MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DE NANCY

EVALUATION ISOCINETIQUE DU QUADRICEPS EN FONCTION DE LA POSITION DE HANCHE

Mémoire présenté par BALAT Quentin

Etudiant en 3ème année de masso-kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de masseur-kinésithérapeute.

2011-2012

SOMMAIRE

1.	INTR	ODUCTION:	1
2.	GENE	RALITES :	1
	2.1. L'	ISOCINETISME:	1
	2.2. RA	APPEL ANATOMIQUE :	2
	2.3. RA	APPELS PHYSIOLOGIQUES :	5
	<i>2.3.1.</i>	Anatomie de la fibre musculaire :	5
	<i>2.3.2</i> .	La contraction :	7
	<i>2.3.3</i> .	Les types de fibre :	8
	2.3.4.	La Fatigue musculaire :	8
	2.4. RA	APPEL BIOMECANIQUE :	. 10
	2.4.1.	Le genou:	. 10
	<i>2.4.2.</i>	La marche et le rôle du quadriceps :	11
	<i>2.4.3</i> .	Hypothèse de la relation tension – Longueur :	. 13
3.	METH	ODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE :	. 15
4.	MATE	RIEL ET METHODE :	. 15
4	4.1. M	ATERIEL:	. 15
,	4.2. Pc	PULATION :	. 17
4	4.3. M	ETHODE :	. 1 7
	<i>4.3.1.</i>	Renseignements	17
	4.3.2.	Calibrage du Contrex :	18
	133	Installation du natient :	1 2

	4.3.	4.	Définition des butés	. 19
	4.3.	. 5 .	Mesure de la gravité du membre :	. 20
	4.3.	6.	Echauffement :	. 21
	4.3.	. 7.	Mesures:	. 21
5.	RE	SUL	TATS:	. 22
5	5.1.	Pic	COUPLE MAX A 180 DEGRES/SECONDE:	. 23
4	5.2.	Pic	COUPLE MAX A 60 DEGRES/SECONDE:	. 23
4	5.3.	And	GLE D'EFFICACITE A 180 DEGRES/ SECONDE :	. 24
5	5.4.	And	GLE D'EFFICACITE A 60 DEGRES/SECONDE :	. 24
6.	DIS	SCU	SSION :	. 25
(5.1.	Pic	COUPLE MAX:	. 25
	6.1.	.1.	A 180 degrés/seconde	. 25
	6.1.	. <i>2</i> .	A 60 degrés/seconde:	. 26
(5.2.	And	GLES D'EFFICACITES :	. 27
(5.3.	INC	IDENCE KINESITHERAPIQUE :	. 28
7.	CO	NCI	LUSION :	. 29

RESUME

Le muscle du quadriceps, par son faisceau bi-articulaire, le droit fémoral fait débat. En effet, selon Kapandji, le droit fémoral étant bi-articulaire, la force développée par le quadriceps serait augmentée de 25% lorsque la hanche est en extension. Cependant, selon d'autres auteurs, la position n'affecte pas la force développée par le quadriceps. On se propose de mettre en évidence cette force musculaire à l'aide de l'isocinétisme en contraction concentrique à différentes vitesses qui sont : 180 degrés/seconde ainsi qu'à 60 degrés/seconde. De plus, nous le testons sur 2 sessions, une session hanche tendue et une session hanche fléchie. Ce mémoire a été réalisé sur 30 personnes âgées de 19 à 27 ans de tout milieu sportif.

Mots clés: quadriceps, isocinétique, pic couple max.

1. INTRODUCTION:

Le quadriceps, muscle de la loge antérieure de la cuisse, a pour action l'extension de genou. Son anatomie entraîne un débat sur son pic de couple force max. En effet, le droit fémoral étant bi-articulaire, l'efficacité de sa contraction serait différente selon la position de la hanche.

Pour Kapandji, le droit fémoral représente 25% de la force maximale du quadriceps (1). Selon Dufour, pour lui aussi le droit fémoral serait plus performant hanche tendue que hanche fléchie (2). Par contre, Porterro avait mis en évidence que la force développée par le quadriceps ne différenciait pas entre hanche fléchie et tendue (3).

2. GENERALITES:

2.1. L'isocinetisme:

L'isocinétisme est une technique développée depuis des années permettant d'évaluer ou de renforcer un muscle ou groupe musculaire. Lors de bilans, elle permet une évaluation fine du muscle testé en analysant puissance, pic couple max, travail, ainsi que la fatigabilité.

L'isocinétisme permet également d'évaluer les rapports entre deux groupes musculaires (par exemple ischio jambier/quadriceps). Ces appareils reposent sur la maîtrise de la vitesse ainsi que l'asservissement à la résistance(4,5,6). L'appareil mesure le couple développé par la force et le bras de levier de la machine. Les valeurs obtenues sont transmises sous valeurs numériques et graphiques sur un ordinateur. Les mesures ont une reproductibilité assez

satisfaisante si elles sont effectuées par le même examinateur et sur la même machine d'isocinétisme.

2.2. Rappel Anatomique:

Selon Dufour (7), le muscle quadriceps est un muscle de la loge antérieure de la cuisse appartenant ainsi à l'appareil extenseur du genou. Il est tendu de l'os coxal à la patella et au tibia. C'est un muscle volumineux en rapport avec le Tenseur du Fascia Lata et le sartorius jouant le rôle de sanglage antérieur du genou. Il est constitué de quatre chefs dont trois chefs mono-articulaires (vaste interne, externe et intermédiaire) et un chef bi-articulaire : le droit fémoral

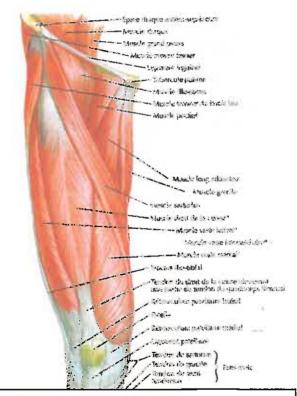


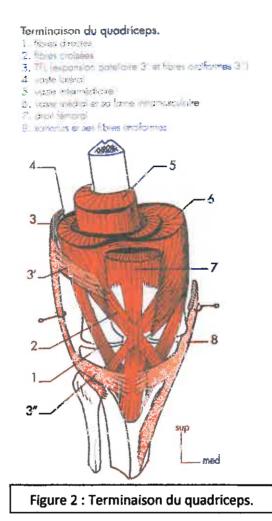
Figure 1 : Planche anatomique de la loge antérieure de la cuisse (8)

<u>Le vaste intermédiaire</u>: Il prend son origine par des fibres charnues sur les deux tiers supérieurs des faces antérieures et latérales du fémur, des bords antéro-médiale et antéro-latéral. Les fibres charnues descendent et convergent vers la patella. Il se termine sur la base de la patella à la partie postérieure et participe à la constitution du tendon quadricipital.

