de contraction qui entraîne le plus haut niveau de tension.

2.3. Evaluation de la force musculaire (4)

La force musculaire correspond à la tension qui oppose le muscle à une résistance. Or les capacités physiologiques lui permettent in situ différents type de contractions: isométrique, isotonique et isocinétique.

2.3.1. La force isométrique (statique)

Elle est évaluée lorsque la longueur du muscle reste identique et que la résistance appliquée est égale à la tension du muscle. L'application d'une résistance maximale sur le bras de levier sans déplacement permet de définir la force isométrique maximale. Elle peut être définie à différentes longueurs d'étirement du muscle, la force maximale correspondant théoriquement à la longueur de repos.

2.3.2. La force isotonique (dynamique ou concentrique)

Elle se caractérise par un raccourcissement de longueur du muscle et un maintien de la tension du muscle identique. En fait, in situ, la contraction isotonique ne s'applique pas en raison de la relation tension longueur du muscle et de l'angle d'application de la force. La mesure de cette force isotonique sera établie à l'aide d'un dynamomètre, le plus simplement par un montage de poulie, mais la force maximale ne pourra être que celle obtenue à l'angle où le muscle est le plus faible.

2.3.3. La force isocinétique

La contraction isocinétique est dynamique concentrique ou excentrique et le mouvement s'effectue à une vitesse constante. De ce fait, la tension du muscle est maximale quel que soit le degré de l'amplitude articulaire. L'évaluation exige un dynamomètre adapté permettant de réguler la vitesse qui doit être constante tout au long de l'amplitude (vitesse angulaire maximale variable suivant les machines s'approchant de $450^\circ/s$)

Entre tous ces types de contractions quelle relation existe-t-il ?

Il existerait une différence entre la force isométrique et la force isocinétique, particulièrement au premier degré d'amplitude articulaire, pouvant être liée aux possibilités de mise en tension supérieure des éléments élastiques lors d'une contraction isométrique (4). Cependant sur une population de seize hommes jeunes, Knapick (1983) montre qu'il y a une corrélation très significative de la mesure de la force musculaire par contraction isométrique, isocinétique et isotonique lorsque la comparaison est effectuée pour la force maximale au même degré d'amplitude articulaire au niveau du genou ou du coude, ce qui est confirmé par Kank-Horst (1985). Il semble bien que l'on évalue le même phénomène, mais la contraction isocinétique constitue un facteur important de l'activité physique constaté par le fait que l'entraînement isocinétique serait supérieur à un programme isométrique ou isotonique.

3. L'ISOCINETISME (5,6)

Le concept d'isocinétisme décrit initialement par Périne et Hislop en 1967 a vu ses applications considérablement évoluer ces dernières années. Depuis le premier dynamomètre Cybex et l'évaluation de l'atrophie musculaire résultant des premiers vols habités en microgravité, de nombreuses machines ont été mises au point, qui fonctionnent sur le même principe.

L'originalité de cette forme d'exercice musculaire réside dans la possibilité de développer, grâce à une résistance auto-adaptée, une contraction musculaire maximale à vitesse constante, sur l'amplitude totale de l'articulation. Un frein électromécanique ou hydraulique va réguler le déplacement de l'ensemble "levier-segment de membre", dès lors que le sujet cherchera à dépasser la vitesse prééglée variable selon les systèmes. En d'autres termes, un rétrocontrôle actif adapte en permanence la résistance du système aux capacités de force instantané du sujet. La fréquence d'échantillonnage des différents systèmes est communément supérieure au 1/100e de seconde.

Il est donc aisé d'évaluer la capacité de force du sujet, en tout point du mouvement, équivalent à la résistance de la machine. Il est toutefois évident qu'il ne s'agit que de la résultante externe, ou couple, produit par le sujet qui dépend des leviers biomécaniques mises en jeu.

3.1. Matériel utilisé

Les tests ont été réalisés à l'Institut Régional de Réadaptation, 35 rue Lionnois à Nancy, grâce à un dynamomètre, Cybex 350, dont ce centre dispose, et qui permet l'exploration de toutes les articulations, hormis le rachis.

Cet appareil comprend :

- un système de positionnement du patient, comportant deux sièges ergonomiques, à dossier et à assise réglables, munis de sangles de fixation.

- un dynamomètre, placé en avant de l'espace situé entre les deux sièges, solidement fixés à ces derniers, possédant un axe de rotation réglable dans les trois plans de l'espace.

- un bras de levier dont la longueur réglable est adaptable au segment jambier, se fixant sur l'axe de rotation du dynamomètre équipé de sangle de fixation.

- un module de contrôle du dynamomètre, permettant le choix du mode de travail et le réglage de la vitesse angulaire imposée du dynamomètre.

- un dispositif informatique relié au dynamomètre, composé d'un ordinateur, d'un clavier, d'un écran de contrôle et d'une imprimante. Ce système permet l'intégration de données paramétriques liées au sujet (poids et taille du sujet, poids de l'ensemble bras de levier-jambe...), la gestion du déroulement d'un test et surtout le traitement informatique des résultats.

3.2. Mesures isocinétiques

L'originalité de cette forme de travail musculaire réside dans le fait qu'elle permet d'obtenir, grâce à une résistance auto adaptée, une contraction musculaire maximale à vitesse constante, sur l'amplitude totale d'une articulation. Il est donc possible de déterminer les relations force vitesse, puissance vitesse du muscle in vivo, et d'établir des profils pour différents groupes musculaires en fonction de la vitesse d'exécution des mouvements.

On peut ainsi étudier les caractéristiques biomécaniques des principaux groupes musculaires, ici fléchisseurs et extenseurs du genou, les rapports entre muscles homologues ou antagonistes et suivre de manière objective les effets de tout type d'exercice. Pour les paramètres d'analyse unilatérale pouvant être obtenus à l'aide du Cybex 350 se conférer à l'annexe I.

3.3. Intérêts de l'isocinétisme

- Les mesures isocinétiques permettent une approche quantitative et qualitative plus fine, plus analytique et plus fonctionnelle des capacités musculaires. Elles sont considérées comme précises et plus fiables que les mesures obtenues par les méthodes classiques. Leur excellente reproductibilité permet aussi un bon suivi évolutif. (7)
- L'alignement des axes articulation-levier test et les absences de charges extérieures limitent les contraintes mécaniques. (7)
- Il existe une diminution des contractures et des courbatures par rapport à un travail isométrique ou isotonique. (8)
- Le confort et la sécurité sont accrus; en cas de douleur ou de fatigue, le patient diminue la vitesse du mouvement et l'asservissement s'interrompt. Le sujet peut alors passer confortablement l'arc douloureux et poursuivre efficacement son effort. (8)
- A défaut de permettre l'établissement d'un diagnostic lésionnel précis, l'analyse des graphiques peut permettre d'objectiver des anomalies parfois minimes que la clinique seule ou les données quantifiées ne laissaient pas prévoir. (9)
- Les comparaisons des rapports d'efficacité entre groupes musculaires agonistes et antagonistes, l'appréciation de la force musculaire durant toute l'amplitude du mouvement, l'analyse qualitative des résultats facilitent l'établissement de programme de rééducation personnalisé. (10,9,11,12)
- Les tests d'endurance en dynamique présentent l'avantage de permettre l'exploration de la fatigue musculaire dans la situation qui se rapproche des situations physiologiques en particulier chez les sportifs. (10,13)
- Enfin, chez les sportifs, les résultats des entraînements en isocinétisme, en particulier à vitesse élevée, se sont déjà révélés supérieurs à ceux observés durant toute autre forme d'entraînement. (14)

3.4. Limites et contre-indications

L'apport de l'isocinétisme est considérable mais, malheureusement, cette méthode a un prix qui reste encore très élevé et ceci en constitue l'une des principales limites. Elle nécessite un appareillage volumineux relativement complexe, réclamant un opérateur très entraîné et rigoureux.

La fonction asservie n'est réalisée que quand le patient amène l'appareil à la vitesse pré-réglée, en deçà la résistance auto-adaptée disparaît. D'où la nécessité d'une bonne coopération. En fait, ceci est vrai pour tout test d'effort maximal.

