

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

**PRE-TEST COMPARATIF
DE DEUX TECHNIQUES DE RENFORCEMENT
MUSCULAIRE SUR PRESSE A QUADRICEPS :
UNIPODAL VERSUS BIPODAL**

Mémoire présenté par **Alexandra LUTT**
étudiante en 3^{ème} année de Masso-Kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur Kinésithérapeute
2014-2015

SOMMAIRE

RESUME

1. INTRODUCTION	1
2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	3
3. RAPPELS ANATOMIQUES – QUADRICEPS	4
3.1. Le muscle droit fémoral	4
3.2. Le muscle vaste intermédiaire	5
3.3. Le muscle vaste latéral	5
3.4. Le muscle vaste médial	5
3.5. Actions et innervation	6
4. RAPPELS BIOMECANIQUES	7
4.1. Généralités	7
4.2. Rôle du quadriceps dans la marche	8
5. RAPPELS SUR LE RENFORCEMENT MUSCULAIRE	9
5.1. Les modes de contraction	9
5.1.1. Le mode isométrique	9
5.1.2. Le mode concentrique	10
5.1.3. Le mode excentrique	10
5.2. Les chaînes cinétiques	10
5.2.1. La chaîne cinétique fermée	10
5.2.2. La chaîne cinétique ouverte	11
6. MATERIEL ET METHODE	11
6.1. Population	11
6.2. Matériels	12
6.3. Premier temps - présentation du pré-test	13
6.3.1. Explications générales	13
6.3.2. Mesure de la force isocinétique	13

6.3.2.1. Echauffement.....	13
6.3.2.2. Evaluation de la Force Maximale - test isocinétique initial	14
6.4. Deuxième temps – session expérimentale.....	15
6.4.1. Echauffement.....	15
6.4.2. Position des tests – installation du patient.....	15
6.4.2.1. La presse	15
6.4.2.2. L’unipodal	17
6.4.2.3. Le bipodal	18
6.4.3. Calcul de la RM.....	18
6.4.4. Protocole de renforcement.....	19
6.4.4.1. Les méthodes de développement de la force	19
6.4.4.2. La méthode des efforts répétés	20
6.4.4.3. Protocole choisi	21
6.5. Troisième temps – méthode d’analyse	21
7. RESULTATS.....	21
7.1. Caractéristiques de la population	21
7.2. Présentation des résultats	22
7.2.1. Analyse par groupe.....	22
7.2.1.1. Groupe bipodal	22
7.2.1.2. Groupe unipodal	23
7.2.2. Comparaison de la force maximale entre les deux groupes	24
8. DISCUSSION	24
8.1. Discussion sur le protocole et les résultats.....	24
8.1.1. Les résultats	25
8.1.2. Avis des sujets	25
8.1.3. Problèmes rencontrés	25
8.2. Validité interne	26
8.2.1. Matériel	26
8.2.2. Protocole – méthode	27
8.2.3. Facteurs humains	28
8.3. Validité externe	28

8.4. Ouverture.....	29
9. CONCLUSION	29

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Le renforcement musculaire tient une place importante et nécessaire dans la rééducation masso-kinésithérapique. Il est présent tout au long de la prise en charge. Débuté précocement pour la relance musculaire et intensifié à la fin, il permet de redonner au patient une autonomie et une qualité de vie identiques, si ce n'est proches de l'état pré-lésionnel.

Notre étude se porte sur le renforcement du quadriceps. L'objectif est de réaliser un pré-test comparant deux méthodes de renforcement en chaîne cinétique fermée sur une presse à quadriceps. Un même protocole précis est utilisé pour les deux méthodes. La première population travaille en unipodal sur la presse et la deuxième en bipodal.

L'étude porte sur 10 sujets volontaires et sains. Deux bilans isocinétiques sur les deux membres inférieurs des volontaires sont réalisés: l'un avant le début du protocole et l'autre à la fin. Un tirage au sort est fait au préalable afin de répartir aléatoirement les sujets en deux groupes distincts. Le groupe B comporte 5 personnes et est attribué au renforcement en bipodal sur presse. Le groupe U comporte lui aussi 5 personnes et est attribué au travail en unipodal.

Du fait de la petite population de notre pré-test, nous avons décidé de mettre en évidence une tendance par des moyennes et des ratios pour l'exploitation des résultats.

Les résultats montrent une augmentation de la force maximale dans les deux groupes : le groupe unipodal présente tout de même un gain de force plus important que le groupe bipodal, le pourcentage de gain étant respectivement de 17,30% et 7,41%.

Mots clés : quadriceps ; renforcement musculaire ; presse à quadriceps ; unipodal ; bipodal

Keywords : quadriceps ; muscular strenght ; leg press ; unilateral ; bilateral

1. INTRODUCTION

Dans sa pratique clinique quotidienne, le masseur-kinésithérapeute est amené à mettre en place des protocoles de renforcement. Ces protocoles sont adaptés en fonction des possibilités du patient et découlent de bilans réalisés au début, au cours et à la fin de la prise en charge.

Le renforcement musculaire [1] se place comme la technique active de rééducation de base de la kinésithérapie. Il permet de redonner, d'augmenter la capacité du muscle ou d'un groupe de muscles à fournir un geste fonctionnel performant lors d'un effort. Il est, dans la majorité des cas, d'abord analytique pour viser le ou les muscles défaillants, puis global afin de restaurer les capacités fonctionnelles du patient et lui redonner son rôle familial, social et professionnel.

Les différentes méthodes de renforcement sont souvent inspirées de la musculation du sportif. Inspirée mais pas copiée car d'un point de vue physiologique, chaque muscle et chaque personne ne répondent pas de la même façon à un renforcement. Les paramètres tels que [2] : le nombre de séries, le nombre de répétitions, la durée de travail, le temps de récupération, l'intensité de la résistance, les modes de contractions et la course musculaire sont primordiaux et, utilisés de manière optimale, permettent de parvenir aux objectifs de traitement fixés.

Il existe deux types de renforcement : le renforcement dynamique basé sur un mode de travail anisométrique et le renforcement statique empruntant un mode de travail isométrique. Dans notre protocole de renforcement, le quadriceps travaille en dynamique : la contraction musculaire engendre un débattement articulaire. Le travail se fait en chaîne cinétique fermée sur la presse : l'extrémité distale est fixe et se confronte à une résistance l'empêchant de se déplacer librement (par exemple un accroupissement) [3]. L'aller se fait sur un mode concentrique et le retour sur un mode excentrique.

En 1967, afin de quantifier la force musculaire, HISLOP et PERRINE ont introduit le principe de travail isocinétique [4]. C'est une méthode d'évaluation et de rééducation de la force musculaire. Le mouvement se fait à vitesse constante et la résistance exercée par la machine est auto-adaptée à la force développée par le sujet. Cette méthode nous permet d'obtenir deux valeurs : la force maximale initiale du quadriceps des deux membres inférieurs, avant le début du renforcement, ainsi que la force maximale finale du quadriceps, à la fin du protocole de renforcement.

La presse est un outil de rééducation utilisé en kinésithérapie et en musculation. Par un mouvement qui reproduit le mouvement de squat vertical en position plus ou moins horizontale, elle permet un travail précis et efficace des membres inférieurs. Nous utilisons pour notre pré-test, LEGPRESS MED® de la société TECHNOGYM [5], permettant ainsi de mettre en opposition le travail unipodal et le travail bipodal.

Ainsi la problématique que nous pourrions évoquer est la suivante : **Quel mode de travail, entre le bipodal et l'unipodal, en chaîne cinétique fermée sur une presse à quadriceps permet de gagner en force ?**

Afin de répondre à cette problématique, nous avons mis en place un pré-test comparatif. Pour notre comparaison, nous nous appuyons sur un paramètre : la force musculaire maximale, mesurée avant et après un protocole de renforcement défini.

Nous débuterons par quelques rappels concernant le rôle du quadriceps et le renforcement musculaire. Puis, nous réaliserons un renforcement de ce même muscle sur deux groupes différents selon un protocole strict sur 10 sujets volontaires. Suivront ensuite l'analyse des résultats ainsi qu'une discussion autour de notre thème.

2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Afin d'appuyer nos propos et d'agrandir nos connaissances, une recherche bibliographique a été réalisée en préalable à l'étude, la démarche étant de construire un protocole de renforcement : quel type de protocole choisir ? Pendant combien de semaines ? A raison de plusieurs séances par semaine ? Quels sont les avantages de l'unipodal et du bipodal ? Qu'est-ce que l'isocinétisme et à quoi sert-il ? Puis de définir les caractéristiques du quadriceps, de la force musculaire, des modes de contractions.

Les bases de données utilisées pour cette recherche ont été Kinedoc, le site de la Haute Autorité de Santé (HAS), Pubmed, EM-Premium. Pour les articles scientifiques, les ouvrages, nous avons utilisé les ressources de la bibliothèque universitaire de la faculté de Médecine de Nancy, ainsi que la bibliothèque de STAPS de Nancy, et RééDOC.

Les recherches bibliographiques ont commencé en juillet 2014 et se sont achevées en avril 2015. Une sélection a été réalisée afin de s'appuyer sur des données pertinentes. En suivant les recommandations de l'HAS, nous nous sommes basés sur le titre des articles puis sur le résumé. Les acquisitions et prêts personnels d'ouvrages ont permis d'étoffer nos recherches. De plus, les références bibliographiques contenues dans les articles ou mémoires consultés ont servi de support au travail. A noter que la recherche bibliographique sur la presse a été relativement compliquée, la littérature scientifique étant assez pauvre et non pertinente sur ce sujet.

Les principaux mots clés utilisés ont été : «presse à quadriceps», «renforcement musculaire», «quadriceps», «isocinétisme», «méthodes de musculation», «échauffement», «unipodal», «bipodal» en français et «leg press», «protocol strength», «muscular strength», «warm-up», «isokinetic», «maximum strength», «unilateral», «bilateral». Ces mots clés ont été pondérés par les opérateurs booléens «ou», «et» en français et «and», «or» en anglais.

3. RAPPELS ANATOMIQUES – QUADRICEPS

Le quadriceps est un muscle volumineux et puissant de la loge antérieure de la cuisse [6]. Il comporte 4 chefs musculaires dont 3 mono-articulaires et 1 bi-articulaire. Il appartient à l'appareil extenseur du genou. Il est constitué du vaste intermédiaire, du vaste latéral, du vaste médial et du droit fémoral. Il est tendu de l'os coxal et du fémur à la patella et au tibia.

Il tient un rôle important lors de la marche en étant présent lors de toutes les phases du cycle. De plus, ce muscle fait partie d'une chaîne cinétique d'extension. Le terme de chaîne cinétique est défini par une organisation spatio-temporelle précise dans le recrutement de différents groupes musculaires afin d'assurer le déroulement complet du mouvement. Pour réaliser l'extension des membres inférieurs sur la presse par exemple, le triceps sural, le grand fessier et le quadriceps travaillent en synergie.