<u>Le vaste latéral</u>: Il s'insère sur le versant latéral de la lèvre latérale de la ligne âpre allant de la bifurcation inférieure jusqu'au grand trochanter. Les fibres se dirigent vers le bas, en avant et en dedans recouvrant le vaste interne. Il se termine sur la base ainsi que sur le bord latéral de la patella. Il se termine aussi sur le tibia à son extrémité supérieure par des expansions directes et croisées.

<u>Le vaste médial</u>: Il prend son origine sur la lèvre médiale de la ligne âpre de la bifurcation inférieure à la spirale. Les fibres se dirigent en bas en avant et en dehors. Il se termine sur la patella à la base et sur le bord médial, ainsi que sur le tibia à la partie supérieure par des fibres croisées et directes.

Le droit fémoral: Il s'insert grâce à 3 tendons. Le premier, direct, s'insère sur l'épine iliaque antéro-inférieur. C'est son tendon le plus important. Le deuxième s'insère à la partie profonde du sillon supra acétabulaire. C'est un tendon qui est intra-capsulaire mais extra synoviale. Enfin le troisième et dernier tendon, est le tendon récurrent. Il s'insère à la face antérieure du grand trochanter à sa partie supéro-médiale. Il se termine sur la base de la patella par son plan le plus profond. Les fibres les plus superficielles passent par dessus la patella pour aller se terminer sur la tubérosité tibiale du tibia et constituer la partie superficielle du ligament patellaire.



Le quadriceps est innervé par le nerf du quadriceps de racine L2, L3, L4. Les 4 chefs, simultanément, ont pour action en chaîne cinétique ouverte : l'extension de genou. En chaîne cinétique fermée, le quadriceps verrouille le genou. Le droit fémoral a, en plus, un rôle de flexion de hanche compte tenue de sa situation bi-articulaire. Il est aussi considéré comme ligament actif de la hanche.

Les deux vastes, médial et latéral, ont une composante rotatoire chacun de leur coté. Ils sont aussi stabilisateurs grâce à leurs fibres croisées et directes s'opposant ainsi au bâillement controlatéral de l'articulation.

2.3. Rappels Physiologiques:

2.3.1. Anatomie de la fibre musculaire :

Le quadriceps est composé de plusieurs milliers de fibres musculaires, chacune entourée par l'endomysium. Le rassemblement de plusieurs fibres musculaire forme un faisceau musculaire recouvert du périmysium. C'est un nombre plus ou moins important de faisceaux musculaires qui forment le muscle. Le tout est entouré de l'épimysium et d'un fascia ayant un rôle de contenant (9).

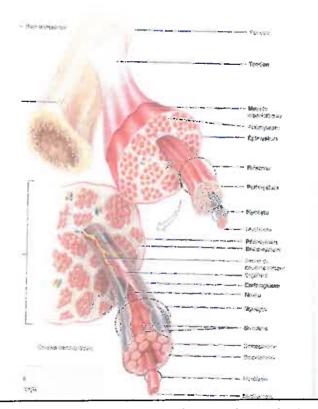
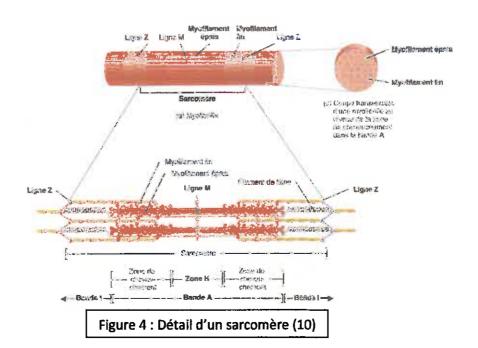


Figure 3 : Coupe transversale d'un muscle squelettique (9).

Les structures contractiles du muscle, les myofibrilles, sont de nombres variables, de plusieurs centaines à plusieurs milliers par fibre, ceci est dépendant de la taille du muscle et de la sédentarité de la personne. Une personne pratiquant du sport de façon régulière aura un nombre de myofibrilles bien plus important (11). Elles sont parallèles et parcourent toute la longueur de la cellule. Elles représentent 80% du volume musculaire. C'est sur la longueur de ces myofibrilles que l'on constate une alternance de stries claires et sombres. Ce sont des stries A (sombres) et les stries I (claires).

Le sarcomère est, quant à lui, composé de filaments fins d'actine, filaments épais de myosine et de filaments élastiques de titine. Lors de la contraction, le sarcomère se raccourcit ainsi que les myofibrilles et les cellules, mais la longueur des filaments ne change pas; selon la théorie de la contraction par glissement des filaments, élaborée par Hugh Huxley en 1954, « Durant la contraction, les filaments minces glissent le long des filaments épais, de telle sorte que les filaments d'actine et de myosine se chevauchent d'avantage » (12).



Le muscle quadriceps est un muscle squelettique. Ce type de muscle recouvre les os et s'y attache. Il porte des bandes transversales striées pouvant être maitrisées volontairement. Ce sont des muscles qui se contractent rapidement mais qui nécessitent des périodes de repos car ils fatiguent très facilement par rapport aux muscles lisses (9,10,11). L'activité d'un muscle squelettique est fonction de son innervation et de sa vascularisation. Un apport sanguin abondant est nécessaire.

2.3.2. La contraction:

La contraction commence par un potentiel d'action qui se propage le long de la fibre nerveuse jusqu'aux terminaisons nerveuses. Le potentiel d'action continue tout le long de la membrane de la fibre musculaire pour la dépolariser et pénétrer en profondeur. Cette stimulation permet aux têtes de myosine de s'accrocher au site de liaison de l'actine (9).

Cependant, nous avons besoin d'une augmentation de la concentration d'ion calcium pour que cette réaction se produise. C'est l'influx nerveux qui crée une augmentation de la concentration du calcium.

Lorsque la myosine est liée à l'actine, les têtes de myosine pivotent pour passer à leur forme de basse énergie ce qui leur permet de faire glisser le filament d'actine vers le milieu du sarcomère. C'est à ce moment là que l'ADP quitte les têtes de myosine.

Ensuite, nous avons un détachement de la tête de myosine qui va aller se fixer plus loin et avancer ainsi «pas à pas» le long du filament d'actine. Ce cycle se produit un certain

nombre de fois et nous avons toujours des têtes de myosine liées à l'actine pour ne pas avoir un retour en arrière du filament d'actine.

2.3.3. Les types de fibres :

Il existe deux types de fibres (2,3): Les fibres de types I et les fibres de type II. Les fibres de type I encore appelées fibres rouges, sont des fibres à contractions lentes et prolongées. Elles interviennent principalement dans le contrôle du tonus, de la posture. Ce sont principalement les muscles axiaux qui sont constitués de ce type de fibres. On appelle ces muscles, des muscles toniques.