Le confort et la sécurité des tests isocinétiques rendent les contre-indications peu nombreuses.

Nous retiendrons principalement :

- la douleur, l'instabilité, l'oedème ou l'épanchement de l'articulation explorée
- l'amplitude du mouvement restreinte
- le délai de contrainte de cicatrisation des tissus
- les affections générales sévères et évolutives principalement cardio-vasculaires (15,16,9)

4. MATERIEL ET METHODES

4.1. But du travail

Cette étude a été réalisée grâce à la participation de dix joueurs de volley-ball masculins de national 3 volontaires de l'équipe du S.L.U.C. JARVILLE. Elle porte sur l'analyse isocinétique des groupes musculaires extenseurs du genou à partir de laquelle je tenterais de trouver une relation avec la capacité de détente verticale de l'ensemble des joueurs.

4.2. Mesures isocinétiques

Ces mesures réalisées à l'institut de réadaptation de NANCY sur un dynamomètre isocinétique type cybex 350 pourront être décrites en plusieurs étapes :

4.2.1. Echauffement

Avant de débiter le test, chaque joueur a procédé à un échauffement qui prépare l'ensemble des structures capsulo-ligamentaires et musculaire de chaque membres inférieurs mais aussi le système cardio-respiratoire, afin d'éviter tout risque d'accident lié à la forte sollicitation de l'exercice demandé :

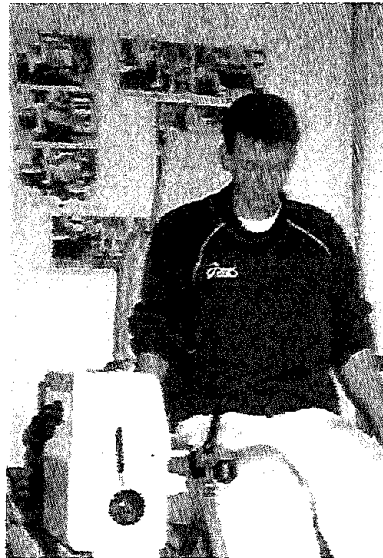
- 10 min. sur cyclo ergomètre avec une faible résistance
- des étirements musculaires du triceps sural, du droit fémoral, des ischio-jambiers...

4.2.2. Installation

Elle devra particulièrement être soignée et rigoureuse pour permettre une reproductibilité des mesures effectuées et une fiabilité des résultats qui devront être comparés les uns par rapport aux autres. Les points essentiels de celle-ci sont :

- la position assise, le dossier du siège faisant un angle de 90° avec le plan horizontal
- trois sangles, placées au niveau du thorax, du bassin et de la cuisse maintiennent le sujet, en réduisant au maximum les compensations, condition indispensable pour permettre par la suite une comparaison objective des résultats obtenus.
- l'axe de rotation du système devra être aligné avec celui de l'articulation du genou qui devra être positionné pour cela à 90° de flexion. Nous prendrons alors comme repère le condyle externe du fémur.

- La jambe est fixée au levier du dynamomètre par une bande velcro disposée deux travers de doigt au-dessus de la malléole externe. Une mousse pourra être appliquée entre le levier et le segment jambier si l'appui se révèle inconfortable voir douloureux.



4.2.3. Principes

- L'action de la pesanteur agissant au niveau du segment jambier, lors du mouvement de flexion extension du genou, est mesurée par l'ordinateur à partir de la position de départ, jambe tendue à l'horizontale. Le sujet laisse alors tomber passivement sa jambe et il pourra ainsi y avoir une correction automatique de l'effet de la pesanteur lors du test.

- Les différents tests ont été réalisés par le même examinateur et dans des conditions identiques.

- On désignera par tirage au sort le membre inférieur, droit ou gauche, par lequel on débutera le test. On procédera de la même façon pour déterminer la vitesse de départ, 60° ou 180°.

- Une forte stimulation verbale de la part de l'examinateur vis à vis du joueur, dont l'effort doit être maximal, est nécessaire durant toute la durée du test afin d'obtenir la meilleure coopération de celui-ci.

4.2.4. Résultats (annexe II)

Durant le test l'ensemble des joueurs a eu une sensation de crampe au niveau des mollets indiquant une compensation non négligeable de la part du triceps sural que nous ne prendrons pas en compte par la suite.

4.3. Détermination de la hauteur de détente verticale maximale

Deux types de détente ont été évalués : la détente sèche et la détente en mouvement.

Cette évaluation a été réalisée après un échauffement comportant une course avec mobilisations articulaires pendant 10 à 15 min. suivie d'étirements spécifiques du quadriceps, des ischio-jambiers et du triceps.

La valeur prise comme hauteur initiale fut celle obtenue à partir d'une position en flexion maximale des membres supérieurs en mesurant la distance entre le sol et le majeur de la main la plus haute.

4.3.1 Mesure de la détente sèche

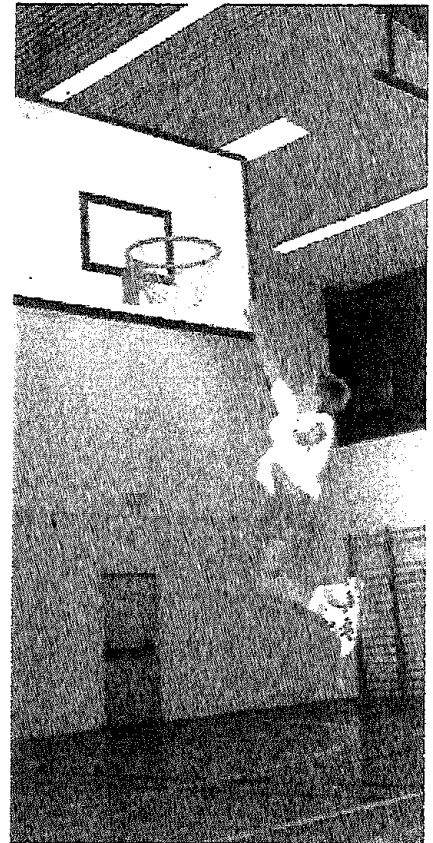
Après avoir badigeonné à l'aide d'un feutre noir l'extrémité de leur majeurs, chaque joueur a ensuite essayé de toucher le plus haut possible un panneau gradué préalablement, en réalisant une détente verticale. Nous avons ainsi pu mesurer la détente sèche de chacun des volleyeurs, exécutée à partir d'une position semi-accroupie genou fléchi à environ 90°.



L'esprit de compétition animant chacun de ces sportifs a permis d'avoir la meilleure réquisition de leurs facultés physiques limitant par la même le risque d'obtenir des résultats peu objectifs.

4.3.2 Mesure de la détente en mouvement

Nous avons utilisé le même procédé pour mesurer la détente en mouvement qui consiste à prendre trois pas d'élan avant d'effectuer le saut et de toucher le panneau à l'aide ici d'un seul des membres supérieurs. Pour ce type de détente la notion d'accélération et la prise d'impulsion sont plus importantes que pour la précédente. Elle se rapproche ainsi d'avantage du geste sportif chez les volleyeurs.



4.3.3 Principes

- Trois essais ont été effectués pour chacune des deux mesures déterminées.
- Pour chacune des deux mesures nous avons pris le meilleur des trois essais.
- Pour la détente sèche (à deux mains) nous avons pris la valeur la plus basse des deux marques laissées par chacun des joueurs à chaque essai.