3.1. Le muscle droit fémoral

Chef antérieur et superficiel descendant verticalement, son insertion proximale comporte 3 tendons :

- un tendon direct : partie supérieure de l'os coxal au niveau de l'EIAI (l'Épine Iliaque Antéro-Inférieure),
- un tendon réfléchi : au fond du sillon supra-acétabulaire,
- un tendon récurrent : angle supéro-médial de la face antérieure du grand trochanter du fémur.

Il se termine sur deux structures osseuses par un tendon : à la partie antérieure de la base de la patella et à l'extrémité supérieure de la tubérosité tibiale.

3.2. Le muscle vaste intermédiaire

Ce muscle fait partie du plan profond. Son insertion proximale se situe sur le corps du fémur par des fibres charnues aux 2/3 supérieurs des faces antérieures et latérales ainsi que sur les bords latéraux. Il est oblique en bas et en dedans et suit l'axe de la diaphyse fémorale. Il se termine par un tendon à la partie postérieure de la base de la patella.

3.3. Le muscle vaste latéral

Muscle du plan intermédiaire, il s'insère par une lame tendineuse sur le fémur, au niveau de la branche latérale de la crête sous-trochantérienne à l'extrémité supérieure de la trifurcation, ainsi que sur la lèvre latérale de la branche latérale de la ligne âpre et à l'extrémité inférieure de cette ligne, au niveau de la branche latérale de la bifurcation.

Son trajet est oblique en bas et en dedans et enroule le fémur en bas et axialement. Il se termine sur la base et le bord latéral de la patella, ainsi que sur les crêtes obliques de l'extrémité supérieure du tibia (homolatérale pour les fibres directes et controlatérale pour les fibres croisées).

3.4. Le muscle vaste médial

Il s'insère également par une lame tendineuse sur le fémur mais cette fois au niveau de la branche médiale au sommet (en dessous du petit trochanter) de l'extrémité supérieure de la ligne âpre : la trifurcation, ainsi que sur la lèvre médiale du corps de la ligne âpre et l'extrémité inférieure de celle-ci au sommet de la branche médiale.

Son trajet est identique à celui du vaste latéral : oblique en bas et en dedans, enroulant le fémur en bas et axialement. Mais ce dernier possède en plus des fibres longitudinales et d'autres plus obliques sur l'horizontale qui descendent plus en bas et en dedans.

Son insertion distale se situe sur la base et le bord médial (plus bas que le vaste latéral) de la patella ainsi que sur le tibia au niveau des crêtes obliques de l'extrémité supérieure (homolatérales pour les fibres directes, controlatérales pour les fibres croisées).

3.5. Actions et innervation

L'innervation de ces muscles est assurée par le nerf fémoral racines L2, L3, L4.

On peut cependant préciser :

- pour le vaste latéral : nerf vaste latéral,
- pour le vaste médial : nerf vaste médial,
- pour le vaste intermédiaire : nerf vaste intermédiaire et une branche du nerf vaste latéral,
- pour le droit fémoral : nerf droit fémoral.

Le droit fémoral, muscle bi-articulaire, exerce son action sur la hanche et sur le genou. En chaîne ouverte, il est fléchisseur de hanche et extenseur de genou. Ce muscle, associé au vaste intermédiaire, attire la patella vers le haut lors de l'extension de genou tandis que le vaste médial et le vaste latéral amènent respectivement la patella en haut, en dedans et en haut, en dehors. Les trois autres muscles mono-articulaires exercent juste une action sur le genou en tant qu'extenseur de celui-ci en chaîne ouverte. La force du quadriceps n'est pas la même dans toute l'amplitude de genou. Pour une extension de -15 à 0° , il faut 60% de force en plus que pour passer d'une flexion de 90 à 15° .

En chaîne fermée, le droit fémoral est antéverseur de bassin et les quatre chefs participent au verrouillage actif du genou lors de la marche : effet de sangle, ils contrôlent la flexion de genou. A noter que les 4 tendons forment sur leur insertion distale un tendon large et puissant : le tendon quadricipital. Il est oblique en bas et en dedans à la différence du tendon patellaire. Le vaste médial descend plus bas sur le bord de la patella que le vaste latéral de l'autre côté. Ses fibres sont plus inclinées sur l'horizontale, ce qui fait un rappel

patellaire face à la tendance de déviation latérale due à l'angulation du quadriceps et du tendon patellaire.

Léopold Busquet, dans son ouvrage «Les Chaînes Musculaires du Membre Inférieur», [7] explique le rôle prépondérant du quadriceps pour l'équilibre proprioceptif des différents éléments du genou, les quatre chefs du quadriceps travaillant en synergie afin d'assurer la fiabilité de la mécanique de genou. Il sert de ligament actif au ligament croisé postéro-interne. De plus, les vastes agissent en synergie avec les ligaments croisés et les ligaments latéraux afin de limiter les rotations internes ou externes du fémur sur le tibia. De plus, les fibres du vaste médial mettent en tension la capsule pour qu'il n'y ait pas de conflit lors de l'ascension de la patella.

4. RAPPELS BIOMECANIQUES

4.1. Généralités

Le genou est l'articulation intermédiaire du membre inférieur [8]. C'est un complexe de deux articulations et de trois os dans une même capsule : la fémoro-tibiale (interne et externe) entre le tibia et le fémur et la fémoro-patellaire entre le fémur et la patella. Le genou dispose de deux degrés de liberté : flexion, extension dans le plan sagittal et rotation médiale, rotation latérale dans le plan horizontal qui n'apparaît qu'en flexion.

C'est une articulation portante qui doit transmettre le poids du corps. Elle est exposée aux chocs et doit impérativement allier stabilité et mobilité [9]. Elle est facilement accessible au thérapeute par sa superficialité donc d'autant plus fragile. Elle est soumise à de fortes sollicitations mécaniques et la faible congruence de ses surfaces articulaires l'expose d'autant plus à l'instabilité. Il existe deux systèmes qui assurent la protection du genou [10] :

- la stabilité dynamique,
- la stabilité ligamentaire.

La stabilité dynamique est assurée par le complexe fémoro-tibial et l'articulation fémoro-patellaire. L'articulation fémoro-tibiale est une articulation bi-condylienne. La biomécanique découle de l'asymétrie des surfaces. Une association de deux mouvements, roulement et glissement, est observée lors de la flexion et de l'extension. En présence d'un roulement pur, les amplitudes seraient alors limitées.

Le système ligamentaire stabilise les condyles en flexion et en extension. Cet équilibre est permis par les ligaments latéraux ainsi que par les ligaments croisés et leur tension est maximale en extension. Les ligaments latéraux ont un rôle de renfort latéral de la capsule. Les ligaments croisés assurent la stabilité passive antéro-postérieure en dehors de l'extension pour lutter contre le déplacement en tiroir antéro-postérieur : ils sont responsables du rappel des condyles lors des mouvements. Le ligament croisé postérieur retient vers l'arrière le condyle lors de son roulement en avant au cours de l'extension, tandis que le ligament croisé antérieur réalise un maintien du condyle en avant lors du roulement postérieur associé à la flexion. Entre 0 et 60 degrés de flexion, la contraction du quadriceps engendre un tiroir antérieur. Au delà, la résultante des forces s'inverse au profit d'un tiroir postérieur.

4.2. Rôle du quadriceps dans la marche

La marche [11] est le mode de locomotion naturel de l'être humain adulte. Elle est donc indispensable lors d'une rééducation afin de redonner au patient son autonomie. C'est une activité naturelle qui se déroule à faible coût énergétique et musculaire. UNMAN et AL ont réalisé un découpage du cycle de la marche : une phase d'appui de 0 à 60% et une phase oscillante de 60 à 100%.

La mise en charge de 0 à 10% correspond à l'attaque du talon. Au niveau du genou, le quadriceps travaille en excentrique pour contrôler sa flexion tout au long de la période. Concernant la hanche, le droit fémoral bi-articulaire tend à la fléchir mais la résultante des forces est en faveur des extenseurs.

Lors du milieu de l'appui (10-30%), le quadriceps poursuit son action excentrique afin de freiner la flexion du genou. Dans cette phase, les vastes sont les premiers acteurs de la stabilité du genou.

La flexion du genou est accentuée durant la période pré-oscillante (50-60%). Le droit fémoral se contracte afin de freiner cette flexion. La contraction maximale de ce muscle survient juste avant le décollement du pied en fin de période. En outre, au niveau de la hanche, le quadriceps se contracte de manière concentrique, initiant le mouvement de flexion avec les muscles adducteurs. Le muscle par son étirement préalable absorbe de l'énergie pour la restituer à la hanche.

Durant la phase oscillante, le quadriceps n'est présent qu'au début de cette phase afin d'assurer un contrôle qui s'estompe par la suite. A la fin de la phase oscillante (vers 90% du cycle), il se contracte sur un mode concentrique soutenant alors l'extension du genou et prévenant d'une instabilité potentielle. Les muscles ischio-jambiers et quadriceps stabilisent finalement le membre inférieur en flexion de hanche (à environ 30°) et en extension incomplète du genou pour les derniers 5% du cycle, préparant ainsi le prochain contact.

5. RAPPELS SUR LE RENFORCEMENT MUSCULAIRE

Le renforcement musculaire permet un gain de force, de puissance et de volume. Il a donc une action sur le diamètre et le nombre de fibres musculaires. Il existe trois régimes de contractions : le mode isométrique, le mode concentrique et le mode excentrique [12, 13,14].

5.1. Les modes de contraction

5.1.1. Le mode isométrique

Dans ce mode de contraction, le moment de force est égal au moment résistant. Il y a une absence de mouvement et le renforcement sera spécifique à l'angulation définie. Il permet de lutter contre l'amyotrophie mais reste le moins favorable des trois en gain de force. Il est très utile à la phase initiale de rééducation car il n'engendre aucun débattement articulaire et permet un entretien ou une relance musculaire.

5.1.2. Le mode concentrique

Mode de travail dynamique (le moment de force étant supérieur au moment résistant), il est défini par une contraction musculaire engendrant un rapprochement des insertions musculaires. Il sollicite un grand nombre d'unités motrices et implique donc une grande consommation d'énergie.

5.1.3. Le mode excentrique

Il engendre un débattement d'amplitude et se définit par un éloignement des insertions musculaires. Le moment de force étant inférieur au moment résistant, son rôle est freinateur. Ce mode de contraction est sollicité afin de lutter contre une force externe ou ralentir un mouvement. L'excentrique joue un grand rôle dans les activités de la vie quotidienne, telles la marche, la descente des escaliers, par exemple. Il est donc indispensable d'intégrer ce mode de travail pour une rééducation complète.