Les fibres de type II ou fibres blanches, sont, elles, à contractions rapides. Ces types de fibres permettent des contractions fortes mais de courte durée car se sont des fibres très fatigables. Ce sont des muscles phasiques, ils permettent le mouvement et à défaut d'entraînement, ces muscles s'affaiblissent rapidement. Pour le droit fémoral, sa constitution serait de 50 à 70% de fibres de type II, donc ce serait un muscle phasique. Il permettrait des contractions rapides et fortes mais fatigables (3,13).

2.3.4. La Fatigue musculaire :

Elle correspond à une incapacité à maintenir une force et/ou une puissance développée durant des contractions soutenues et répétées. Cette diminution de force musculaire est surtout due à une diminution du nombre de ponts d'actine-myosine formés simultanément comme vu précédemment (11). Il existe deux types de fatigue qui sont la fatigue psychologique : c'est nous même qui stoppons l'effort alors que la capacité de contraction du muscle est encore

présente. Le deuxième type de fatigue est la fatigue musculaire. Elle est due à deux processus qui sont le déficit d'ATP et une accumulation trop importante d'acide lactique.

Le déficit d'ATP, entraîne une contraction de moins en moins efficace du muscle. En effet, l'ATP permet le mouvement et le détachement des têtes de myosine ainsi que le contrôle de la concentration en ion calcium. La réserve d'ATP, seule, permet une contraction de 4 à 6 secondes maximum. Cependant, dès lors que l'ATP est hydrolysée en ADP, sa régénération se fait grâce à plusieurs voies : soit par une interaction avec la créatine phosphate, soit du glycogène emmagasiné, par voie anaérobie ou encore par voie aérobie. Le glycogène est, lui aussi, stocké et s'épuise durant l'effort. Il sera renouvelé par un apport de glucose par voie sanguine.

Nous comprenons bien que, lorsque l'on a un manque d'ATP, le détachement des têtes de myosine n'est plus possible et entraîne des contractures.

Nous avons aussi le phénomène d'accumulation d'acide lactique. Cet acide lactique est produit lors de la glycolyse vu précédemment. Cette augmentation aboutit à une chute du Ph du muscle, entraînant une fatigue extrême et réduisant l'activité de la voie anaérobie dans la production d'ATP.

Les nombres de répétitions en isocinétisme entrainent une diminution de force s'installant en 2 phases(14,15) : une première phase avec une diminution rapide de la force maximale de la première contraction à environ 25-30 mouvements de flexion extension, puis une deuxième phase de 30 à 50, où la diminution est moins importante.

Les tests d'endurance devraient être de 20 mouvements pour les personnes sédentaires, 30 pour celles ayant une bonne condition physique et enfin 40 pour les athlètes de haut niveau (14). Ici, ayant une population homogène et ne s'intéressant pas à la fatigue du quadriceps, les séries à 180 degrés/secondes seront de 20 mouvements de flexion-Extension.

2.4. Rappel Biomécanique:

2.4.1. Le genou:

Il est l'articulation intermédiaire du membre inférieur, composé de la partie distale du fémur, la partie proximale du tibia et de la patella. Il en ressort deux articulations importantes pour la mobilité en flexion, extension qui sont la fémoro-tibial de type bicondylaire et la fémoro patellaire qui, elle, est une ginglyme (7). Ces deux articulations sont indissociables, tant sur le plan anatomique que fonctionnel. Les mouvements possibles sont la flexion-extension ainsi que la rotation médiale et latérale si le genou n'est pas en extension complète.

L'extension active correspond à une amplitude de 0 degré entre le tibia et le fémur. Il est parfois possible de réaliser une extension du genou en passif de 5 à 10°. L'extension active dépend surtout de la position de la hanche selon Kapandji. Plus la hanche est en extension et plus l'extension active de genou sera efficace. Elle est assurée par le muscle quadriceps. Selon Dufour, le quadriceps a un rôle prépondérant dans le contrôle du genou, que ce soit en concentrique ou en excentrique.

La flexion atteint environ 140° en actif et 160° en passif. Ceci dépend des masses musculaires du mollet et de la cuisse. Elle est assurée par les muscles ischio-jambier et le triceps sural grâce au soléaire.

Lors des mouvements de flexion extension, il y a une association de glissements et de roulements des condyles fémoraux sur les plateaux tibiaux, prouvée par les frères Weber. Ces glissements - roulements sont de même sens. En flexion, nous avons un glissement postérieur associé à un roulement postérieur et l'inverse lors de l'extension. Par la suite, les expériences ont montré que les glissements et roulements n'étaient pas les mêmes tout au long du mouvement. De plus, à ces mouvements, sont associés des mouvements de rotations. La flexion du genou est associée à la rotation médiale du genou tandis que l'extension est associée à la rotation latérale. En flexion, la patella s'engage dans la trochlée et un mauvais engagement de la patella peut entrainer une limitation de la flexion de genou et des douleurs.

2.4.2. La marche et le rôle du quadriceps :

La marche se compose de deux cycles qui sont la phase d'appui composant environ 60% du temps du cycle et la phase oscillante représentant les 40% restants (1,3).

Lors de la phase d'appui, le membre va porter l'ensemble du poids du corps. La phase d'appui commence par l'attaque du talon jusqu'à l'impulsion qui sera donnée en dernier par les orteils et le gros orteil. Il faut, durant cette phase, une stabilité parfaite allant de la colonne vertébrale au pied. Toutes les articulations doivent avoir des renforts ligamentaires ainsi que musculaires pour éviter la chute.

La phase oscillante est un passage de la jambe d'avant en arrière grâce aux flexions associées de hanche, genou et cheville. Elles permettent de rattraper la chute en avant. Pour Kapandji, la marche n'est qu'une suite de chutes évitées et contrôlées (1).

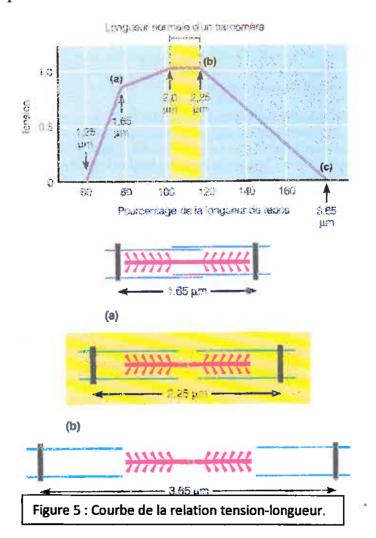
Les oscillations du pelvis se font dans 2 plans : le plan vertical et horizontal. C'est principalement dans le plan vertical que les mouvements nous intéressent. En effet, le pelvis se déplace de haut en bas lors du cycle de marche. Il est au maximum de sa hauteur lorsque le membre est à la verticale et au minimum lors de la phase oscillante. Ce déplacement est d'une amplitude d'environ 5cm (1).