4.3.4 Résultats (tab. I)

Tableau I

Résultats des deux types de détente

Joueur	Détente en mouvement à une main (en m.)			Détente sèche à deux mains (en m.)		
	Hauteur initiale	Hauteur atteinte lors du saut	Détente en mouvement	Hauteur initiale	Hauteur atteinte lors du saut	Détente en mouvement
1	2,41	3,15	0,74	2,37	2,97	0,60
2	2,34	3,18	0,84	2,29	2,94	0,65
3	2,28	3,18	0,90	2,27	2,92	0,65
4	2,42	3,20	0,78	2,37	3,07	0,70
5	2,42	3,13	0,71	2,39	2,97	0,58
6	2,52	3,30	0,78	2,50	3,07	0,57
7	2,40	3,12	0,72	2,37	2,97	0,60
8	2,61	3,23	0,62	2,58	3,10	0,52
9	2,45	3,12	0,67	2,41	2,88	0,47
10	2,51	3,28	0,77	2,45	3,05	0,60

5. RESULTATS

La recherche d'une corrélation entre les données isocinétiques des muscles extenseurs de genou et les valeurs des deux types de détente verticale mesurées pour chacun des dix joueurs a été réalisée à l'aide du logiciel informatique BMPD. L'effectif étant restreint, nous avons utilisé un test non paramétrique : calcul du coefficient de rang de Spearman, pour un seuil de significativité choisi à 5%. L'étude statistique a porté sur les valeurs isocinétiques des muscles extenseurs de genou suivantes :

- Peak torq (pic de couple en Nm) à vitesse lente à droite et à gauche = Peak torq VL right ou left
- Peak torq à vitesse rapide à droite et à gauche = Peak torq VR right ou left
- Force explosive (en joule) à vitesse lente à droite et à gauche = TAE VL right ou left
- Force explosive à vitesse rapide à droite et à gauche = TAE VR right ou left

Le pic de couple étudié est la valeur du meilleur couple enregistré pendant toute la série et en tout point du mouvement.

La force explosive est l'énergie d'accélération du couple de force. L'ordinateur calcule le meilleur travail réalisé dans la série au cours du premier 1/8 de seconde de production du couple.

Toutes les valeurs retenues pour chacun des joueurs figurent dans le tableau II.

Les coefficients de corrélations entre la détente sèche ou la détente en mouvement et les huit critères isocinétiques retenus et cités précédemment, ainsi que leur degré de signification (NS pour non significatif ou valeur de p quand significatif) figurent dans le tableau IV.

Nous pouvons remarquer que seule la force explosive à vitesse rapide mesurée du côté gauche apparaît significativement corrélée à la détente sèche ($r = 0,689$; $p < 0,03$). La figure I nous montre la représentation graphique de cette corrélation.

Tableau II

Hauteur de détente verticales et valeurs des variables isocinétiques retenues pour chacun des dix joueurs

Joueur	détente en mvt. (cm)	détente sèche (cm)	Peak torq VL Right (Nm)	Peak torq VL Left (Nm)	Peak torq VR Right (Nm)	Peak torq VR Left (Nm)	TAE VL Right (J)	TAE VL Left (J)	TAE VR Right (J)	TAE VR Left (J)
6	67	47	253	257	149	153	8,10	6,70	32,40	30,60
2	62	52	158	233	128	149	4,20	10,00	20,40	32,10
5	78	57	307	344	187	197	6,30	7,40	34,50	34,40
3	71	58	302	287	214	199	7,80	10,10	50,30	44,40
1	74	60	296	275	172	158	10,80	10,00	39,70	34,80
8	77	60	245	268	199	173	9,30	8,10	42,80	38,20
10	72	60	360	339	231	233	10,10	16,50	45,40	38,60
4	84	65	290	283	180	196	8,80	9,40	33,20	43,90
7	90	65	193	223	165	176	10,70	8,90	41,00	41,00
9	78	70	253	261	157	160	7,50	8,60	36,80	39,80

VL : Vitesse Lente (60°/s)

VR : Vitesse Rapide (180°/s)

TAE : Force Explosive (Joules)

Peak torq : Pic de force des muscles extenseurs du genou (Nm)

Cette même variable a aussi un coefficient de corrélation non significatif dans cette étude, avec la détente en mouvement ($r = 0,505$; $p < 0,1360$). Mais ce coefficient, même faible, est le plus proche du seuil de significativité et peut alors laisser envisager une relation entre la force explosive à vitesse rapide mesurée du côté gauche et la détente en mouvement (fig. II).

Cette étude statistique nous a également permis de calculer la moyenne et l'écart type pour chacune des variables concernant les dix joueurs afin de pouvoir décrire la population étudiée et noter ses caractéristiques. Les résultats obtenus figurent dans le tableau III.

6. DISCUSSION

En premier lieu nous devons tenir compte de l'effectif réduit de l'étude réalisée, qui ne nous permet pas alors d'étendre les observations que nous allons faire à l'ensemble de la population et aux sportifs de haut niveau. Néanmoins, le fait que ces dix joueurs pratiquent le volley ball à un niveau de compétition élevée où l'aptitude à la détente verticale est primordiale, permet donc de réduire ce handicap. En effet nous avons pu constater lors des tests, le professionnalisme et la motivation de l'ensemble des joueurs dont l'esprit de compétition a permis d'obtenir des valeurs proches de leurs meilleures performances.

6.1. Description de la population étudiée à l'aide du tableau III

Nous pouvons tout d'abord noter l'homogénéité de la population étudiée en remarquant que les écarts types, pour les deux types de détentes, sont faibles. Ils caractérisent donc des performances proches les unes des autres du fait de l'entraînement intensif et similaire de l'ensemble des joueurs. Cette caractéristique est représentée par les figures V et VI où nous pouvons observer un regroupement des points. Nous pouvons alors supposer que

Tableau III

Ecart type et moyenne des deux types de détente et des variables isocinétiques retenues

variables	Moyenne	Ecart type	Plus petite valeur	Plus grande valeur
Détente en mouvement	75,30	8,070	62,0	90,0
Détente sèche	59,40	6,603	47,0	70,0
Peak torq, Vitesse lente, Right	265,70	58,746	158,0	360,0
Peak torq, Vitesse lente, Left	277,00	39,528	223,0	344,0
Peak torq, Vitesse rapide, Right	178,20	30,944	128,0	231,0
Peak torq, Vitesse rapide, Left	179,40	26,563	149,0	233,0
TAE, Vitesse lente, Right	8,36	2,060	4,2	10,8
TAE, Vitesse lente, Left	9,57	2,692	6,7	16,5
TAE, Vitesse rapide, Right	37,65	8,283	20,4	50,3
TAE, Vitesse rapide, Left	37,78	4,722	30,6	44,4

Vitesse Lente (60°/s)

Vitesse Rapide (180°/s)

TAE : Force Explosive (Joule)

Peak torq : Pic de force des muscles extenseurs du genou (Nm)

l'entraînement et la pratique d'un sport à haut niveau, ici le volley ball, peut être responsable de cette apparente uniformité des performances. Cela tendrait à démontrer qu'une adaptation des programmes d'entraînement permettrait une amélioration encore accrue des performances, en ciblant ceux-ci sur les aptitudes essentielles et spécifiques de chaque sport.

Les moyennes importantes de l'ensemble des variables sont le reflet des capacités physiques assez élevées de ces dix joueurs et représentent une caractéristique majeure de la population que nous avons voulu étudier :

- Détente en mouvement = 75,30 cm
- Détente sèche = 59,40 cm

Les moyennes des variables isocinétiques entre le coté gauche et le coté droit sont très proches . Plusieurs hypothèses peuvent être avancées :

Le volley ball ne privilégierait pas un coté plus qu'un autre. Il nécessiterait donc une force musculaire des extenseurs du genou quasi identiques des deux cotés. La notion de membre dominant n'interviendrait donc pas lors de la détente verticale ;

Ou l'entraînement solliciterait de manière identique les deux membres inférieurs sans tenir compte du fait qu'il pourrait y avoir une intervention prépondérante de l'un des deux lors de la détente verticale. La question à se poser serait alors : quel membre inférieur faut-il d'avantage renforcer ou solliciter pour augmenter la capacité de détente verticale?

L'étude statistique devrait nous permettre de donner une réponse à cette question grâce à l'analyse des résultats obtenus.

6.2. Analyse des résultats statistiques

6.2.1. Comparaison des résultats des deux types de détente

Elle nous montre des valeurs plus importantes pour la détente en mouvement que pour la détente sèche (tab. III):

Moy. détente en mvt = 75,3 cm

Moy. détente sèche = 59,4 cm

Cela peut s'expliquer par le fait que lors de la détente en mouvement, la prise d'impulsion va entraîner dans un premier temps un travail excentrique du quadriceps servant à accumuler de l'énergie qui sera immédiatement restitué lors du travail concentrique qui suit, pour étendre l'ensemble des membres inférieurs. Ce régime appelé régime pliométrique, constitué par la succession rapide, sans temps d'arrêt intermédiaire, d'un travail excentrique et d'un travail concentrique, permet d'améliorer de façon significative les performances (force explosive) par rapport à un entraînement classique. La détente se trouve nettement améliorée alors que la force maximale est peu modifiée (17).