5.2. Les chaînes cinétiques

5.2.1. La chaîne cinétique fermée

La dénomination de chaîne cinétique fermée est proposée par STEINDLER [15]. Quand le pied ou la main se confrontent à une résistance importante, il est observé un recrutement musculaire et une mobilité articulaire différente que lorsqu'il n'y a aucune restriction de mouvement. Afin d'appuyer cette notion, P. ROCHCONGAR et H. MONOD,

dans la 4^{ème} édition du livre «Médecine du Sport» [16], ont décrit les avantages des exercices en chaînes cinétiques fermées par rapport à ceux effectués en chaînes ouvertes : ils ont constaté une diminution des forces de cisaillement, de distraction et rotatoire, une stimulation des mécanismes proprioceptifs par moindre déformation des mécanorécepteurs, une meilleure stabilité articulaire et une co-contraction des groupes musculaires agonistes et antagonistes mis en jeu. De plus, SCHERRER (1981) admet que si la résistance de l'extrémité mobile est supérieure à 15% de la force maximale de la chaîne musculaire alors le terme chaîne fermée est employé [17].

5.2.2. La chaîne cinétique ouverte

La chaîne est définie comme ouverte lorsque l'une de ses extrémités au moins est libre ou suffisamment peu résistante pour que le mouvement se déroule sans aucune difficulté [17]. L'utilité de ce type de travail est moindre pour le membre inférieur que pour le membre supérieur. En effet, les membres inférieurs sont destinés aux appuis et à la déambulation. De plus, la chaîne ouverte associe de grands débattements articulaires et crée des forces de cisaillement plus importantes au niveau des articulations pouvant entraîner des douleurs et être néfastes. Pour le genou, le travail du quadriceps en chaîne ouverte, augmente les contraintes au niveau du ligament croisé antérieur qui s'oppose à cette translation. Il est également responsable de contraintes mécaniques importantes sur l'articulation fémoro-patellaire.

6. MATERIEL ET METHODE

6.1. Population

Notre étude a porté sur 10 sujets de 24 à 50 ans. Critère d'inclusion : personnes volontaires et disponibles, ayant signé la fiche de renseignements (ANNEXE I) et de consentement (ANNEXE II). Le formulaire de consentement distribué aux participants stipule que chaque volontaire a le droit de se rétracter à tout moment et que les données récoltées sont confidentielles. Ils ont tous en leur possession un document expliquant et résumant le

thème de ce mémoire, le protocole précis, le déroulement des séances ainsi que le but de ce pré-test (Annexe III).

Critères d'exclusion :

- une activité trop intense, supérieure à 7 heures par semaine ou trop centrée sur le quadriceps tels la musculation, le football ou le cyclisme,
- les contre-indications à la pratique sportive (problème cardiaque, pulmonaire),
- les antécédents chirurgicaux et/ou traumatiques de moins d'un an au niveau des deux membres inférieurs (entorse, fracture),
- présence d'un flexum de genou de plus de 5 degrés,
- douleurs au niveau du genou,
- en cas de dysplasie rotulienne préexistante, de syndrome fémoro-patellaire ou d'arthrose fémoro-patellaire, car les contraintes sur la patella entre 60 et 90 degrés de flexion sont importantes,
- les sujets ayant des antécédents de pathologies musculaires ou articulaires au niveau du rachis lombaire de moins d'un an.

6.2. Matériels

Le protocole s'est déroulé dans un cabinet libéral à Metz. Une salle de rééducation à température stable a été mise à notre disposition durant la totalité de l'étude.

Ont été utilisés :

- un cyclo-ergomètre pour l'échauffement,
- une LEGPRESS MED ® de la société TECHNOGYM (presse à quadriceps) (ANNEXE IV),
- un appareil isocinétique : BIODEX S4 PRO® pour le calcul de la force maximale des deux membres inférieurs de chaque sujet (ANNEXE V),
- un goniomètre pour définir précisément la position de départ et d'arrivée du genou,

- un inclinomètre afin de vérifier le parallélisme entre le tibia et l'angle d'inclinaison de la presse.

6.3. Premier temps - présentation du pré-test

6.3.1. Explications générales

Les 10 volontaires sont répartis dans deux groupes égaux aléatoirement grâce à un tirage au sort papier. Le groupe B compte 5 personnes qui seront amenées à effectuer le renforcement musculaire en bipodal. Le groupe U compte lui aussi 5 personnes qui suivront le protocole en unipodal.

Une fois le formulaire de consentement signé, chacun remplit, à l'aide de l'examineur, une feuille de recueil de données permettant ainsi de définir si la personne entre dans les critères d'inclusion de notre pré-test. De plus, une détermination du membre inférieur d'appui est réalisée. Celui-ci est défini à l'aide d'une frappe la plus forte possible dans un ballon. Le membre inférieur ne tirant pas dans le ballon, il est donc le membre d'appui.

6.3.2. Mesure de la force isocinétique

6.3.2.1. Echauffement

Avant toute mesure, chaque sujet débute une séance d'échauffement. L'échauffement prépare l'organisme à l'activité, permettant ainsi une réponse optimale et limitant les blessures [18,19]. Le but recherché est d'augmenter la température intramusculaire pour diminuer la viscoélasticité et d'activer le métabolisme aérobie sans pour autant fatiguer l'individu. L'activité physique doit être de durée et d'intensité modérées (BISHOP D. 2003, WOODS K. 2007) [20]. L'échauffement se compose de 10 minutes sur cyclo-ergomètre à 80

watts. Après 2 minutes de repos, 2 séries de 10 répétitions sur la presse afin d'échauffer les quadriceps sont réalisées. S'ensuivent 2 minutes de repos et enfin 2 séries de 10 répétitions sur la chaise à ischio-jambiers.

6.3.2.2. Evaluation de la Force Maximale - test isocinétique initial

L'évaluation est faite sur le BIODEX S4 PRO®. Le dynamomètre isocinétique permet un travail à vitesse constante. Lorsque la résistance varie, il transmet une résistance adaptée à la force développée par le sujet [21]. Le moment de force maximale, mesuré par le dynamomètre, est inversement proportionnel à la vitesse de travail : il augmente lorsque la vitesse de travail diminue et diminue lorsqu'elle augmente. L'isocinétisme permet de connaître la puissance, le moment de force maximal concentrique et excentrique, l'angle du moment de force ainsi que le ratio agonistes/antagonistes et le ratio d'endurance [22].

Sécurité, confort, fiabilité, reproductibilité font partie des avantages de l'isocinétisme. Nous nous sommes donc basés sur 3 critères afin de vérifier la fiabilité des mesures :

- le coefficient de variance inférieur à 10-15% permet d'affirmer la bonne collaboration du patient au test,
- les mesures initiales (appelées T1) et finales (après les trois semaines de renforcement, appelées T2) sont faites sur les mêmes amplitudes articulaires,
- la gravité, annulée, doit être la même à T1 et T2 à plus ou moins 5 N.m (Newton par mètre).

Le patient est assis sur le fauteuil du dynamomètre avec quatre sangles placées au niveau du thorax, du bassin, de la cuisse homolatérale. Le bras de levier est accroché par une fixation réglable au tiers inférieur de la jambe. Ce dernier est placé en regard du centre articulaire du genou (au niveau des condyles). Nous veillons à légèrement dégager le creux poplité de l'assise.

Les mesures sont prises sur les deux membres inférieurs chez les deux groupes. Afin d'évaluer les qualités musculaires, nous réalisons :

- un test concentrique à vitesse rapide (240°/sec) pour connaître la puissance musculaire,
- un test concentrique, à vitesse lente (90°/sec) pour connaître la force maximale,
- un test excentrique à vitesse lente (90°/sec) qui permet de connaître les possibilités musculo-tendineuses de résistance à l'étirement.

6.4. Deuxième temps – session expérimentale

Le protocole de renforcement se déroule sur trois semaines consécutives à raison de trois séances par semaine. Les tests isocinétiques initiaux et finaux sont réalisés le samedi et le renforcement commence le lundi qui suit le test initial. Les séances se déroulent les lundis, mercredis et vendredis aux mêmes créneaux horaires afin d'être le plus reproductibles possible.

6.4.1. Echauffement

L'échauffement proposé dure 15 minutes compte tenu des contraintes horaires. La consigne est de réaliser l'échauffement «à rythme modéré», laissant ainsi chaque sujet libre d'adapter sa vitesse à ses capacités, le but de l'échauffement étant de préparer le corps à l'activité physique qui suit. La décision est prise, de manière arbitraire, de le réaliser sur cyclo-ergomètre à une puissance de 80 watts et il est demandé à chaque participant de se maintenir à 85 tours/minute.

6.4.2. Position des tests – installation du patient

6.4.2.1. La presse

La presse permet de renforcer l'ensemble de la chaîne d'extension du membre inférieur en dynamique concentrique et excentrique. La position de départ et celle d'arrivée doivent être identiques pour chaque individu pour plus de fiabilité et de reproductibilité.

Le sujet est assis sur la presse avec le dossier incliné à 45 degrés, buste droit, pieds à plat écartés de la largeur du bassin. Cette inclinaison intermédiaire permet un recrutement des quatre chefs du quadriceps. Plus l'angle entre la cuisse et le tronc est ouvert, plus le droit fémoral est mis en tension entraînant alors son recrutement au détriment des vastes. A l'inverse, plus le dossier est vertical, plus l'action du droit fémoral diminue. Le débattement articulaire du genou est de 90 degrés.

Au départ, le genou est fléchi à 90 degrés. Le tibia doit être parallèle à l'angle d'inclinaison de la presse. Afin de vérifier le parallélisme, nous plaçons un inclinomètre sur la crête tibiale. Le sujet arrête le mouvement lorsqu'il atteint la rectitude de genou (0 degrés). Il est nécessaire qu'il intègre parfaitement cette position afin d'éviter l'hyper-extension du genou (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4). La consigne est : «En gainant le tronc et en gardant plaqué le bassin au fond de l'assise, poussez le plus vite possible sans décoller les pieds de la presse, ceux-ci devant rester à plat et revenez doucement en freinant le retour». Seuls les membres inférieurs doivent travailler, le tronc devant rester fixé contre le dossier. La respiration est associée à chaque mouvement (inspiration lors de l'excentrique, expiration lors du concentrique).

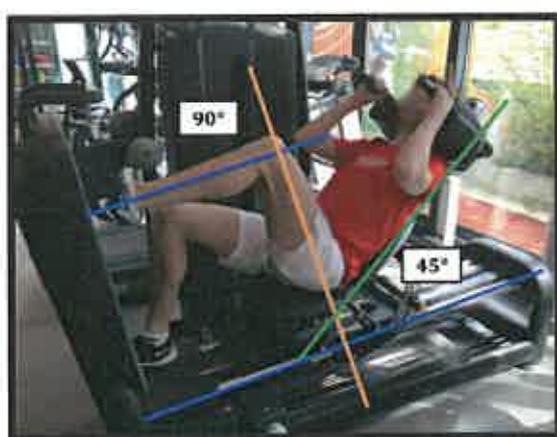


Figure 1 : Position de départ unipodale.