Le rôle du quadriceps à la marche est primordial lors de plusieurs étapes. Lors du contact du talon avec le sol, le quadriceps va permettre un verrouillage du genou. Cette action se continue lors de l'appui monopodal à la verticale ainsi que lors du déséquilibre antérieur. Lors de la première impulsion motrice, avant la fin du double appui et la seconde impulsion motrice, l'extension de genou est gardée grâce au muscle quadriceps. Enfin, le quadriceps a un rôle à jouer avec le muscle ilio-psoas lors du pas oscillant pour amener le membre vers l'avant.

Mais le muscle quadriceps est associé à des chaines musculaires. En effet, lors de l'impulsion motrice, le quadriceps est associé avec le grand fessier qui entraîne une extension de hanche et donc tend le droit fémoral et permet ainsi une meilleure contraction de celui-ci dans son rôle d'extenseur de genou. On peut donc penser que la force développée par ce faisceau dépend directement de la position de la hanche.

2.4.3. Hypothèse de la relation tension - Longueur :

La contraction est permise grâce à une interaction entre les têtes de myosine avec les filaments d'actine. Tout ceci va dépendre de l'étirement préalable du muscle. En effet, plus un muscle est en position raccourci, plus le raccourcissement possible des fibres seront minime. A l'inverse, un trop grand étirement va entraîner une non-interaction car les filaments d'actine et les têtes de myosine seront trop éloignés et ne permettront pas un accrochage. Il existe une situation intermédiaire où la force développée serait la plus importante : le rapport longueur - tension idéal (10). Il correspond à un étirement léger du muscle. Les filaments d'actine et de myosine doivent à peine se chevaucher.



Mais la force d'un muscle a deux composantes : la force active et la force passive.

Cette première est due à cette interaction entre les têtes de myosine et les filaments d'actine.

L'autre composante est formée des éléments du tissu conjonctif.

Lorsque la hanche du patient est positionnée à 90 degrés de flexion, le droit fémoral est détendu car la distance EIAS-base de la patella est diminuée entre hanche tendue et hanche fléchie. Donc les filaments d'actine et de myosine sont en position rapprochée et le glissement de ces deux fibres est raccourci, la contraction devrait être moins efficace.

Il est conseillé de placer le muscle en tension pour avoir la meilleure contraction possible. Cependant, placer le muscle en étirement maximal éloigne trop les filaments et la contraction est alors moins bonne (11).

Selon Kapandji, le droit fémoral représente un cinquième de la force totale du quadriceps. Sa capacité d'extension de genou serait fonction de la position de la hanche. Lorsque la hanche est fléchie, le droit fémoral est en position de raccourcissement donc le droit fémoral serait inhibé et la contraction de ce chef serait moins efficace.

Ce muscle possède un double rôle important lors de la marche puisqu'il va permettre une extension du genou mais aussi une flexion de la hanche. Il est utile aux deux temps de la marche : lors de l'impulsion ainsi qu'à la phase portante.

Selon ces explications, on peut penser que la force développée par le quadriceps serait plus importante hanche tendue que hanche fléchie. En effet, hanche tendue le droit fémoral est

en position de repos et permettrait ainsi la meilleure contraction possible. Nous proposons de mesurer la force du quadriceps sur con-trex dans les deux positions de hanches en concentrique : hanche tendue et hanche fléchie.

3. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE:

La recherche bibliographique a été commencée par de la recherche au centre Reedoc de Nancy ainsi qu'à la faculté de médecine. Plusieurs livres et articles ont ainsi été utilisés pour ce mémoire. Ce sont principalement des données de biomécanique, d'anatomie ainsi que de physiologie et d'histologie qui ont été recherchées à la faculté de médecine de Nancy. Les bases de données de Pedro, PubMed, KineDoc, Medline ont été exploitées. Les articles sélectionnés remontent jusqu'aux années 1970 sauf pour quelques articles références. La sélection des articles s'est faite de manière manuelle dans des bases de données universitaires ainsi qu'à partir d'articles trouvés, le but étant de sélectionner des articles traitant de l'isocinétisme et du quadriceps sans pathologie sous jacente. Les mots clés utilisés ont été : Peak torque, Quadriceps, Isokinetik ainsi que Knee et Hip.

4. MATERIEL ET METHODE:

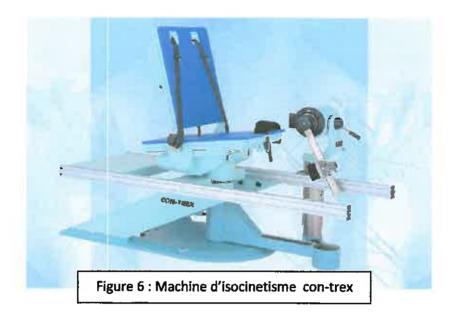
4.1. Matériel:

Le con-trex est une machine d'isocinetisme. Elle permet d'avoir des résultats précis des valeurs. Un nombre important de mesures peut être obtenu et différents modes de travail effectués : Isométrique, isotonique et isocinétique ici utilisé (16). Dans son utilisation de tous

les jours, elle permet de réaliser des bilans ou des séances de rééducation (17,18). Elle permet de suivre, de manière précise, les patients et leurs évolutions. La machine d'isocinétisme contrex permet de travailler les membres inférieurs comme les membres supérieurs.

La machine est reliée à un ordinateur permettant de faire les réglages pour des bilans ou des séances en programmant les nombres de séries, la vitesse d'exécution des mouvements ainsi que les temps de pause et le mode de travail. L'ordinateur va ensuite transmettre différentes valeurs, pic couple max en Newton par mètre, puissance en watts, travail en joules et l'angle d'apparition du pic couple max en degrés. Elle mesure tout autant les muscles fléchisseurs que les muscles extenseurs pour le genou, mais seules les mesures du pic couple max et son angle d'apparition concernant le quadriceps seront gardées pour le mémoire. Toutes ces valeurs peuvent être imprimées.

Le dossier du patient est inclinable et permet ainsi de placer ce dernier, soit en position assise, soit en décubitus. Ce siège est équipé d'un goniomètre avec une graduation tous les 10 degrés afin de connaître l'angle entre le siège et le dossier. Des sangles sont positionnées sur le dossier pour verrouiller le patient en position assise et éviter le maximum de compensations, par contre en décubitus dorsal, les sangles ne peuvent pas être mises en place.



4.2. Population:

La population est composée de 30 personnes allant de 19 à 27 ans. Les critères d'inclusion sont des personnes âgées de 18 à 30 ans, toutes catégories socioprofessionnelles, et de tout horizon, sportives ou non, à des niveaux différents.