Lors de la détente en mouvement il y a donc un stockage d'énergie effectué lors de la prise d'impulsion et une restitution de celle-ci lors de la contraction concentrique qui suit, d'où des performances plus importantes que pour la détente sèche.

6.2.2. Analyse de la corrélation mise en évidence par l'étude statistique (tab. IV)

En premier lieu, décrivons la prise d'élan précédent l'impulsion puis la frappe chez un smasheur droitier, comme c'est le cas pour neuf des dix joueurs. Elle est constituée de trois temps pour quatre appuis :

La prise d'élan débute d'une position équilibrée, pieds sur le même plan (1^{er} appui).

- 1^{er} temps : pose du pied gauche (2^{ème} appui) à l'issue de la 1^{ère} foulée longue et basse.
- 2^{ème} temps : pose du pied droit (3^{ème} appui) à l'issue de la 2^{ème} foulée.

Tableau IV

Coefficients de corrélation entre les deux types de détente et les variables isocinétiques retenues

Corrélation de rang de Spearman				
Variables	Détente en mouvement		Détente sèche	
	coefficient	degré de signification	coefficient	degré de signification
Peak torq, Vitesse lente, Right	-0,003	NS	-0,049	NS
Peak torq, Vitesse lente, Left	0,042	NS	-0,068	NS
Peak torq, Vitesse rapide, Right	0,14	NS	0,142	NS
Peak torq, Vitesse rapide, Left	0,334	NS	0,246	NS
TAE, Vitesse lente, Right	0,316	NS	0,418	NS
TAE, Vitesse lente, Left	-0,262	NS	0,148	NS
TAE, Vitesse Rapide, Right	0,134	NS	0,326	NS
TAE, Vitesse rapide, Left	0,505	NS	0,689	p < 0.03

Vitesse Lente (60°/s)

Vitesse Rapide (180°/s)

TAE : Force Explosive (Joule)

Peak torq : Pic de force des muscles extenseurs du genou (Nm)

- 3^{ème} temps : l'attaquant fait une 3^{ème} foulée pour poser ses deux pieds au sol (4^{ème} appui) pour une impulsion verticale avec élévation des bras.

Le saut doit être dynamique et équilibré avec une extension complète des membres inférieurs. Mais, à l'observation, nous pouvons constater que lors du dernier appui le membre inférieur droit se place, par une foulée courte et rapide, légèrement en arrière du membre inférieur gauche qui, lui, se trouve en rotation interne, en position de verrouillage. Le membre inférieur droit semble ainsi initier l'impulsion et donner le rythme du mouvement ce qui pourrait laisser envisager que la force explosive à vitesse rapide à droite conditionnerait la capacité de détente verticale. Or, seule la force explosive à vitesse rapide du côté gauche est en relation avec la détente sèche (fig. I). Elle présente aussi un coefficient faible et non significatif, mais qui est le plus proche du seuil de significativité, avec la détente en mouvement (fig. II).

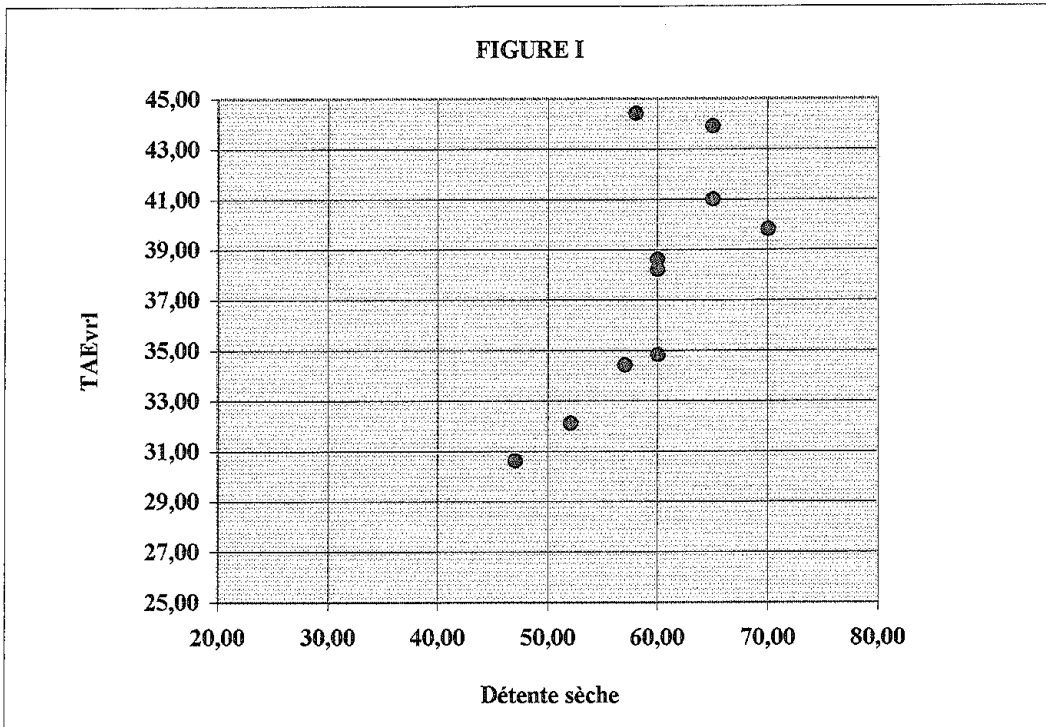
Cela nous laisserait penser que le membre inférieur gauche, réalisant un travail excentrique plus important, aurait une action prépondérante lors de la détente verticale. Une évaluation isocinétique du travail excentrique des extenseurs de genou, montrant une différence significative entre les deux côtés pourrait alors le vérifier.

En effet, ce travail permet à la fois :

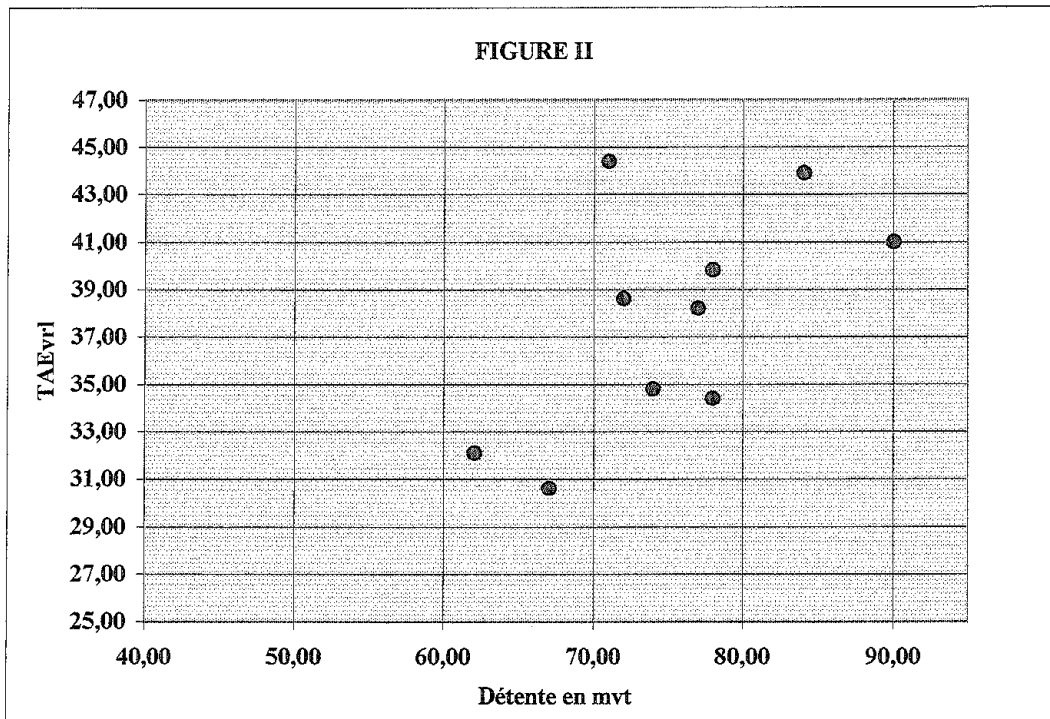
- de freiner la chute en avant pour permettre une impulsion verticale (travail excentrique).
- d'accumuler de l'énergie qui sera restituée au moment de l'impulsion ce qui améliore alors son efficacité (régime pliométrique).