Figure 2 : Position d'arrivée unipodale.

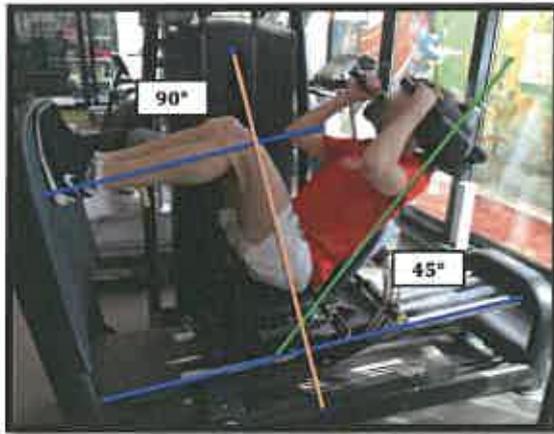


Figure 3 : Position de départ bipodale.



Figure 4 : Position d'arrivée bipodale.

6.4.2.2. L'unipodal

Le groupe U travaille seulement avec le membre inférieur d'appui sur la presse. L'unipodal [23] présente plusieurs avantages. Il développe les stabilisateurs latéraux et les moyens fessiers afin d'éviter un affaissement du tronc sur le membre inférieur, ce qui créerait de fortes contraintes articulaires.

Lors de la marche, il y a alternance d'appuis unipodaux. Ce type de travail redonne donc une fonctionnalité plus spécifique aux activités de la vie quotidienne. De plus, un travail proprioceptif s'opère en unipodal : le poids du corps n'étant plus réparti sur deux mais sur une hanche, l'instabilité est alors plus marquée. Ce déséquilibre, lors des exercices de musculation en unipodal, entraîne le recrutement des muscles stabilisateurs du corps (qui sont moins recrutés en bipodal) créant alors une coordination intermusculaire et améliorant les problèmes de recrutement musculaire. Enfin, l'unipodal aide à la prise de conscience du corps : il oblige l'individu à trouver son propre centre de gravité pour empêcher une déstabilisation ou une chute.

6.4.2.3. Le bipodal

La station bipodale est une position statique où le bassin est équilibré [24]. Les contraintes au niveau des membres inférieurs sont divisées par deux. Ce mode est donc plus stable et moins fatiguant que le précédent. Les compensations sur la presse seront certes moindres mais le membre inférieur dominant peut prendre le pas sur le membre inférieur faible : il est naturel et moins fatiguant de travailler avec la jambe ayant le plus de force. Une explication de ce paramètre est donnée aux volontaires afin de répartir au mieux le travail entre les deux membres inférieurs.

6.4.3. Calcul de la RM

La résistance maximale [25] ou charge maximale d'un muscle ou d'un groupe musculaire est la charge maximale qu'il est capable de mobiliser une fois et une seule sur l'amplitude totale du mouvement concerné. Le calcul de la résistance maximale (RM) se fait tous les lundis. Trois évaluations ont été faites lors des trois semaines.

Il existe deux façons différentes de la déterminer, une méthode indirecte et une méthode directe [26] :

- la méthode indirecte consiste à soulever une charge moins importante que la RM et de le réaliser le plus de fois possible : il existe une relation selon BRZYCKI qui serait $RM = \text{charge déplacée} / 1,0278 - (0,0278 \times \text{nombre de répétitions})$,
- la méthode directe concerne l'individu capable d'effectuer une répétition et seulement une lors de l'effort demandé. Il effectue des séries jusqu'à trouver la charge où il ne peut réaliser qu'une RM. Cette option n'est pertinente que pour des personnes maîtrisant la musculation et habituées à soulever des charges lourdes. Cela suppose une très bonne connaissance de soi et une technique irréprochable pour ne pas risquer des problèmes sur le plan articulaire, musculaire et tendineux.

La méthode indirecte est choisie afin de respecter l'intégrité physique, la population de ces tests n'incluant pas les grands sportifs (ANNEXE VI).

6.4.4. Protocole de renforcement

6.4.4.1. Les méthodes de développement de la force

L'étude étant effectuée sur des personnes saines, autonomes et ayant toutes leurs capacités physiques, un protocole de renforcement de musculation est utilisé. Pour ZATSIORSKY [27], il existe 3 méthodes de développement de la force (fig. 5) : pour agir sur la force, il faut créer dans le muscle des tensions maximales en travaillant avec de fortes charges et de petites répétitions, le but étant d'activer les phénomènes nerveux par stimulation des motoneurons des fibres de type II (fibres rapides, fatigables, d'activité phasique) afin d'augmenter la force. En soulevant des charges maximales, on obtient ce résultat : c'est la méthode des efforts maximaux. Bien qu'elle soit la plus efficace, elle nécessite une expérience importante de la musculation, donc inadaptée aux volontaires de notre étude. De plus, le temps de récupération entre les séances est très long (7 jours).

Pour pallier cela, ZATSIORSKY décrit d'autres méthodes avec des charges sous-maximales sans tensions maximales. Il présente ainsi deux autres possibilités :

- répéter la charge jusqu'à la fatigue : les «efforts répétés»,
- exécuter les mouvements à vitesse maximale : les «efforts dynamiques».

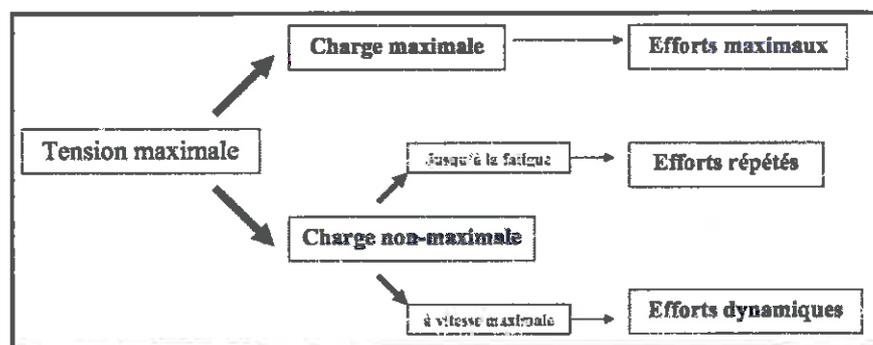


Figure 5 : les Méthodes de Zatsiorski [26].

6.4.4.2. La méthode des efforts répétés

Dans son appellation des «efforts répétés» [28], COMETTI G. décrit un maximum de 5-7 répétitions (tab. I), l'idéal étant de faire travailler les sujets à 6 RM [29], soit selon le tableau de conversion 85,6% de la RM. Pour un gain de force optimal, le nombre de séries doit se situer entre 6 et 12. Le temps de récupération entre les séries est toujours selon lui de 5 minutes.

Des études ont également porté sur le nombre de séances par semaine, amenant à un gain de force optimal. HUNTER (1985) a obtenu les meilleurs résultats avec 3 et 4 séances par semaine. FLECK et KREAMER (1987) ont conclu que 3 séances étaient intéressantes car cela permettait de laisser un jour de récupération entre chaque séance. Par rapport à la méthode à charge maximale, cette dernière s'adapte mieux aux débutants. Le temps de récupération est également plus court : 1 à 2 jours. Pour les inconvénients, les tensions maximales musculaires ne surviennent qu'à la fin par la fatigue. En effet les 2 ou 3 premières répétitions ne sollicitent pas le muscle au maximum.

Tableau I : tableau résumé des trois méthodes de ZATSIORSKI [30].

Méthode	Répétitions	Séries	Récupération	Avantages	Inconvénients
Efforts maximaux	1 à 3	4 à 7	7 mn	Action sur les mécanismes nerveux	Charges lourdes, récupération longue
Efforts répétés	5 à 7	6 à 16	5 mn	Action sur les mécanismes nerveux et sur la masse musculaire	Répétitions efficaces sur un organisme fatigué
Efforts dynamiques	6 à 15	10 à 30	3 mn	Action sur les mécanismes nerveux et sur les montées en force	Peu d'action sur la force

6.4.4.3. Protocole choisi

Nous avons choisi de nous baser sur la méthode des efforts répétés selon la logique ZATSIORSKY, décrite par G. COMETI dans «Les Méthodes Modernes de Musculation». Le protocole est : 10 séries de 6 répétitions à 85% de la RM calculée. ZATSIORSKY préconise 5 minutes de pause entre les séries afin de respecter la fatigabilité des sujets. Par contrainte horaire, 2 minutes de pause sont accordées entre chaque série. Nous rappelons que ce protocole est le même pour le groupe U et le groupe B.

6.5. Troisième temps – méthode d’analyse

Nous souhaitons réaliser une comparaison de nos mesures entre les deux groupes pour montrer un potentiel gain de force maximale du quadriceps, au niveau du membre inférieur d’appui chez les sujets, après la période de renforcement. De plus, il nous semble intéressant d’analyser une possible différence entre le groupe unipodal et le groupe bipodal. Nous avons utilisé le logiciel Microsoft Excel afin de répertorier les résultats de manière ordonnée. Les valeurs sont disponibles en annexe (ANNEXE VII).

7. RESULTATS

7.1. Caractéristiques de la population

Au cours du renforcement, une personne a abandonné et une autre s’est blessée lors d’un week-end au ski. Notre pré-test porte donc désormais sur 8 sujets. Le groupe unipodal se compose d’1 femme et de 3 hommes et le groupe bipodal de 2 femmes et 2 hommes. Nous rappelons que la répartition s’est faite de manière aléatoire.

L’âge des sujets est compris entre 24 et 50 ans, avec une moyenne de 31,38 ans, la moyenne du groupe unipodal étant de 25,25 ans et de 37,5 ans pour le groupe bipodal.

L'IMC moyen est de 22,30 kg/m² et sensiblement le même pour les deux groupes : 21,78 kg/m² pour le groupe unipodal et 22,83 kg/m² pour le groupe bipodal.

Nous recensons également le nombre d'heures de sport par semaine : en moyenne le groupe unipodal fait 2,75 heures de sport par semaine contre 4 heures pour le groupe unipodal, la moyenne des deux groupes réunis étant de 3,38 heures par semaine. Plus précisément, 3 personnes pratiquent entre 0 et 2 heures, 3 entre 2 et 4 heures et 2 entre 4 et 6 heures de sport par semaine (ANNEXE VII). Enfin, nous comptons 5 personnes dont le membre inférieur d'appui est le gauche contre 3 pour le droit.

7.2. Présentation des résultats

7.2.1. Analyse par groupe

7.2.1.1. Groupe bipodal

Afin d'analyser au mieux nos résultats, nous vérifions dans un premier temps les trois paramètres indispensables à la fiabilité des tests isocinétiques : les coefficients de variance sont inférieurs à 10%, les amplitudes articulaires ont été respectées, la gravité a été annulée et est identique à plus ou moins 5 N.m entre T1 et T2.