Les critères de non inclusion sont des personnes sortant de la tranche d'âge et sont exclues les personnes ayant des troubles ostéo-articulaires du genou ou de la hanche au moment présent ainsi qu'un passé de fracture articulaire du genou ou de la hanche.

4.3. Méthode:

4.3.1. Renseignements:

Un questionnaire (annexe I) est fait avant les mesures. Nous prenons connaissance du sexe, l'âge, le poids, la taille et l'activité sportive ou non du patient. Si le patient est sportif,

nous noterons la fréquence par semaine. Nous nous assurons que le patient ne présente pas de trouble ostéo- articulaire ou d'antécédent de fracture articulaire. Enfin, nous plaçons le patient devant une marche et demandons à ce dernier d'y monter afin de prendre note de son membre dominant (Première jambe montée). Cependant, des études montrent que l'on ne retrouve pas de différence entre le membre dominant et le membre non dominant (14,15).

4.3.2. Calibrage du Con-trex :

Pour le calibrage de la vitesse ainsi que du dynamomètre de la machine, ceci est vérifié lors des contrôles techniques effectués par des professionnels. Cependant, à l'allumage, la machine recherche automatiquement la position de référence qui, pour elle, correspond à la verticale.

4.3.3. Installation du patient :

Le patient est placé sur le siège dans la position du testing. Un espace d'environ 2 cm est laissé en arrière du creux poplité pour ne pas avoir de gène ou de douleur en flexion durant le test.

En position assise : un contre appui antérieur est placé sur la jambe controlatérale au testing au niveau du coup de pied. La cuisse testée est, quant à elle, sanglée à la table pour éviter toute compensation. Le patient est aussi sanglé avec une double ceinture au niveau du tronc. Nous demandons au patient de croiser ses bras pour poser ses mains sur ses épaules. (annexe II)

En position allongée: Le patient est en décubitus strict. La hanche est placée en rectitude. Nous plaçons le pied controlatéral à la jambe testée sur la table entraînant ainsi une flexion de hanche et de genou pour éviter l'antéversion du bassin et l'extension du genou lors du test. Cette position est aussi plus agréable pour le patient et évite une hyper lordose. La jambe testée est aussi sanglée à la table. De même que pour la position assise, on demande au patient de croiser ses bras pour venir mettre ses mains sur ses épaules (Annexe III).

Dans les deux positions, en position assise et couchée, l'angle de la coxo fémorale est mesuré avec un goniomètre. La machine est, elle aussi, équipée d'un goniomètre qui permet de vérifier que le dossier et l'assise sont en rectitude. La position du patient doit lui permettre d'atteindre 110 degrés de flexion de genou.

4.3.4. Définition des butées :

Nous plaçons le centre articulaire du genou en regard de l'axe de rotation du bras de la machine. Pour ceci, nous plaçons notre index sur le condyle fémoral et notre pouce au niveau de l'axe de rotation du bras. Nous recherchons un alignement le plus optimal possible.

Ensuite, nous enregistrons le zéro anatomique en plaçant le bras de la machine à l'horizontal. Nous verrouillons cette position en la validant avec la manette.

Nous enregistrons par la suite l'extension maximale du patient. Nous lui demandons de faire une extension de genou restant agréable. Nous plaçons un appui posé sur la face antérieure du tibia à sa partie distale au-dessus du coup de pied. Nous verrouillons alors ce

degré comme la position à obtenir en extension. Le patient devra l'atteindre lors de chaque mouvement.

Nous emmenons le membre à 110° de flexion et verrouillons la mesure avec la manette. De même, cet angle devra être atteint lors de chaque flexion de genou. A noter que, lorsque l'on valide les butées en extension et en flexion, la machine déduit cinq degrés d'amplitude pour faciliter encore plus l'atteinte des butées.

Dès que l'enregistrement des butées est fait, nous expliquons au patient qu'il faudra pousser et tirer de toute sa force et que la vitesse des mouvements sera constante durant tout le test. Nous lui expliquons qu'il ne doit pas s'arrêter et qu'il devra bien aller jusqu'aux butées sinon il ne pourra pas repartir dans le sens opposé. Aucun contrôle visuel sur ses performances n'est permis au patient pour ne pas influencer sur son effort(19). L'évaluation musculaire s'effectue en concentrique ce qui correspond à une contraction de celle-ci, rapprochant ainsi ces insertions et permettant de vaincre une force.

4.3.5. Mesure de la gravité du membre :

Nous effectuons trois allers-retours de tout le débattement articulaire en demandant au patient de se relâcher et de ne pas résister à la machine. Ceci nous permet de mesurer la gravité du membre.

4.3.6. Echauffement:

Le patient est échauffé sur un vélo ergométrique. Le patient pédale à une puissance de cinquante watts pendant 5 minutes. Ceci permet un échauffement musculaire et cardio-vasculaire. (20)

4.3.7. Mesures:

Pour obtenir des résultats fiables, nous décidons de tester les patients sur deux sessions espacées de 7 jours, ceci permettant d'éliminer toute fatigue si les mesures entre hanche tendue et hanche fléchie sont différentes. Aucune consigne sur ses activités sportives n'est donnée au patient entre les deux sessions. Il ne doit en aucun cas changer ses habitudes sportives. La moitié de la population sera testée d'abord hanche tendue puis hanche fléchie et inversement pour diminuer le biais d'habituation à la machine d'isocinétisme et qu'il soit équitablement réparti. Les 15 premiers ont donc commencé hanche fléchie et les 15 suivants par hanche tendue.

Le test commence par le membre non dominant obtenu lors du test effectué au début. Ceci permet au patient de s'habituer à la machine et de ne pas être perturbé lors des premières mesures sur le membre sélectionné. Nous commençons par 4 essais à 180 degrés/seconde en demandant au patient de ne pas se donner à fond (20). Nous imposons ensuite une pause de 30 secondes. Le patient enchaîne avec 20 mouvements enregistrés à 180 degrés/seconde. Nous instaurons une pause d'une minute avant les séries à 60 degrés/seconde. Nous effectuons de nouveau 4 essais à 60 degrés/seconde, une pause de 30 secondes et enfin 4 tests enregistrés à

60 degrés/seconde. Nous passons enfin au membre dominant et nous établissons le même protocole.

Les encouragements sont les mêmes pour tous les patients et sont constitués de « on tire » et « on pousse » coordonnés à la flexion et à l'extension.

Nous choisissons de prendre les mesures données par l'ordinateur qui sont le pic couple max en Newton par mètre à 180 degrés et à 60 degrés/seconde. Nous noterons aussi l'angle d'apparition, en degrés, où le couple max est le plus important.