La sollicitation plus importante du membre inférieur gauche par les joueurs permettrait ainsi d'améliorer leurs performances.

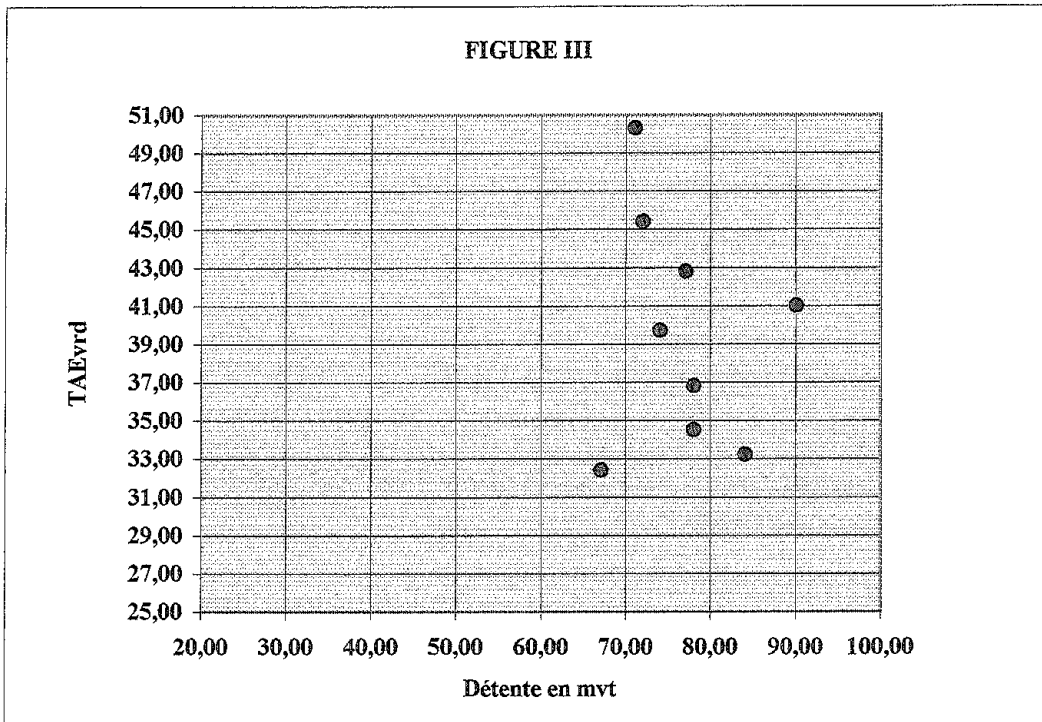
Suite à cette étude il existerait donc bien une relation entre la hauteur de détente et l'énergie d'accélération du couple de force des muscles extenseurs de genou délivrée par le membre inférieur opposé au membre supérieur servant pour le smash. Avant même cette étude, l'entraîneur de l'équipe pensait qu'une meilleure sollicitation du membre



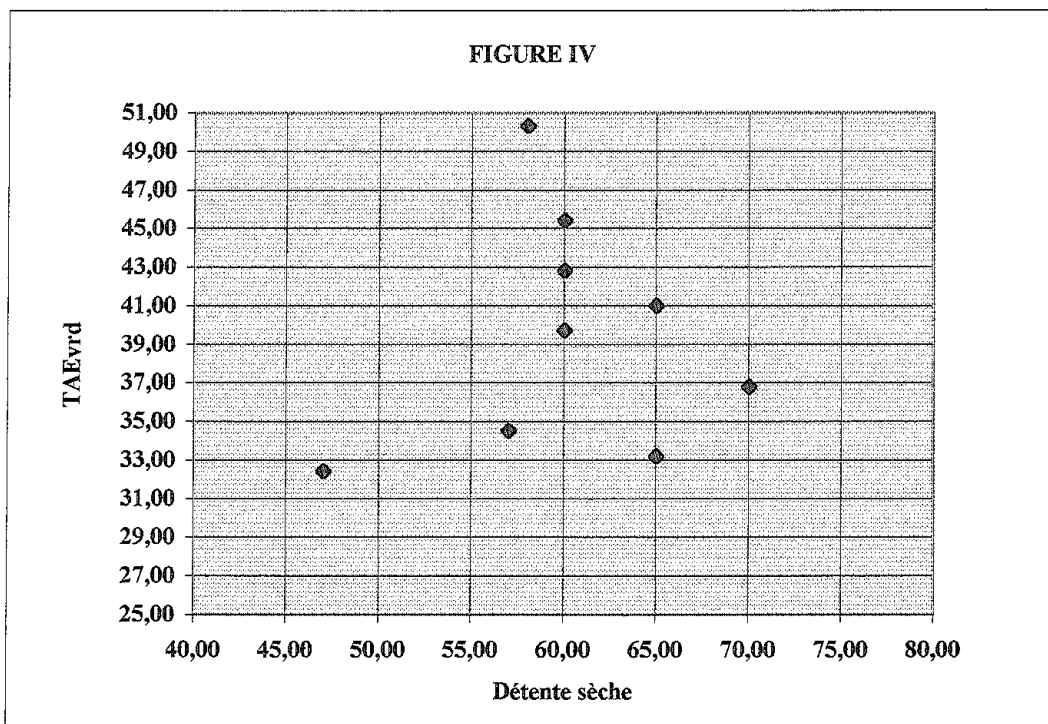
TAE à vitesse rapide à gauche (Joule) en fonction de la détente sèche (cm.)



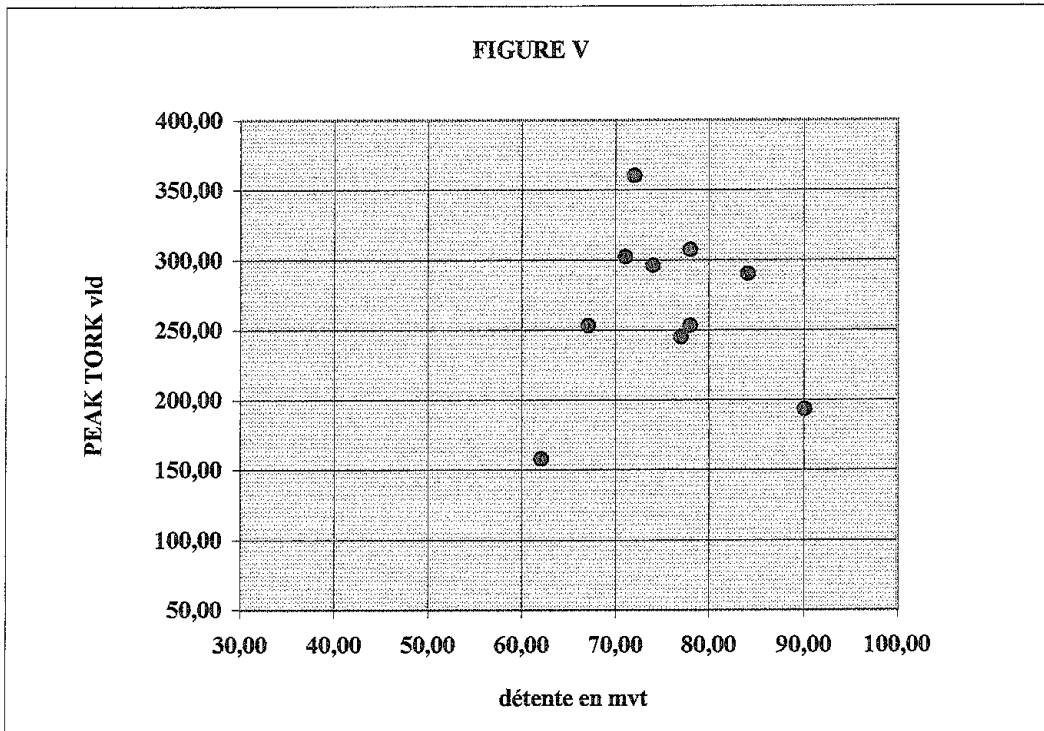
TAE à vitesse rapide à gauche (Joule) en fonction de la détente en mvt. (cm.)