Les valeurs finales du groupe bipodal (ANNEXE VII) montrent globalement une augmentation de la force maximale du quadriceps du membre inférieur d'appui au bout des 3 semaines de renforcement. Le pourcentage de gain de force varie entre 1% et 16% pour les quatre sujets. Trois sujets présentent une augmentation inférieure à 10% soit 1,01%, 3,69% et 8,99%, tandis qu'un seul sujet présente une augmentation de force de plus de 15% (15,96%).

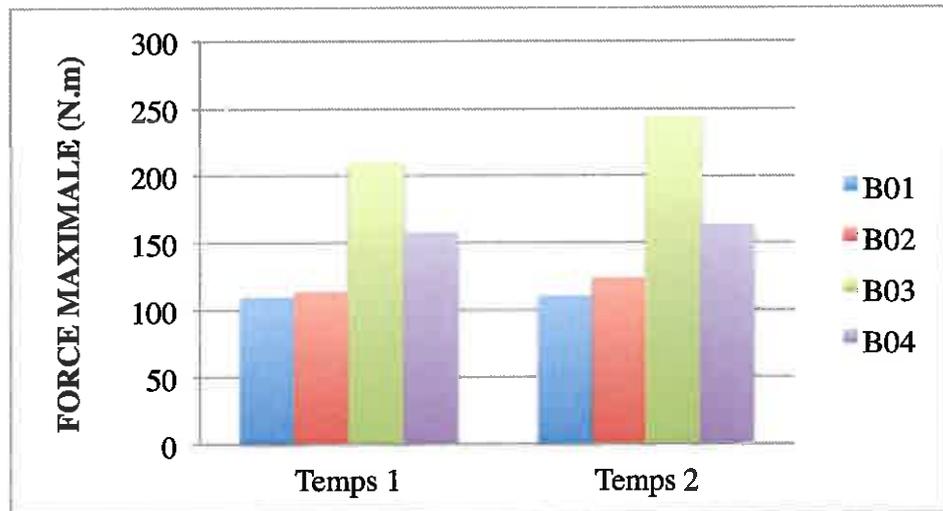


Figure 7 : évolution de la force maximale du groupe bipodal.

7.2.1.2. Groupe unipodal

Les trois paramètres des tests isocinétiques sont respectés. Pour le groupe unipodal (ANNEXE VII), le gain de force maximale est plus marqué. Trois sujets sur quatre présentent une augmentation de force de plus de 20% soit 23,96%, 20,12% et 23,35%. Nous observons un gain de force de 1,75% chez un sujet, nous faisant douter de son engagement et de son assiduité à la participation au pré-test.

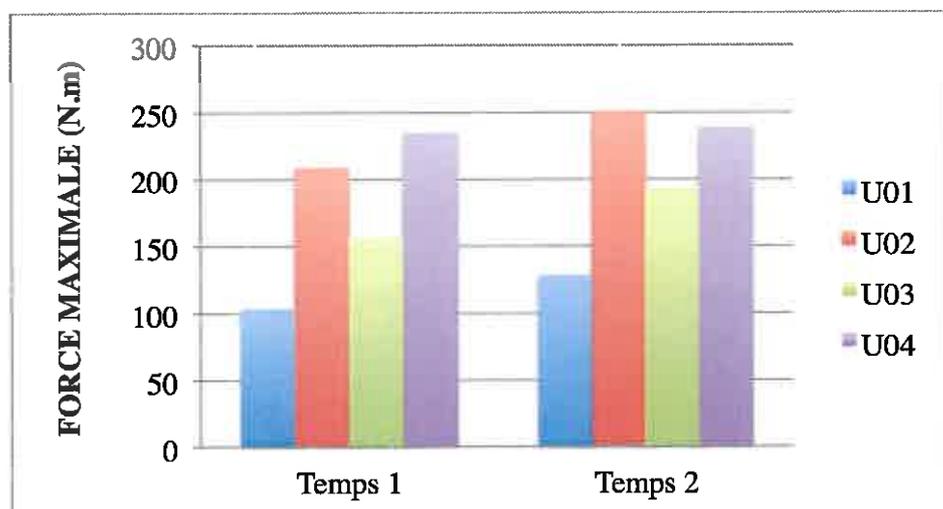


Figure 8 : évolution de la force maximale du groupe unipodal.

7.2.2. Comparaison de la force maximale entre les deux groupes

Au niveau du membre inférieur d'appui, les deux groupes présentent une augmentation de la force maximale du quadriceps. La force maximale est augmentée chez tous les sujets. De plus, nous remarquons que, dans chaque groupe, une personne a une augmentation inférieure à 2%, ce qui nous fait alors douter de son engagement. Le gain de force (ANNEXE VII) pour le groupe unipodal est de 17,30%, alors que pour le groupe bipodal, il est de 7,41%. Nous pouvons enfin déduire qu'à la suite du même protocole de renforcement ayant duré trois semaines, il existe une différence de 9,89% soit 10% en terme de gain de force maximale entre les deux groupes.

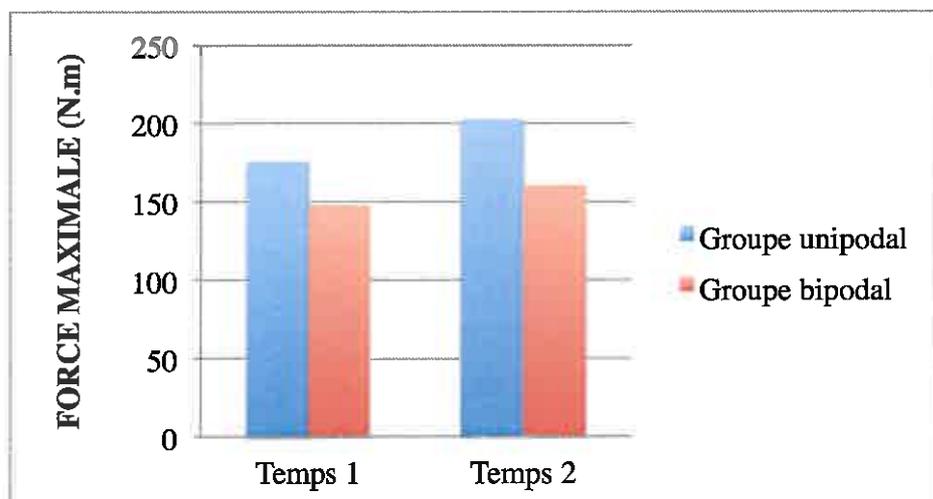


Figure 9 : évolution et comparaison de la force maximale entre le groupe unipodal et le groupe bipodal.

8. DISCUSSION

8.1. Discussion sur le protocole et les résultats

8.1.1. Les résultats

D'après les résultats du pré-test, nous pouvons dire qu'à la suite d'un protocole de renforcement sur presse à quadriceps durant trois semaines à raison de trois par semaine, nous notons une augmentation de la force maximale du quadriceps sur le membre inférieur d'appui, en faveur du groupe unipodal (17,30%) contre 7,41% pour le groupe bipodal.

Cependant, du fait de la petite population de notre mémoire, il est nécessaire de nuancer les résultats. Le faible nombre de sujets ne nous permet pas de conclure et d'affirmer mais plutôt d'observer une tendance, d'où l'appellation pré-test et non étude. Globalement, tous les sujets ont gagné en force mais deux personnes, soit une de chaque groupe, présentent un gain de force de 1,75% et 1,01%. En outre, de manière subjective, nous pouvons remarquer que les sujets les plus impliqués et avec lesquels nous avons eu le plus d'échanges et de retours, sont ceux dont le gain est le plus important.

8.1.2. Avis des sujets

Après chaque séance, nous demandons aux sujets s'ils ont des commentaires à faire ou s'ils rencontrent des difficultés. Il en ressort que la pratique sportive provoque un ressenti de difficulté face au protocole dû aux courbatures et à la fatigue des participants. La facilité d'exécution semble alors dépendre de la fatigue journalière et de la motivation des sujets. De plus, une diminution de l'entrain se ressent après 4-5 séances, à la moitié du protocole. Enfin, une personne, par obligation personnelle, a abandonné. Quatre personnes sur huit ont exprimé leur difficulté à se tenir à trois séances par semaine, sans pour autant arrêter le renforcement.

8.1.3. Problèmes rencontrés

La presse utilisée pour le protocole est novatrice. Elle permet de travailler contre des poids ou contre une résistance élastique. Notre objectif initial était de réaliser une étude mettant en opposition les poids et l'élastique. La mise en place souhaitée était la même, à

savoir deux groupes distincts, l'un travaillant contre la résistance élastique et l'autre contre les poids, suivant le même protocole sur la même période. Des tests isocinétiques de force maximale auraient permis de mettre en évidence une potentielle évolution de celle-ci.

Lors de la mise en place du renforcement, nous nous sommes rendus compte que les trois quarts des sujets étaient capables de faire au minimum 10 répétitions contre la résistance élastique maximale. Aucune évolution de la résistance maximale n'aurait été possible et le travail des participants, largement sous-maximal.

Nous avons par la suite voulu confronter le squat à la presse afin de comparer deux méthodes de renforcement en chaîne cinétique fermée, en gardant les mêmes bases, à savoir : le protocole, les deux groupes, la période. Le renforcement par les squats s'est fait dans une cage avec des poids accrochés à un gilet que portait le sujet. Dès la première séance, les gilets ont craqué, ne supportant pas les charges appliquées. Les squats ont alors été abandonnés au profit du sujet actuel : comparer le travail bipodal et le travail unipodal sur la presse.

Les premiers tests ont été effectués avec les 10 sujets. Dès la deuxième séance de renforcement, un sujet du groupe unipodal ne s'est pas présenté et a décidé de se retirer. Une semaine avant la fin du renforcement, un sujet du groupe bipodal s'est blessé. Nous avons dû le retirer de notre population, la réduisant à 8 personnes, car il présentait des douleurs sur la presse. Ces deux personnes n'étant pas dans le même groupe, nous avons pu conserver une répartition identique.

8.2. Validité interne

8.2.1. Matériel

Deux personnes sur huit ne connaissaient pas l'isocinétisme lors du test initial. Nous pouvons mettre en évidence un biais éventuel lors du test final (ces deux personnes savaient désormais à quoi s'attendre). A l'inverse, l'expérience peut aussi être un biais. En effet, les six autres personnes ont déjà travaillé sur le BIODEX S4 PRO®. Concernant les tests

isocinétiques, les coefficients de variance sont tous inférieurs à 15% et T1 et T2 ont été réalisés avec les mêmes valeurs angulaires. La gravité a été retirée et reste la même à 5 N.m près pour T1 et T2. Ces trois critères permettent d'appuyer la fiabilité et la reproductibilité des nos tests.