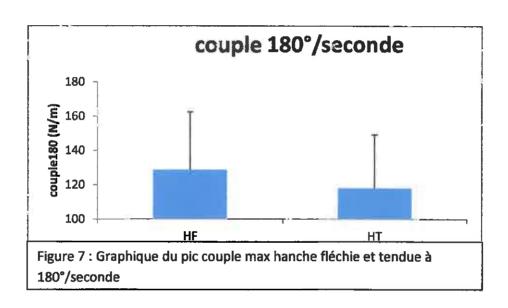
5. RESULTATS:

Les résultats sont exprimés par des moyennes et des écarts type. Un test de normalité a été effectué pour vérifier que la population suivait bien une normalité entre les différentes variantes évaluées. Un test t de Student pour valeurs appariées a été effectué pour essayer de mettre en évidence des différences significatives entre des valeurs. Ce test se révèle significatif si p<0,05.

La population évaluée a une moyenne de 21,93 ans pour un écart type de 1,91. Elle est composée de 11 femmes pour 19 hommes. Seulement 7 personnes sédentaires ont été recensées sur cette population. (Annexe IV)

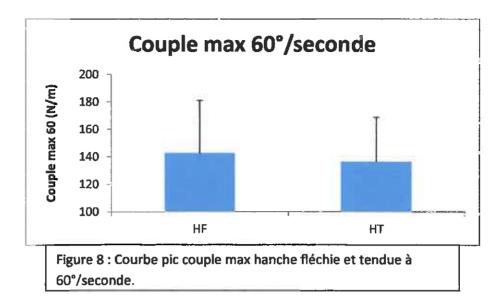
5.1. Pic couple max à 180 degrés/seconde :

La première étude a été de vérifier s'il existait une différence du pic couple max du quadriceps entre hanche tendue et hanche fléchie à 180 degrés/seconde. On trouve t= 4,04 et P=0,0003. On a donc une différence significative. Le quadriceps est plus fort hanche fléchie que tendue.



5.2. Pic couple max à 60 degrés/seconde :

Nous avons ensuite effectué la même comparaison pour vérifier la différence entre hanche tendue et hanche fléchie mais à 60 degrés/seconde. Les résultats nous donnent t= 1,63 et p= 0,113. On peut en conclure une différence non significative.



5.3. Angle d'efficacité à 180 degrés/ seconde :

Nous avons voulu ensuite savoir si l'angle du pic couple max diffère entre hanche tendue et fléchie. A 180 degrés/seconde, t= 0,161 et p= 0,873. Il n'y a pas de différence significative.

5.4. Angle d'efficacité à 60 degrés/seconde :

A 60 degrés/seconde, nous trouvons t= -0,605 et p= 0,549. On peut donc en conclure une différence non significative.

6. **DISCUSSION:**

6.1. Pic couple max:

6.1.1. A 180 degrés/seconde:

Les résultats statistiques sont à 180 degrés/seconde : t=4,04 et P=0,0003. Contrairement à ce que peut affirmer Mr Kanpandji, nous ne retrouvons pas la différence de force du quadriceps entre hanche tendue et hanche fléchie que monsieur Kapandji développe. La force développée hanche fléchie est alors plus forte.

Le résultat obtenu à cette vitesse, est contradictoire à ce que la littérature affirme. Durant la procédure d'évaluation, les patients se sont plaints d'une position désagréable en position allongée. Certains ont eu la sensation d'avoir moins de force hanche tendue que hanche fléchie. Cette gêne aurait-elle occasionné à vitesse rapide une différence significative? Selon Kapandji, le droit fémoral joue plutôt un rôle de sanglage du genou et représente 25% de la force du quadriceps (1).

On peut aussi penser que le droit fémoral est en étirement trop important ce qui permet une mauvaise interaction entre les filaments d'actine et les têtes de myosine. Et comme la vitesse d'exécution est rapide, les ponts d'actine myosine n'ont pas le temps de se créer ce qui entraîne une baisse du couple max (11). Si nous reprenons la courbe de la relation tension-longueur, nous aurions placé le droit fémoral en trop fort étirement et ainsi diminuer sa force. La position idéale ne serait donc pas la hanche en rectitude. On peut penser qu'il aurait été préférable d'effectuer un test avec une flexion de hanche à 45 degrés de flexion (21).

6.1.2. A 60 degrés/seconde:

À 60 degrés/seconde nous obtenons : t=1,63 et p=0,113. Nous en avons conclu à une différence non significative. Nous ne retrouvons pas de différence comme à 180 degrés/seconde. Cette observation rejoint celle de Pierre Porterro qui, en 1985, n'avait pas obtenu de différence de force à 30 degrés/seconde (4). Le droit fémoral a comme rôle principal à la marche le verrouillage du genou. Ce rôle ci est plutôt un rôle statique. Ici étant en travail concentrique, le droit fémoral n'aurait peut-être pas développé toute sa force musculaire et les 25% de force supplémentaire ne sont pas retrouvés.

Le droit fémoral permet un verrouillage du genou lors de la phase d'appui. Mais se sont particulièrement les 3 autres vastes, faisceaux mono-articulaires, qui assurent ce verrouillage. C'est la diminution de la flexion de hanche qui va permettre au droit fémoral de jouer son rôle de sanglage et de maintien de genou. Il va aussi freiner la flexion de genou lors de la phase oscillante. Il aurait donc plutôt un rôle statique voire excentrique et sa force développée serait alors plus forte dans ces deux types de travail qu'en concentrique.

La constitution du droit fémoral est principalement formée de fibres de type II à environ 50-70% (17). Il devrait donc développer une force plus importante hanche tendue car ce sont des fibres qui développent une contraction rapide, puissante mais fatigable. En effet, nous aurions dû avoir un meilleur glissement des faisceaux d'actine et de myosine, donc plus de ponts se seraient créés et la force aurait dû être augmentée hanche tendue. Compte tenue de nos résultats, la position adaptée pour mettre en tension le droit fémoral aurait entrainé un trop grand étirement pour celui-ci.

Selon Monsieur Dufour, le droit fémoral aurait un rôle prépondérant lorsque des mouvements de hanche et genou sont associés comme par exemple les accroupissements. Au cours de la marche, sa longueur ne cesse de varier en raison du mouvement du bassin et ne permet pas d'affirmer que le muscle est en étirement ou en raccourcissement (). On peut donc imaginer que le droit fémoral s'adapte à sa longueur et développe ainsi la même force quelque soit sont degré d'étirement.

6.2. Angles d'efficacités :

A 160 degrés/seconde, t=0,161 et p=0,873 et à 60 degrés/seconde, t=-0,605 et p=0,549. Dans les deux cas, nous n'avons pas de différence appréciable. L'angle d'efficacité est compris en moyenne à 48 degrés pour 180 degrés/seconde et 53 degrés pour les mouvements à 60 degrés/seconde. Pourtant si le droit fémoral jouait un rôle important dans l'extension de genou, il devrait changer cet angle puisqu'il serait en tension lorsque la hanche est tendue, or nous retrouvons les mêmes mesures (4,22). Ceci confirmerait que le droit fémoral s'adapterait à sa longueur et développerait ainsi la même force au même moment. Cette mise en tension ne permet pas de changer l'amplitude d'efficacité car ce sont les muscles mono-articulaires qui produiraient le plus de force et le droit fémoral aurait plutôt un rôle dans la statique.