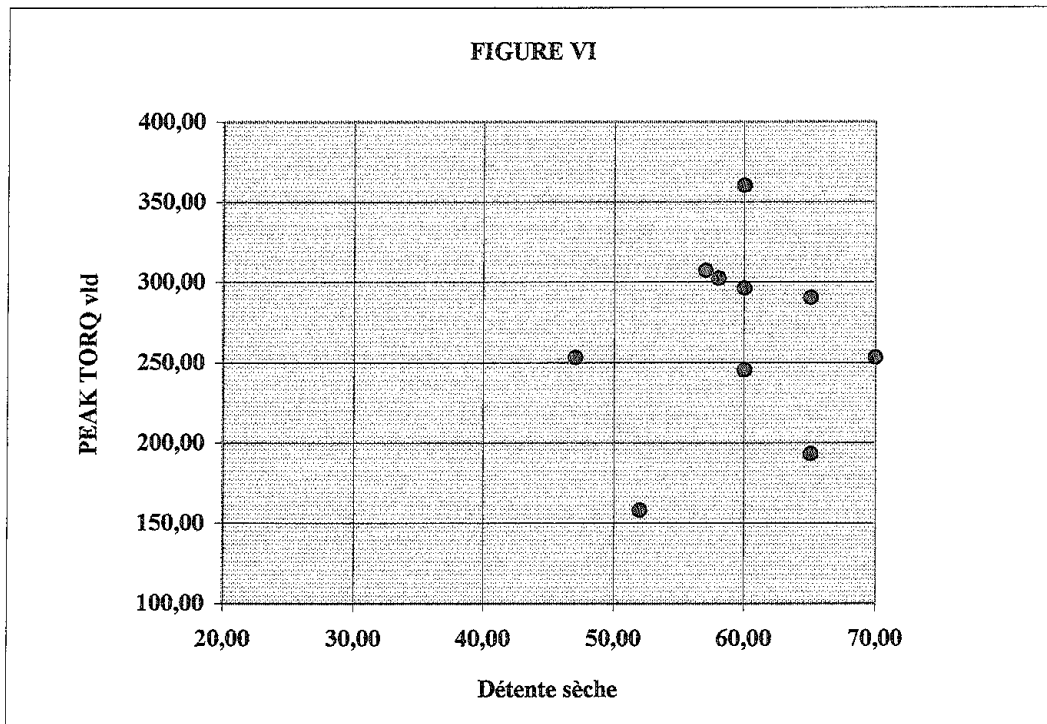
TAE à vitesse rapide à droite (Joule) en fonction de la détente en mvt. (cm)



TAE à vitesse rapide à droite (Joule) en fonction de la détente sèche (cm)



Pic de force à vitesse lente à droite (Nm) en fonction de la détente en mvt. (cm)



Pic de force à vitesse lente à droite (Nm) en fonction de la détente sèche (cm)

inférieur gauche chez des smashers droitiers améliorerait leur capacité de détente, ce qui corroborerait l'analyse précédente.

Enfin aucune corrélation a été mise en évidence, ni à droite ni à gauche, entre la hauteur de détente et le pic de force des muscles extenseurs de genou aussi bien à vitesse rapide qu'à vitesse lente.

6.3. Limites de l'étude

Elles concernent plusieurs aspects de cette étude :

- Le recueil des données concernant l'évaluation de la détente : la précision des mesures aurait pu être améliorée à l'aide d'un appareil spécifique comme l'ERGOJUMP dont le principe repose sur le calcul de l'élévation du centre de gravité du sujet à partir du temps de vol durant le saut. Le nombre faible d'essais effectués, ici au nombre de trois, ne permet pas d'affirmer que la performance obtenue est la meilleure, même si le niveau élevé des joueurs et leur esprit de compétition ont vraisemblablement permis de s'en approcher.

- L'étude n'a pas tenu compte du rôle de chacun des joueurs lors des matchs : en effet sur les dix joueurs il aurait fallu différencier les smashers des passeurs, car les appuis au sol durant un smash ou une passe sont différents et ont donc pu influencer les mesures isocinétiques enregistrées sur cybex. Sur les dix joueurs, huit sont smashers et deux sont passeurs.

- Cette étude ne tient aussi pas compte du rôle du triceps sural et des extenseurs de hanche. Ce manque de données ne nous permet ainsi pas d'avoir une vue d'ensemble sur la place et l'importance de chacun de ces groupes musculaires lors de la détente verticale, les muscles extenseurs de genou n'étant pas responsables à eux seuls de la totalité de la performance.

- Une évaluation isocinétique du travail excentrique aurait pu permettre de mettre en évidence une différence significative entre les deux membres inférieurs précisant ainsi d'avantage l'action des extenseurs de genou lors de la détente verticale.

- Quoi qu'il en soit, la principale critique reste la taille de l'effectif pour les raisons déjà évoquées précédemment.

7. CONCLUSION

Malgré ses limites cette étude nous a permis de montrer une relation entre la force explosive à vitesse rapide du côté gauche et la détente sèche chez dix volleyeurs de national 3, dont neuf sont droitiers. Il serait intéressant de vérifier l'efficacité sur la détente, d'un programme d'entraînement, basé sur l'amélioration de la force explosive à vitesse rapide, du membre inférieur opposé au membre supérieur servant pour le smash. S'il se révélait positif, toutes les observations faites dans cette étude seraient alors renforcées. De même, une étude plus approfondie prenant en compte l'intervention des triceps suraux et des extenseurs de hanche aussi bien sur un mode concentrique que sur un mode excentrique, à l'aide d'un Cybex NORM, permettrait une appréciation plus complète.

Nous pouvons enfin souligner, par cette étude, l'utilité de l'isocinétisme en matière d'évaluation de la force musculaire, en n'oubliant pas son intérêt indéniable en matière de diagnostic et de rééducation.



8. BIBLIOGRAPHIE

- 1. RIEU M. - p. 58. - HEULEU J.L., SIMON L. - Muscle et rééducation. - édition MASSON.**

- 2. RIEU M. - p. 61. - HEULEU J.L., SIMON L. - Muscle et rééducation. - édition MASSON.**

- 3. WASSERMANN D. - p. 73. - HEULEU J.L., SIMON L. - Muscle et rééducation. - édition MASSON.**

- 4. CALMELS P., DOMENACH M., MINAIRE P. - p. 91. - HEULEU J.L., SIMON L. - Muscle et rééducation - édition MASSON.**

- 5. FOSSIER E., MOLLARD R., POUX D., PUJO M. - p. 142 - 151. - HEULEU J.L., SIMON L. - Muscle et rééducation - édition MASSON.**

- 6. FOSSIER E. - p. 10 - 16. - HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L. - Isocinétisme et médecine de rééducation - PARIS : MASSON, 1991.**

7. **CALMELS P., DOMENACH M., MINAIRE P., ABEILLON G.** - p. 26 - 33. -
HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L. - Isocinétisme et médecine de rééducation -
PARIS : MASSON, 1991.

8. **NEIGER H.**, - Renforcement neuro-musculaire isocinétique asservi. - p. 51 - 54. -
Kinésither. Sci. 1989., N° 275.

9. **POCHOLLE M., CODINE P.** - Mesure de la force musculaire isocinétique - p. 10 - 14. -
Kinésither. Sci. 1993., N°322.