Pour la presse, un goniomètre pour des valeurs angulaires précises et un inclinomètre ont été utilisés afin que la position de départ et celle d'arrivée soient identiques pour tous les sujets et pour que chacun reprenne exactement la même position au fur et à mesure des séances. Nous pouvons reconnaître un éventuel biais sur la valeur de la RM. La méthode indirecte nous donne une valeur plus ou moins précise en fonction des répétitions effectuées. En effet, plus le nombre de répétitions est important moins la valeur de la RM est précise, même avec le tableau de conversion. De plus, la charge de la presse évoluant de 10 kg en 10 kg, la RM obtenue a donc due être arrondie.

8.2.2. Protocole – méthode

Nous écartons le biais lié à la mauvaise compréhension du protocole, ce dernier ayant été présenté par oral et par écrit. De plus, les volontaires ont pu poser autant de questions qu'ils le souhaitaient à n'importe quel moment.

Les volontaires doivent réaliser 10 séries de 6 répétitions. Afin de pallier toute source de fatigue, un temps de repos de 2 minutes entre les séries est imposé et de 2 jours entre les séances. Pour un sujet, nous avons du décaler une séance d'un jour car il présentait des DOMS (douleurs d'origine musculo-squelettiques) dues à l'effort.

Comme source de biais, nous pouvons rajouter la douleur. Si un mouvement sur la presse est douloureux, sa qualité est directement impactée et diminuée. Il en est de même pour la force développée et nous n'avons pas souhaité analyser ce paramètre.

Nous veillons donc à ce que chaque sujet soit dans la position la plus optimale pour le travail du quadriceps. Les muscles de la chaîne d'extension et les stabilisateurs du tronc

interviennent en plus de ce muscle lors du mouvement. Des compensations peuvent donc être mises en place, en majorité par les fessiers, les gastrocnémiens médiaux et latéraux ainsi que le muscle carré des lombes. Bien que les valeurs angulaires du genou et de la hanche soient les mêmes pour chaque sujet en fonction du morphotype, certains par exemple utiliseront plus leurs fessiers que d'autres. La position du sujet et ses éventuelles compensations sont comptées comme un biais.

8.2.3. Facteurs humains

Le protocole se déroulant sur trois semaines, la fatigue peut jouer sur les résultats, même si celle-ci reste une notion subjective propre à chacun. Nous avons écarté de l'étude les personnes présentant des pathologies musculaires ou articulaires au niveau du rachis lombaire et au niveau des membres inférieurs de moins d'un an ou toute autre pathologie (cardiaque, pulmonaire).

Durant les trois semaines, les participants ont gardé leur mode de vie habituel, ce qui peut être considéré comme un biais. Nous ne les avons pas contraints à arrêter toute activité sportive en parallèle tant qu'elle restait modérée (d'où nos critères d'exclusion).

Enfin, l'esprit de compétition personnel et inter-individu peut être à l'origine de biais. En effet, tous les lundis, chacun connaissaient sa nouvelle RM. Le sujet a potentiellement pu être influencé par sa propre valeur et vouloir l'augmenter. De plus, nous n'avons pas pu empêcher l'émulation collective car les sujets se côtoyaient régulièrement et pouvaient donc comparer leurs valeurs.

8.3. Validité externe

Les sujets sont en bonne santé physique et mentale. La population de notre mémoire est relativement homogène, des critères d'inclusion et d'exclusion l'encadrent. En aucun cas cet échantillon n'est représentatif de la population cible.

Notre mémoire nous ayant permis de dégager une tendance, il serait donc intéressant de mener une étude avec une population plus grande et plus hétérogène présentant une ou des pathologies au niveau des membres inférieurs. A noter que, dans le cas d'un renforcement suite à un syndrome fémoro-patellaire, l'angle de travail sera adapté, les contraintes fémoro-patellaires augmentant linéairement de 0 à 90 degrés et considérablement à partir de 40 degrés de flexion [31].

8.4. Ouverture

Nous avons analysé un seul paramètre dans ce mémoire : la force maximale. Il serait alors intéressant de continuer en recherchant l'influence de ce protocole sur la puissance maximale. De plus, seul le gain de force en concentrique a été observé. Il sera alors pertinent de démontrer une possible évolution de la force maximale excentrique, le travail sur la presse comportant une phase de travail concentrique du quadriceps et une phase de travail excentrique du quadriceps.

Une étude américaine datant de 2010 [32] a tenté de mettre en évidence un phénomène : l'effet controlatéral. Elle a analysé l'augmentation de la force d'un membre non entraîné après l'entraînement unilatéral de son homologue opposé. Autrement dit, un exercice sur une «leg press» d'extension du membre droit, par exemple, entraînerait une augmentation de la force musculaire du quadriceps droit et en partie du quadriceps gauche. En faisant le parallèle avec notre pré-test, il sera alors intéressant de potentiellement mettre en évidence un gain de force sur le membre non renforcé (le membre inférieur de shoot) au niveau du groupe unipodal.

9. CONCLUSION

A l'expérience d'un protocole de renforcement musculaire défini et basé, en particulier, sur le renforcement du quadriceps sur une presse, nous avons remarqué un gain en termes de

force maximale aussi bien lors d'un travail en mode unipodal qu'en mode bipodal. L'augmentation de force la plus importante est constatée sur le groupe unipodal.

Ce pré-test conforte donc le principe d'intégrer un travail unipodal pour accélérer le processus de récupération de la force maximale, lors d'un protocole de renforcement musculaire.

Il semble important néanmoins de nuancer les conclusions présentées. En effet, cette tendance en faveur de l'unipodal découle d'une étude sur un échantillon limité d'une population relativement homogène. La méthodologie, le matériel et les facteurs humains sont des biais qui amènent à une prudence dans l'interprétation.

Les grands principes de musculation constituent la base de notre protocole. Toutefois, la mise en place de ce dernier doit être incluse dans un programme thérapeutique élaboré en fonction de la personne, la pathologie et les objectifs thérapeutiques.

En considérant les avantages et les inconvénients développés dans cette étude, il pourrait être intéressant de l'élargir à une population plus étendue et hétérogène, ainsi que sur une période plus longue qu'il conviendrait de tester. En utilisant le potentiel d'analyse du bilan isocinétique, d'autres paramètres pourraient être mis en exergue pour réaliser une étude plus fine, plus pertinente et plus exploitable.

L'auteur déclare ne pas avoir de conflit d'intérêt en lien avec cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

1. **KOTZI N., DUPEYRON A.** – Renforcement Musculaire et Reprogrammation Motrice : Pathologie Locomotrice et Médecine Orthopédique. 1^{er} Edition : Masson, 2008. 176 p. ISBN : 9782294703829.
2. **BELLAUD E., BERTUCCI W., BELLAUD J.** – Le Renforcement Musculaire en Rééducation. Kinésithérapie, les cahiers, Mai-Juin 2003, n°17-18. p. 69-77.
3. **ROCHCONGAR P., MONOD H.** – Médecine du sport. 4^{ème} édition : Masson, 2009. P. 474-475. ISBN : 9782294706097.
4. **DI PALMA Elio** – *Isocinétisme : Dossier scientifique*. 2009. (En ligne).
<http://www.elitemedicale.fr/media/documentations/Easytech/isocinetisme/Isocinetique_easytech_dossier_scientifique.pdf> (Page consultée le 10/12/2014).
5. **LEG PRESS MED, TECHNOGYM** – (En ligne).
<<http://www.technogym.com/gb/products/strength-training-equipment/lower-body-gym-equipment/selection-med/leg-press-med/13309>> (Page consultée le 08/08/2014).
6. **DUFOUR M.** – Anatomie de l'appareil locomoteur : Tome 1 Membres inférieurs. 2^{ème} édition. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson, 2007, p. 236-242. ISBN : 2294080556.
7. **BUSQUET Léopold** – Les Chaînes musculaires, Tome IV, Membres inférieurs. 3^{ème} édition : Frison-Roche, 2003. P. 130 à 133. ISBN-13 : 978-2876714199.
8. **DUFOUR M., PILLU M.** – Biomécanique fonctionnelle : Membres – Tête – Tronc. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson, 2006. 568 p. ISBN 2294088778.

9. **Pr VERSIER Gilbert** – *Biomécanique du genou*. (En ligne)
<http://www.clubortho.fr/cariboost_files/cours_20biomecanique_20genou_20GV.pdf>
(Page consultée le 20/10/2014).
10. **Dr CAPIOD Alain** – *Genou : Biomécanique et anatomie fonctionnelle*, 2011. (En ligne). <<http://www.irbms.com/download/diaporamas-traumatologie-du-sport/capiod-genou-biomecanique-anatomie-fonctionnelle.pdf>> (Page consultée le 20/10/2014).
11. **INMAN VT., RALSTON HJ. TODD F.** – *HumanWalking*. Baltimore. 1981. Williams & Wilkins.
12. **COMETTI G.** – *Les Méthodes Modernes De Musculation*. Tome 1, Données Théoriques. Bourgogne : UFR STAPS Dijon, 2002. p.212-221.
13. **GISBERT Kevin** – *Les Modalités du renforcement musculaire. Quelles applications aux membres supérieurs du patient blessé médullaire de niveau thoracique bas ?* 30 pages, 2011-2012. Travail présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute : IFPEK Rennes.
14. **GAIN Hubert** – *Les techniques de renforcement musculaire : choix et adaptation chez le sportif blessé*. KS n°416, Novembre 2001, p. 49-51.
15. **TROUVE P., PUIG P., MIDDLETON P.** – *Des ligamentoplasties intra-articulaires du genou : intérêts – indications, le travail en chaîne cinétique fermée dans la rééducation*. Centre Européen de Rééducation du Sportif – Capbreton. (En ligne)
<<http://www.generale-de-sante.fr/cers-capbreton/Communication/Publications-medicales/Genou/Le-travail-en-chaîne-cinetique-fermee>> (Page consultée le 12/01/2015).
16. **ROCHCONGAR P., MONOD H.** – *Médecine du sport*. 4^{ème} édition : Masson, 2009. P. 474-475. ISBN : 9782294706097.

17. **DUFOUR M., PILLU M., VIEL E.** – Biomécanique fonctionnelle : Membres, tête et tronc. Edition Masson, 2007. P.21-22. ISBN : 2294088778
18. **COMETTI G.** – *L'échauffement.*
<http://expertise-performance.u-bourgogne.fr/pdf/Echauffement.pdf> (Page consultée le 20/10/2014).
19. **BISHOP D.** – Warm up I: Potential Mechanisms and the Effects of Passive Warm Up on Exercise Performance. Sports Medicine, 2003, vol. 33, p. 439-454.
20. **MARGIER Gaspard** – Evaluation de la force musculaire des ischio-jambiers en contraction isométrique à l'aide d'un pèse personne. 29 pages, 2013-2014. Travail présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute : ILFMK Nancy.
21. **KOTZI N., DUPEYRON A.** – Renforcement Musculaire et Reprogrammation Motrice : Pathologie Locomotrice et Médecine Orthopédique. 1^{er} Edition : Masson, 2008. Page 32. ISBN: 9782294703829.
22. **FOSSIER E.** – Méthode d'évaluation isocinétique : principes, isocinétisme et médecine de rééducation. Edition : Masson, 1991. ISBN : 10000016.
23. **AOUCHE Salim** – Effets d'un renforcement unipodal sur les déséquilibres musculaires chez des jeunes Rugbymens (-17 ans). 24 pages, 2012-2013. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Master 2 Professionnel : Université de Montpellier 1.
24. **BOINI R.** – Cinésiologie du Membre Inférieur : la Hanche. Cours magistral, ILFMK Nancy, 2012-2013.