6.3. Incidence kinesitherapique:

Des résultats du dessus, nous pouvons en déduire que la rééducation du quadriceps ne nécessite pas une position en hanche tendue et hanche fléchie. Il faut se placer là où le confort du patient est le plus appréciable. C'est souvent la position assise qui est préconisée.

Les bancs à quadriceps utilisés en rééducation sont les plus adaptés. Le testing musculaire en manuel ou en isocinétisme ne nécessite donc pas de placer la hanche en extension. Par contre on peut jouer sur l'angle d'efficacité. Nous pouvons faire travailler le muscle quadriceps où son couple max est le plus important. Il se situe au même endroit que la hanche soit fléchie ou tendue.

En position assise, on peut demander au patient de tenir un poids à cet angle. De même, lors du travail en charge, on peut demander un déverrouillage du genou un peu plus important que 20 degrés, généralement conseillé, pour se situer au plus prés de cet angle d'efficacité. Mais le droit fémoral ayant un rôle de sanglage sur le genou, nous devons aussi le travailler en statique et en excentrique.

Il faut donc travailler le droit fémoral en chaîne cinétique fermée pour ce rôle de sanglage mais aussi en chaîne cinétique ouverte. Nous nous rendons compte que dans ces deux types de travail, la hanche n'est jamais en rectitude. Cependant, le droit fémoral ayant son rôle de ligaments actifs au niveau de la hanche, est-il toujours aussi efficace si le droit fémoral n'est pas travaillé hanche tendue ?

7. **CONCLUSION:**

En conclusion, nous ne constatons pas de différence de force du quadriceps entre hanche tendue et hanche fléchie à 60° degrés/seconde. Cependant une différence apparaît à 180° degrés/seconde. Nous pouvons imaginer que le muscle quadricipital, par son rôle de sanglage et de verrouillage de genou, serait plus fort en statique ou en excentrique et que la différence serait alors visible. De plus l'angle d'efficacité n'a pas changé entre les deux positions choisies. Cette mise en étirement serait elle vraiment efficace? Le droit fémoral serait plutôt un faisceau qui s'adapterait au double mouvement de hanche et de genou et permettrait ainsi une bonne stabilité. Il aurait peut être été judicieux d'effectuer des tests isocinétiques en position semi inclinée : c'est à dire, hanche placée à 45° de flexion. Ceci nous aurait permis d'avoir une position intermédiaire qui peut être aurait été la position idéale de la relation tension-longueur du quadriceps. De plus il aurait été intéressant de voir si une différence significative de force apparaîtrait en travail statique voire en travail excentrique. Tester le muscle quadricipital dans toutes ces composantes de travail permettrait, le cas échéant, de développer peut être un autre point de vue sur son rôle et sa force.

BIBLIOGRAPHIE:

- (1) KAPANDJI A. I. Anatomie fonctionnelle tome II: membre inférieur. 6^e éd. Paris: Maloine, 2009. p.65-155 et p.262-279 ISBN 978-2-224-03214-2.
- (2) DUFOUR M., PILLU M., Biomécanique fonctionnelle : Membre, tête et tronc. 2006, Elsevier Masson, p.149-200. ISBN : 2-294-088877-8
- (3) PORTERO P. Influence de la position de la hanche sur l'activité isocinétique maximale des muscles polyarticulaires sagittaux de la cuisse. Ann. Kinésithér., 1985, t.12, n°4, p. 137-144.
- (4) HAS Les appareils d'isocinétisme en évaluation et en réeducation musculaire : Intérêt et utilisation, Février 2001.
- (5) POCHOLLE M., CODINE P. Les tests isocinétiques du genou. Kiné scientifique, n°397, février 2000. p.6-13.
- (6) KOTZKI N., DUPEYRON A. Renforcement musculaire et reprogrammation motrice.

 CROISIER J.L, MAQUET D., CODINE P., FORTHOMME B. Renforcement musculaire et rééducation : apport de l'isocinetisme. Masson, Paris : pathologie locomotrice et médecine orthopédique, 2008. p.42-50.
- (7)DUFOUR M. Anatomie de l'appareil locomoteur tome I : membre inférieur. 2^{ème} éd Paris : Elsevier Masson,2007. p.137-147 et p. 236-243. ISBN : 978-2-294-08055-5.
- (8) FRANCK H. NETTER, MD. Atlas d'anatomie humaine. 4ème edition Masson, 2007. p.492. ISBN: 978-2-294-08042-5.

- (9) N. MARIEB E. Anatomie et physiologie humaines. Traduction de la 4^{ème} édition americaine. Departement De Boeck Université Paris, Bruxelle. p.260-287. ISBN: 2-8041-3219-6.
- (10) TORTORA, DERRICKSON. Principe d'anatomie et de physiologie. Traduction de la 11^{ème} édition americaine. Bruxelle : De Boeck et Larcier S.A. p.309-334. ISBN : 978-2-8041-5379-3.
- (11) JONES D., ROUND J., DE HAAN A. Physiologie du muscle squelettique : de la structure au mouvement. Elsevier : Paris. p. 9-17 et p.29-39 et p. 85-96. ISBN: 2-84299-689-5.
- (12) HUXLEY H., HANSON J. Changes in the cross-striations of muscle during contraction and stretch and their structural interpretation. Nature 173 (4412): p.973–976
- (13) JOHNSON M.A, POLGAR J., WEIGHTMANN D, APPLETON D. Data on the distribution of fibre types in thirty six human muscle. An autopsy study. J. Neurol. Sci., 1873, 18, p.111-129.
- (14) FERRIERO G., COLOMBO R., SARTORIO F., VERCELLI S. Reliability of the isokinetic fatigue index. EUR. J. PHYS. RHABIL. MED., 2011; 47-351-2
- (15) DERAMOUDT B., ROCHCONGAR P., PIALOUX B., BRISSOT R., LOUVIGNE Y. Etude de la courbe de fatigue du muscle quadriceps en isocinetisme. Annale de réadaptation et de Médecine physique, 1989, vol.32, n°3, p.317-325.
- (16) Documentation Technique du Con-trex.