10. **DANIEL F., BRETON G., CARZON J., DARNAULT A., GENTY M., HEULEU J.N.**
- Place de l'isocinétisme dans la rééducation des genoux ligamentaires opérés - p. 90 -
95. - **HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L.** - Isocinétisme et médecine de
rééducation - PARIS : MASSON, 1991.

11. **GOBELET C., GREMION G.** - Mesures de la force musculaire isocinétique du
quadriceps et des ischio-jambiers : aspects normaux et pathologiques. - p. 75 - 82. -
HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L. - Isocinétisme et médecine de rééducation -
PARIS : MASSON, 1991.

12. **SABOURIN F., RODINEAU J., DE LECLUSE J., PEYRE M., FALDA M., DE JEAN R.** - Rééducation isocinétique dans la pathologie rotulienne. - p. 83 - 89. - **HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L.** - Isocinétisme et médecine de rééducation - PARIS : MASSON, 1991.

13. **DERAMOUDT B., CARRE F., JEZEQUEL L., ROCHCONGAR P.** - Les tests d'endurance en isocinétisme. - p. 34 - 40. - **HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L.** - Isocinétisme et médecine de rééducation - PARIS : MASSON, 1991.

14. **FOSSIER E.** - Renforcement musculaire isocinétique et entraînement sportif: intérêt et limites - p. 125 - 131. - **HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L.** - Isocinétisme et médecine de rééducation - PARIS : MASSON, 1991.

15. **CALMELS P., ABEILLON G., DOMENACH M., MINAIRE P.** - Fiabilité et reproductibilité des mesures de la force isocinétique. - p. 26 - 33. - **HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L.** - Isocinétisme et médecine de rééducation - PARIS : MASSON, 1991.

16. **FOSSIER E.** - Méthodes d'évaluation isocinétique : Principes. - p. 10 - 16. - **HEULEU J.L., CODINE L.P., SIMON L.** - Isocinétisme et médecine de rééducation - PARIS : MASSON, 1991.

17. **XHARDEZ Y.** - La pliométrie. - p. 86 - 87. - VADE-MECUM de KINESITHERAPIE - MALOINE, quatrième édition.

18. **MIZZON P.** - Exploration isocinétique du genou et aptitude à la détente verticale - Mémoire pour l'obtention de la Capacité de Médecine et Biologie du sport : Faculté de médecine de Nancy : 1993 - 32 p.

19. **CONRAD C.** - Exploration isocinétique des extenseurs et fléchisseurs du genou chez l'escrimeur de haut niveau - Thèse Méd. : NANCY : 1997. - 160 p.

20. **CHOMIKI R., BOISSEAU P., PAYSANT J.** - Dynamométrie isocinétique (1) : principes, caractéristiques et indications en médecine physique et de réadaptation - Annales Médicales de NANCY & de Lorraine : 1998 - p. 99 - 102.

21. **CHOMIKI R., BOISSEAU P., DESSAINT E., PARENT A., SOUCHON G., XENARD J.** - Dynamométrie isocinétique (2) : applications à l'évaluation et à la rééducation - Annales Médicales de NANCY & de Lorraine : 1998 - p. 103 - 118.

ANNEXES

ANNEXE I

1. PATIENT NAME
2. PTC 1 KNEE EXTENSION/FLEXION
3. CYBEX TEST DATE(S)

4. SIDE(S) TESTED	R UNINVOLVED		L. INVOLVED		DEFICIT (%)	
5. SPEED (deg/sec)	60	180	60	180	60	180
6. REPETITIONS	4	20	4	20	4	20
7. BODY WEIGHT (kg)		(85)		(85)		

FLEXION

8. PEAK TORQ (Nm)	212	166	214	158	0	4
9. PEAK TORQ % BW	249 %	195 %	251 %	185 %		
10. ANGLE OF PEAK TORQ	14	45	14	38		
11. TORQ 60 DEGREES (Nm)	147	154	135	132	8	14
12. TORQ 30 DEGREES (Nm)	168	120	161	92	4	23
13. ACCEL. TIME (SECS)	04		04			
14. TOTAL WORK (BWR, J)	244	189	227	173	6	8
15. TOTAL WORK (BWR) % BW	287 %	222 %	267 %	203 %		
16. AVG POWER (BWR, WATTS)	139	317	134	296	3	6
17. AVG POWER (BWR) % BW	163 %	372 %	157 %	348 %		
18. AVG POINTS VARIANCE	7 %	19 %	8 %	14 %		
19. TAE (J)	9.7	34.1	7.5	26.5	22	22
20. TOTAL WORK SET 1 (J)		2840		2573		9
21. 1st SAMPLE 1 (TW)		710		637		
22. 2nd SAMPLE 1 (TW)		428		429		
23. ENDURANCE RATIO 1		60 %		67 %		
24. TOTAL WORK SET 2 (J)						
25. 1st SAMPLE 2 (TW)						
26. 2nd SAMPLE 2 (TW)						
27. RECOVERY RATIO						

EXTENSION

28. PEAK TORQ (Nm)	320	237	265	216	17	8
29. PEAK TORQ % BW	376 %	278 %	311 %	254 %		
30. ANGLE OF PEAK TORQ	67	59	72	53		
31. TORQ 60 DEGREES (Nm)	309	235	254	195	17	17
32. TORQ 30 DEGREES (Nm)	174	203	189	189	-8	6
33. ACCEL TIME (SECS)	03		04			
34. TOTAL WORK (BWR, J)	348	275	317	245	8	10
35. TOTAL WORK (BWR) % BW	409 %	323 %	372 %	288 %		
36. AVG POWER (BWR, WATTS)	198	460	188	427	5	7
37. AVG POWER (BWR) % BW	232 %	541 %	221 %	502 %		
38. AVG POINTS VARIANCE	8 %	18 %	11 %	21 %		
39. TAE (J)	10.7	48.9	12.2	47.7	-13	2
40. TOTAL WORK SET 1 (J)		4675		4063		13
41. 1st SAMPLE 1 (TW)		1050		907		
42. 2nd SAMPLE 1 (TW)		755		675		
43. ENDURANCE RATIO 1		71 %		74 %		
44. TOTAL WORK SET 2 (J)						
45. 1st SAMPLE 2 (TW)						
46. 2nd SAMPLE 2 (TW)						
47. RECOVERY RATIO						

FLEXION/EXTENSION RATIO AND ROM

48. PEAK TORQ	66 %	70 %	80 %	73 %		
49. TOTAL WORK (BWR)	70 %	68 %	71 %	70 %		
50. AVERAGE POWER (BWR)	70 %	68 %	71 %	69 %		
51. TOTAL WORK SET 1		60 %		63 %		
52. TOTAL WORK SET 2						
53. AVERAGE ROM (DEGREES)	106	107	102	105	3	1
54. MAX ROM		(111)		(108)		(2)

(c) COPYRIGHT LUMEX 1987, 1988, 1989, 1990

NOTE EXPLICATIVE

- 17 -

1 à 7 : Données générales

- identité du patient, date de l'examen
- articulation et type de mouvement exploré
- côté testé : l'examen est toujours bilatéral et comporte une 3ème colonne pour le calcul de la différence D et G
- vitesse du test 60°/s ou 180°/s
- nombre de répétition du mouvement complet pour chaque vitesse
- poids du sujet

8 à 27 : exploration de la flexion

8. Pic de couple. Ce pic est donné pour chaque vitesse par colonne, c'est la valeur du meilleur couple enregistré pendant toute la série et en tout point du mouvement

9. Pic de couple rapporté au poids du sujet exprimé en %

10. position angulaire correspondant au pic de couple exprimé en degré

11 à 12 : valeurs du couple respectivement aux angles de 60° et 30° préalablement choisi par l'opérateur

13. Temps mis par le sujet pour atteindre la vitesse de test sélectionnée

14. Travail total du meilleur mouvement

15. Travail total du meilleur mouvement par rapport au poids du sujet. Exprimé en %

16. Puissance moyenne au cours de la meilleure répétition jugée en terme de travail

17. Puissance moyenne au cours de la meilleure répétition par rapport au poids du sujet. Exprimée en %

18. Dispersion des courbes. Moyenne des pourcentages de différences, calculée tous les demi-degrés entre le maximum et la courbe moyenne

19. Energie d'accélération du couple de force. L'ordinateur calcule le meilleur travail réalisé dans la série au cours du premier 1/8 de seconde de production du couple

20. Travail total de la série 1

21. Travail total du 1er échantillon. Pour calculer le ratio d'endurance, l'appareil divise chaque série en deux échantillons. Chaque échantillon est égal à 20 % du total des mouvements enregistrés. Le premier échantillon 1 représente les premiers 20 % de la première série

22. Le deuxième échantillon 1 représente les derniers 20 % de la première série.

23. Rapport d'endurance 1. C'est le rapport en pourcentage du deuxième échantillon sur le premier. Ce rapport permet d'apprécier l'endurance d'un sujet pendant la durée d'une série.