25. **BERNARD P.L., VERDERA F. KOTZKI N., DUPEYRON A. (EDS)** – Renforcement musculaire : bases physiologiques, méthodes d'entraînement et techniques de mesure de la force musculaire. In : Renforcement musculaire et reprogrammation motrice. Edition Masson, 2008, p. 7-20.
26. **PUYOU Matthias** – Etude expérimentale du calcul de résistance maximale du quadriceps ; REP ou TSI ? Travail présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Etat de Masso-Kinésithérapie, IFPEK Rennes, 2012-2013.
27. **COMETTI Gilles** – Les méthodes de développement de la force. Tome I : Données théoriques. Editeur : UFR STAPS DIJON, 1998. Page 173-174. ISBN : 2950449425.
28. **COMETTI Gilles** – Les méthodes modernes de musculation. Tome I : Données théoriques. Editeur : UFR STAPS DIJON, 1998. Page 176-178. ISBN : 2950449425.
29. **COMETTI Gilles** – Les méthodes modernes de musculation. Tome II : Données pratiques. Editeur : UFR STAPS DIJON, 1999. Page 33-34. ISBN : 2950449441.
30. **COMETTI Gilles** – Les méthodes modernes de musculation. Tome I : Données théoriques. Editeur : UFR STAPS DIJON, 1998. Page 180. ISBN : 2950449425.
31. **JUNG M., ZILTENER J.-L.** – *Le syndrome douloureux fémoro-patellaire*. Article de revue. Clinique de rééducation, Hôpitaux Universitaires de Genève, 1211 Genève Clinique romande de réadaptation SUVA, 1951 Sion. En ligne. <http://www.sgsm.ch/fileadmin/user_upload/Zeitschrift/48-2000-1/10-2000-1_Jung.pdf>. (Page consultée le 02/04/2015).
32. **MAGNUS C.R., BARSS T.S., LANIVAZ J.L., FARTHING J.P.** – *Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateal limb immobiliaztion using shouldeer sling and swathe*. Journal of Applied Physiology. Article publié le 1/12/2010. En ligne <<http://jap.physiology.org/content/109/6/1887>>. (Article consultée le 02/04/2015).

ANNEXES

ANNEXE I : Fiche de renseignements

ANNEXE II : Formulaire de consentement éclairé

ANNEXE III : Explications du mémoire aux participants

ANNEXE IV: LEGPRESS MED® TECHNOGYM

ANNEXE V : BIODEx S4 PRO® – Isocinétisme

ANNEXE VI : Tableau de Brzycki

ANNEXE VII : Tableaux

ANNEXE VIII : Exemple d'un bilan isocinétique

0-2 h 2-4 h 4-6 h 6-8 h 8-10 h

ANNEXE II : Formulaire de consentement éclairé

Je, soussigné(e), M, Mme, Melle

né(e) le .../.../.....

Après avoir reçu oralement et par écrit toutes les informations nécessaires précisant les modalités de déroulement de cette étude,

- J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions qui me paraissent utiles pour la bonne compréhension de la note d'information et de recevoir des réponses claires et précises.
- J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.
- J'accepte librement et volontairement de participer à cette recherche dans les conditions ci-dessus, sachant que je suis libre de refuser sans que cela ait de conséquence sur la qualité de mes soins.
- Je suis conscient que je peux arrêter à tout moment ma participation à cette recherche sans supporter aucune responsabilité.

Je donne mon accord pour participer à cette étude dans les conditions énoncées ci- dessous.

- Cet accord ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leur responsabilité.
- Toutes les données et informations qui me concernent resteront strictement confidentielles.
- Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire aux organisateurs de l'étude.

Fait à, le .../.../.....

Signature de l'investigateur

Signature du volontaire

(Précédée de la mention « lu et approuvé »)

ANNEXE III : Explications du mémoire aux participants

Bonjour,

Merci encore à tous pour votre participation. Voici un document qui vous décrit en détail les séances que vous devez faire. Il est important de respecter les critères expliqués par la suite.

Il faudrait aussi que vous me teniez au courant de l'avancée de vos séances, de votre ressenti. L'idéal est de tenir un planning. Les 3 semaines doivent être consécutives afin d'espérer un résultat.

Déroulement du protocole

Nombre de participants : 10.

Répartition des groupes par tirage au sort :

- *Groupe B (Bipodal) :*

- Pierre,
- Rémi,
- Virginie,
- Agnès,
- Philippe.

- *Groupe U (Unipodal)*

- Luana,
- Alexia,

- Gautier,
- Robin,
- Gallien.

Séances :

- 3 séances par semaine pendant 3 semaines,
- Lundi, mercredi, vendredi,
- L'idéal est de respecter le même créneau horaire à chaque séance pour plus de fiabilité et de reproductibilité,
- Tous les lundis : calcul de la Résistance Maximale (RM) : c'est le poids maximal que vous ne pouvez soulever qu'une seule et unique fois. Le calcul se fait sur la presse.

Deux documents vous sont distribués :

- Un formulaire de consentement que vous devez lire attentivement et signer,
- Une fiche de renseignement à remplir avec l'examineur.

Un test isocinétique, permettant de mesurer votre force musculaire, est réalisé au préalable.

Position sur la Presse :

Groupe B (bipodal)

- Dossier incliné à 45 degrés,
- Buste droit plaqué contre le dossier,
- Pieds à plat écartés selon la largeur du bassin,
- Gainage du tronc et du bassin,
- Position de départ : genou à 90 degrés (tibia parallèle à la pente d'inclinaison de la presse),

- Position d'arrivée : rectitude de genou (attention à ne pas être en hyper-extension de genou),
- Le mouvement se fait à vitesse constante, pas de perte de vitesse,
- Consigne : « Poussez le plus vite possible, sans décoller les pieds de la presse, freinez le retour ».

Groupe U (Unipodal) :

- Dossier incliné à 45 degrés,
- Buste droit plaqué contre le dossier,
- Gainage du tronc et du bassin,
- Une seule jambe travaille : le membre inférieur d'appui, le pied doit être à plat. Le pied ne doit pas être centré sur la presse mais dans le prolongement de l'axe droit ou gauche (en fonction du membre inférieur) de votre corps,
- Le bassin doit être fixe et le dos plaqué afin d'éviter toutes compensations,
- Position de départ : genou à 90 degrés (tibia parallèle à la pente d'inclinaison de la presse),
- Position d'arrivée : rectitude de genou (attention à ne pas être en hyper-extension de genou),
- Le mouvement se fait à vitesse constante, pas de perte de vitesse,
- Consigne : « Poussez le plus vite possible, sans décoller le pied de la presse, freinez le retour ».

Calcul de la RM :

- Par méthode indirecte, essai erreur. Il faut trouver avec quel poids vous pouvez réaliser le mouvement une seule fois.

Echauffement :

- 15 minutes, sur le vélo,
- Puissance : 80 Watts, 85 tours/minutes.

Protocole de renforcement :

- 6 répétitions de 10 séries avec 2 minutes de pause entre les séries,
- Travail à 85% de la RM calculée,
- Exemple : si votre RM est de 50 kg, alors vous travaillerez à 85% de 50 soit 42,5 kg (à arrondir en fonction des machines). Cette RM est recalculée tous les lundis.

Une fois les 9 séances effectuées, vous réaliserez un dernier test isocinétique afin de le comparer au premier.

Je reste à votre disposition pour toute question, ou problèmes rencontrés,

Cordialement,

Alexandra LUTT, étudiante 3^{ème} année en Masso-Kinésithérapie.

ANNEXE IV : LEGPRESS MED® TECHNOGYM



ANNEXE V : BIODEx S4 PRO® – Isocinétisme



4^{ème} GÉNÉRATION

SYSTÈME MULTI-ARTICULAIRE ISOCINÉTIQUE

BIODEx S4 PRO

RÉÉDUCATION

Écran tactile,...

ÉVALUATION

< 1 Nm,...

SPORT

> 550 Nm,...

RECHERCHE

2000 Hz, ...



Le BIODEx S4 réunit :

- Les acquis du 1^{er} fabricant mondial isocinétique
- Les innovations électroniques, informatiques et mécaniques
- Les services et prestations de PROTHIA

BIODEx
MÉDICAL



BIODEX S4 PRO

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Architecture plate-forme ouverte base en T avec :

- Transition du siège avant et arrière
- Rotation du siège
- Montée et descente motorisée du siège
- Réglage de la profondeur d'assise
- Inclinaison du dossier jusqu'à l'horizontal
- Translation gauche/droite du dynamomètre
- Montée et descente du dynamomètre
- Rotation du dynamomètre
- Inclinaison du dynamomètre

Contrôle par écran tactile :

- Accès direct aux différents modes de fonctionnement : isométrique (concentrique/concentrique, excentrique/concentrique, concentrique/excentrique), isométrique, Passif, Excentrique réactif, Isotonique, et aux réglages de moment, de vitesse et de position
- Réglage direct des limites d'amplitude articulaire
- Gain d'amplitude articulaire

Fonctionnalités du logiciel BIODEX S4 :

- Programmation automatique de protocoles de rééducation et d'examina spécifiques aux articulations (ex. cheville) et aux mouvements (ex. inversion/éversion)
- Création et édition de dossiers patients incluant les données administratives ainsi que les rééducations et examens réalisés
- Analyse détaillée des courbes de moment, vitesse et position
- Impression de rapports graphiques détaillés selon 4 formats différents

Logiciels :

- Logiciel Système 4 BIODEX en Français (version 4.23 ou supérieure)
- Système d'exploitation Windows XP Pro
- Vidéos digitalisées des montages et positionnements

Équipement informatique de dernière génération avec :

- Graveur de CD-R / CD-RW intégré
- Contrôleur son intégré et hauts parleurs externes
- Contrôleur réseau Ethernet 10/100Gigabits intégré
- Clavier et souris standards
- Écran plat tactile 17" couleur haute résolution
- Imprimante jet d'encre couleur

Mouvements réalisables :