- (17) ZAOUITA BEN MOUSSA A., LAYOUNI R., DZIRI C., SALAH B., HAMMANI N. Exploration isocinétique de la force musculaire au niveau du genou chez les handballeurs tunisiens. J. Traumatol. Sport, 2005, 22, p.226-231. Masson, Paris 2005
- (18) POCHOLLE M., CODINE PH. Etude isocinétique des muscles du genou chez des footballeurs de première division. Ann. Kinésithér., 1994, t.21, n°7, p. 373-377. Masson, Paris, 1994.
- (19) KELLIS E., BALTZOPOULOS V. Resistive eccentric exercice: effects of visual feedback on maximum moment of knee extensors and flexors. J. Orthop. Sport Phys. Ther. 1996; 23:120-4
- (20) JOHNSON J., SIEGEL D. Reliability of an isokinetic movement of the knee extensors. Research Quartely 1978; 49: p.88-90
- (21) BOHANNON RW., GAJDOSIK RL., LEVEAU BF. Isokinetic knee flexion and extension torque in the upright sitting and semireclined sitting positions. Phys. Ther. 1986 Jul., 66(7); 1083-6
- (22) KERKOUR K., BARTHE M., MEIER J-L., GOBELET C. Force musculaire maximale isocinétique (F.M.M.I), extenseurs et fléchisseurs sagittaux du genou. Ann. Kinésithér., 1987, n°6, p. 281-283

ANNEXES

ANNEXE I

Fiche de rensei	Numéro :											
PATIENT:												
NOM:												
Prénom:												
Age:												
Sexe :												
Taille:	Poids:											
Traumatismes passés a		ieur : OUI / NON										
* *		de la hanche : OUI / NO!	N									
Sportif : OUI / NON Si oui : Compéti	ition / Loisir	Nb d'heures par semair	ne :									
Sédentaire : OUI / NON												
KINE:												
Membre dominant :												

ANNEXE II



ANNEXE III



																				-																		
force	E	T,	7.	7	4	7	o o	o,	+	9	7.	4	2		rð.	1,	4	4	et et	7.	9,		9,	,2	,2	2,	0	7	6,	9	O,	3333	28,2	75,7	5816	54,9	7306	
a	60°)	56,1	48,7	75,7	55,1	66,2	54,9	54,9	64,1	42,6	58,7	39,4	28,2	47	61,5	47,1	44,4	31,4	64	46,7	64,6	57,7	57,6	54,2	52,2	43,2	20	57,2	69,3	63,6	53,9	53,673333			10,675816		113,97306	
couple	(2)	112,4	147,3	2'96	119,6	105,8	95	144,3	92,8	75	173	116,8	137,1	113,7	130,3	217	153,2	167,9	123,1	117,8	156,3	166,6	133,4	196,6	158,4	157,3	178,6	153,7	123,4	122,4	109,5	136,5	75	217	32,450248	131,85	1053,0186	
angle force	max (hf 60°)	29	30,3	9'09	60,3	42,5	39,8	60,7	64,7	51,2	39,2	46,1	41	47,1	74,6	52,3	53,8	48,8	71,6	49,9	56,2	56,5	52,4	56,6	48,7	43,8	57,4	64,2	59,2	44,2	40,7	52,446667	30,3	74,6	10,078544	52,35	101,57706	
Couple max	HF 60°	113,8	142,5	122,7	129,9	109,6	8,66	169,7	87,8	62,7	217,5	122	123,4	120,2	145,3	199,4	181,6	170,9	128,1	152,4	162,6	126,3	141,4	229,3	167,7	153,1	179,1	166,9	104,6	146,7	85,4	142,08	62,7	229,3	38,402177	141,95	1474,7272	
	(ht 180°)	39,4	30,3	55,6	55,1	55	41,3	59,1	63,5	33,1	61,1	26,7	33,5	38,7	51,5	55	49,7	37,1	55,9	49,9	76,7	9'05	54,7	45	39,6	42,4	46,3	50,8	59,2	40,2	48,2	48,17333	26,7	76,7	11,03005	49,8	121,662	
Couple max HT	180° dominant	101	104,7	6'26	93,8	91	76,3	121,2	68,1	63,1	117,7	104,9	143	96,2	107,9	178,8	121,3	168,7	135,9	99,3	134,4	137,1	121,1	172,3	141,4	126,2	180,5	133,9	89,1	131,4	87,5	118,19	63,1	180,5	31,11127	119,4	967,9113	
Angle force	max (hf 180°)	48,3	31,1	43	58,8	48	34,7	54,1	56,5	49,6	45,8	44,4	26,8	40,5	56,7	50,7	51,9	48,8	58,3	47	64,5	36,5	6'09	56,9	50,9	45,4	56,8	54,8	52,1	38,3	41,1	48,44	26,8	64,5	9,0731	49,2	82,322	
Couple max HF	180° I	107,8	120,9	134,2	111,2	98,3	80,5	133,1	6'92	62,7	162,2	100,2	146,2	98,7	120,9	175,3	131,4	186,5	126,7	114,2	153,1	136,5	132,4	187,2	150,5	127,3	188,2	139,2	80,3	141,4	81,4	126,84667	62,7	188,2	33,699286	129,35	1135,6419	ANNEXE IV
βΩ	nant	2	2	44	F	1	1	Н	4	7	1	 	H	П	1	1	П	1	1	+	Н	2	2	-	4	7	2	1	1	1	~	1,233	Н	2	0,43	1	0,185	_ ◀
Sedent	aire	2	2	2	++	2	2	н	Н	П	2	-	-	2	н	2	2	2	2	2	2	2	7	7	7	7	2	2	2	2	2	1,7667	1	2	0,4302	2	0,1851	
N S	e:	ന	4	2	က	2	0	0	0	2	œ	0	0	m	4	9	5	m	2	Н	0	œ	00	2	4	4	9	4	10	2	က	8,0		10	2,7057	3	7,3207	And the second s
Jit Ca O	Sportin	2	1	2	-	2	m	m	m	7	П	m	m	П	7	1	1	1	2	2	m	н	2	2	2	2		2	1	2	7	1,8667	-	-	0,7303	1	0,5333	 - - -
, t		09	89	26	9	23	61	8	51	42	89	65	65	99	59	80	69	8	7.5	89	104	69	65	84	98	89	85	79	09	75	56	68,3667	42	104	12,7374	89	162,24	i i i
, L	ם ב	180	174	169	167	173	164	186	161	157	180	165	181	162	175	183	176	185	182	170	183	181	170	183	194	174	185	187	166	176	162	175	157	194	9,298	175,5	86,45	
CEVE	SEAE	2	2	1	2	2	2	-	2	2	-	2	1	2	1	н	1	1	1	2		1	1	++	H	4	П	П	2	1	2	1,4	₩	2	0,4983	П	0,2483	de la casa
200	AGE	21	27	21	70	702	21	23	22	21	20	24	22	22	22	22	25	22	22	21	26	20	24	21	21	25	21	19	21	20	22	21,933	19	27	1,9106	21,5	3,6506	2 [
	NB	1	2	m	4	5	9	_	00	စ	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	56	27	28	29	30	Moy	Zin	Max	=	Med	Var	 :