24-25-26. Ident 20-21-22. pour une deuxième série. Si l'on effectue un test d'évolution ou un test de récupération (comprenant deux séries identiques de mouvement à différents moments, les résultats de la deuxième série apparaîtront dans ces lignes).

27. Taux de récupération. Si le test comporte deux essais identiques, c'est le rapport de travail total entre les deux séries. Travail total série 2/travail total série 1

28 à 47 : Exploration de l'extension. Les résultats sont exposés dans le même ordre que pour la flexion.

48 à 52 : Rapports flexion/extension concernant le couple de travail et la puissance

53. Amplitude moyenne du mouvement. C'est l'amplitude moyenne de rotation calculée sur tous les mouvements d'une série.

54. Amplitude de mouvement maximum. C'est l'angle maximum enregistré pendant toute la série entre les deux positions les plus extrêmes.

ANNEXE II

PATIENT NAME: [REDACTED]
 PTC 1 KNEE EXTENSION/FLEXION

CYBEX TEST DATE(S)	8/20/1998	8/20/1998		
SIDE(S) TESTED	R UNINVOLVED	L INVOLVED		DEFICIT %
SPEED (deg/sec)	60 180	60 180		60 180
REPETITIONS	4 20	4 20		4 20
BODY WEIGHT (Kg)	(81)	(81)		

FLEXION

PEAK TORQ (Nm)	154 112	181 113		
PEAK TORQ % BW	190% 138%	223% 139%	-17	0
ANGLE OF PEAK TORQ	21 38	19 39		
TORQ @ 60 DEGREES (Nm)	128 90	142 98	-10	-8
TORQ @ 30 DEGREES (Nm)	141 88	161 77	-14	12
ACCEL. TIME (SECS)	.02	.03		
TOTAL WORK (BWR, J)	181 124	204 135	-12	-8
TOTAL WORK (BWR) %BW	223% 153%	251% 166%		
AVG. POWER (BWR, WATTS)	107 216	121 232	-13	-7
AVG. POWER (BWR) %BW	132% 266%	149% 286%		
AVG. POINTS VARIANCE	20% 14%	15% 15%		
TAE (J)	6.7 18.9	8.4 25.2	-24	-32
TOTAL WORK SET 1 (J)	1894	2067		-9
1st SAMPLE 1 (TW)	484	512		
2nd SAMPLE 1 (TW)	295	315		
ENDURANCE RATIO 1	60%	61%		
TOTAL WORK SET 2 (J)				
1st SAMPLE 2 (TW)				
2nd SAMPLE 2 (TW)				
RECOVERY RATIO				

EXTENSION

PEAK TORQ (Nm)	296 172	275 158		
PEAK TORQ % BW	365% 212%	339% 195%	7	8
ANGLE OF PEAK TORQ	58 36	59 47		
TORQ @ 60 DEGREES (Nm)	296 161	275 155	7	3
TORQ @ 30 DEGREES (Nm)	164 158	170 149	-3	5
ACCEL. TIME (SECS)	.04	.04		
TOTAL WORK (BWR, J)	309 206	294 183	4	11
TOTAL WORK (BWR) %BW	381% 254%	362% 225%		
AVG. POWER (BWR, WATTS)	193 355	174 314	9	11
AVG. POWER (BWR) %BW	238% 438%	214% 387%		
AVG. POINTS VARIANCE	17% 19%	12% 23%		
TAE (J)	10.8 39.7	10.0 34.8	7	12
TOTAL WORK SET 1 (J)	3563	3064		14
1st SAMPLE 1 (TW)	764	706		
2nd SAMPLE 1 (TW)	603	494		
ENDURANCE RATIO 1	78%	69%		
TOTAL WORK SET 2 (J)				
1st SAMPLE 2 (TW)				
2nd SAMPLE 2 (TW)				
RECOVERY RATIO				

FLEXION/EXTENSION RATIO AND ROM

PEAK TORQ	52% 65%	65% 71%		
TOTAL WORK (BWR)	58% 60%	69% 73%		
AVERAGE POWER (BWR)	55% 60%	69% 73%		
TOTAL WORK SET 1		53%		
TOTAL WORK SET 2		67%		
AVERAGE ROM (DEGREES)	94 105	97 105	-3	0
MAX ROM	(110)	(109)		(0)

KNEE EXTENSION/FLEXION

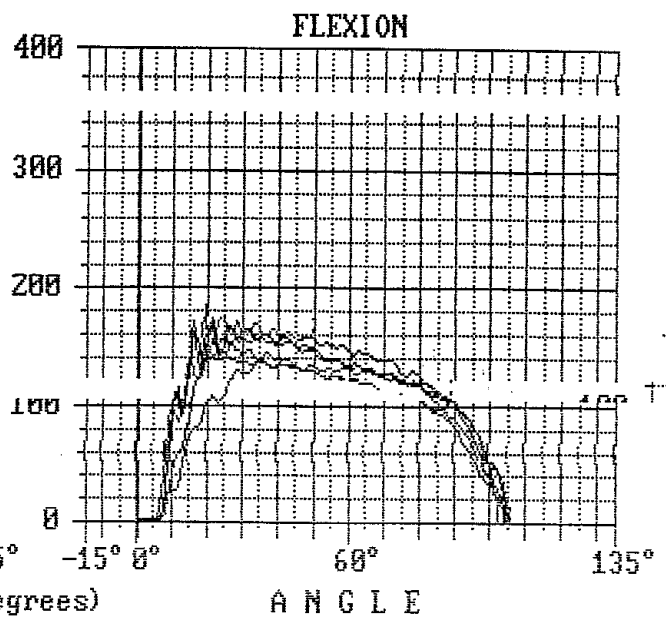
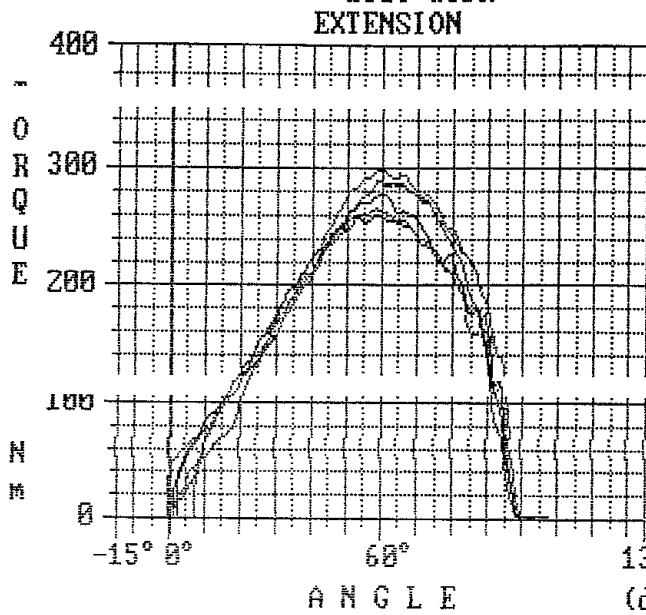
Fri Sep 11 15:09:30 1998

TORQUE vs. POSITION - BI-LATERAL INITIAL REPORT

LEGEND:

TEST 1 - RU TEST 2 - LI
maximum points, maximum points,
average points, average points,
best work best work

test 1 date - 8/20/1998 02:17
test 2 date - 8/20/1998 02:22
test speed - 60 deg/sec
test reps - 4



COMMENTS : _____

SIGNED _____

DATE _____