1. Cheville - Inversion / Eversion (physiologique)
2. Cheville - Extension / Flexion
3. Genou - Extension / Flexion (assis)
4. Genou - Extension / Flexion maximale (allongé)
5. Genou - Rotation Externe / Interna
6. Hanche - Extension / Flexion (allongé)
7. Hanche - Extension / Flexion (debout)
8. Hanche - Rotation Interna / Externa (allongé)
9. Hanche - Rotation Interna / Externa (debout)
10. Hanche - Abduction / Adduction (allongé)
11. Hanche - Abduction / Adduction (debout)
12. Coude - Extension / Flexion (assis)
13. Épaule - Extension / Flexion (assis)
14. Épaule - Extension / Flexion (debout)
15. Épaule - Abduction / Adduction (assis)
16. Épaule - Abduction / Adduction (debout)
17. Épaule - Rotation Interna / Externa en position neutre (assis)
18. Épaule - Rotation Interna / Externa en position neutre (debout)
19. Épaule - Rotation Interna / Externa en position physiologique (assis)
20. Épaule - Rotation Interna / Externa en position physiologique (debout)
21. Épaule - Mouvement Diagonale (debout)
22. Épaule - Mouvement Diagonale (assis)
23. Poignet - Extension / Flexion
24. Poignet - Déviation Radiale / Ulnaire
25. Avant-bras - Supination / Pronation

Exportation des données :

- > Possibilité d'exporter les données brutes échantillonnées des valeurs de moment, vitesse et position mesurées par le dynamomètre ainsi que les données statistiques calculées par le logiciel, sous la forme de fichiers textes exploitables par n'importe quel logiciel de traitement de données

Améliorations récentes :

- Protocoles de proprioception
- Détection de couple de force à partir de 0,7 N.m
- Vitesse lente à partir de 0,25 deg/sec
- Nouveau siège renforcé, adapté à une utilisation intensive
- Travail excentrique jusqu'à 555 N.m
- Compte-rendu de rééducation
- Vitesse d'échantillonnage de 2000 Hz sur sortie analogique

POUR TOUT RENSEIGNEMENT COMPLÉMENTAIRE :

Société PROTHIA
28, rue Serpollet
75020 PARIS - FRANCE

☎ 01.40.31.80.20 - ☎ 01.40.31.82.81 - ✉ prothia.france@wanadoo.fr

ANNEXE VI : Tableau de BRZYCKI

FORMULE DE BRZYCKI

Charge Maximale Estimée : R.M. = Charge Opérationnelle (1.0275 - 0.0275 x Nombre de répétitions)
 Nombre de répétitions

IR.M	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CHARGES INDICATIVES (arrondies au kilogramme supérieur)														
100	97	94	92	89	86	83	81	78	75	72	69	76	64	61
97.5	95	92	89	87	84	81	79	76	73	70	68	65	62	60
95	92	90	87	84	82	79	77	74	71	69	66	63	61	58
92.5	90	87	85	82	80	77	74	72	69	67	64	62	59	56
90	87	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55
87.5	85	83	80	78	75	73	70	68	66	63	61	58	56	53
85	83	80	78	76	73	71	68	66	64	61	59	57	54	52
82.5	80	78	76	73	71	69	66	64	62	60	57	55	53	50
80	78	76	73	71	69	67	64	62	60	58	56	53	51	49
77.5	75	73	71	69	67	65	62	60	58	56	54	52	49	47
75	73	71	69	67	65	62	60	58	56	54	52	50	48	46
72.5	70	68	66	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44
70	68	66	64	62	60	58	56	54	52	51	49	47	45	43
67.5	66	64	62	60	58	56	54	52	51	49	47	45	43	41
65	63	61	60	58	56	54	52	51	49	47	45	43	42	40
62.5	61	59	57	56	54	52	50	49	47	45	43	42	40	38
60	58	57	55	53	52	50	48	47	45	43	42	40	38	37
57.5	56	54	53	51	50	48	46	45	43	42	40	38	37	35
55	53	52	50	49	47	46	44	43	41	40	38	37	35	34
52.5	51	50	48	47	45	44	42	41	39	38	36	35	34	32
50	49	47	46	44	43	42	40	39	37	36	35	33	32	31
47.5	46	45	44	42	41	40	38	37	36	34	33	32	30	29
45	44	42	41	40	39	37	36	35	34	32	31	30	29	27
42.5	41	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	28	27	26
40	39	38	37	36	34	33	32	31	30	29	28	27	26	24
37.5	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
32.5	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	23	20	19	18
30	29	28	27	27	26	25	24	23	22	22	21	20	19	18
27.5	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	19	18	18	17
25	24	24	23	22	22	21	20	19	19	18	17	17	16	15
22.5	22	21	21	20	19	19	18	17	17	16	16	15	14	14
20	19	19	18	18	17	17	16	16	15	14	14	13	13	12

Cette formule permet de donner une estimation de la charge maximale développée (1RM).

EXEMPLE N°1 (rouge): Atelier développé / couché, réalisation d'une série de 12 répétitions à 50kg.

cela correspond à une charge maximale estimée de 72.5kg.

EXEMPLE N°2 (vert): Atelier triceps, réalisation d'une série de 8 répétitions à 40 kg.

cela correspond à une charge maximale estimée de 50kg.

ATTENTION : pour être fiable, la charge choisie ne doit pas permettre la réalisation de plus de 15 répétitions, la toute dernière répétition doit être difficile à réaliser voir impossible. La qualité d'exécution est primordiale la série doit être continue.

ANNEXE VII : Tableaux

Tableau récapitulatif des résultats du groupe unipodal

			T1	T2	Pourcentage %
U01	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	103,50	128,30	23,96%
		Membre inférieur de shoot	168,70	199,70	18,38%
U02	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	208,70	250,70	20,12%
		Membre inférieur de shoot	231,30	269,30	16,43%
U03	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	156,30	192,80	23,35%
		Membre inférieur de shoot	166,10	197,50	18,90%
U04	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	234,20	238,30	1,75%
		Membre inférieur de shoot	219,30	212,10	-3,28%
Moyennes	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	175,68	202,53	17,30%
		Membre inférieur de shoot	196,35	219,65	12,61%

Légende :

- U01 : Numéro d'anonymat des sujets. Le U correspond au groupe unipodal et les numéros désignent les participants,
- T1 : Test isocinétique initial avant le début du renforcement,
- T2 : Test isocinétique final après les trois semaines de renforcement.

Tableau récapitulatif des résultats du groupe bipodal

			T1	T2	Pourcentage %
B01	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	109,20	110,30	1,01%
		Membre inférieur de shoot	113,40	136,70	20,55%
B02	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	113,40	123,60	8,99%
		Membre inférieur de shoot	109,20	131,90	20,79%
B03	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	210,50	244,10	15,96%
		Membre inférieur de shoot	207,70	251,80	21,23%
B04	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	157,20	163,00	3,69%
		Membre inférieur de shoot	178,20	177,60	-0,34%
Moyennes	Moment force maximale (en N.m)	Membre inférieur d'appui	147,58	160,25	7,41%
		Membre inférieur de shoot	152,13	174,50	15,56%

Légende :

- B01 : Numéro d'anonymat des sujets. Le B correspond au groupe bipodal et les numéros désignent les participants,
- T1 : Test isocinétique initial avant le début du renforcement,
- T2 : Test isocinétique final après les trois semaines de renforcement.

Tableau récapitulatif des caractéristiques de la population

	AGE (ans)	SPORT (heures par semaine)	POIDS (kg)	TAILLE (mètres)	IMC (kg/m ²)
B01	50	1	63	1,68	22,32
B02	33	6	59	1,65	21,67
B03	32	1	70	1,78	21,97
B04	35	3	69	1,65	25,34
Moyennes groupe B	37,5	2,75	65,25	1,69	22,83

U01	25	2	52	1,67	18,65
U02	24	4	78	1,88	22,07
U03	28	4	66	1,7	22,84
U04	24	6	73	1,76	23,57
Moyennes groupe U	25,25	4	67,25	1,75	21,78

	AGE (ans)	SPORT (heure par semaine)	POIDS (kg)	TAILLE (mètres)	IMC (kg/m ²)
Moyennes groupe B + groupe U	31,38	3,38	66,25	1,72	22,30

Légende :

- B01 : Numéro d'anonymat des sujets. Le B correspond au groupe bipodal et les numéros désignent les participants,
- U01 : Numéro d'anonymat des sujets. Le U correspond au groupe unipodal et les numéros désignent les participants.

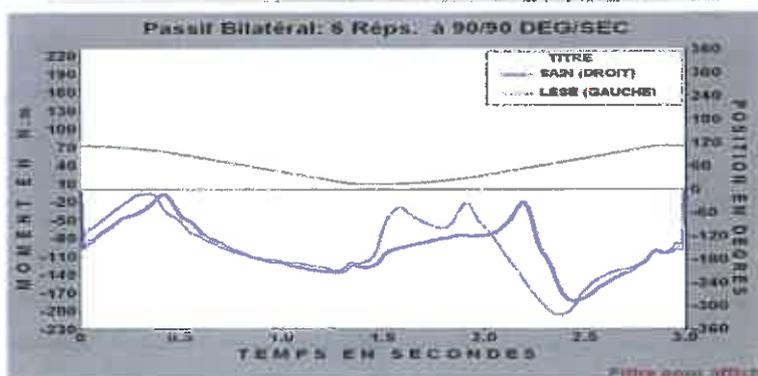
ANNEXE VIII : Exemple d'un bilan isocinétique

Bilan isocinétique initial : mesure de la force maximale excentrique

Evaluation comprehensive

Nom:	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; background-color: #cccccc;"></div>	Séance:		Filtrage:	
Code:		Côté lésé:	Aucun	Protocole:	Passif Bilatéral
Nâ(e) le:	10/11/1981 (dd/MM/yyyy)	Clinicien:		Mouvement:	Extension/Flexion
Taille (cm):	165	Correspondant:		Mode:	Passif
Poids (kg):	61.0	Articulation:	Genou	Contraction:	Exo/Exc
Sexe:	Femelin	Diagnostic:		Gravité:	14 N.m à 30 degrés:

		EXTENSION 90 DEG/SEC			FLEXION 90 DEG/SEC		
NB de REPS: Droit 6		DROIT	GAUCHE	DIFF	DROIT	GAUCHE	EFFORT
NB de REPS: Gauche 6		DROIT	GAUCHE		DROIT	GAUCHE	
MOMENT MAX	N.m	135.9	133.6	1.7	162.8	208.2	42.7
MOM. MAX / POIDS	%	223.4	219.8		300.6	333.9	
TEMPS MOM. MAX	ms	1300.0	1260.0		960.0	895.0	
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	20.0	24.0		78.0	74.0	
MOMENT À 30.0 DEG	N.m	0.0	128.0	0.0	78.2	55.5	27.0
MOMENT À 0.18 SEC	N.m	54.7	32.5	48.1	69.1	48.9	45.1
COEFF. DE VARIANCE	%	8.8	6.9		6.2	11.2	
TRAVAIL MAX	N.m	158.1	171.1	3.9	231.1	237.2	17.8
N° REP. AU TRAVAIL MAX	#	1	1		1	1	
TRAVAIL / POIDS	%	259.8	281.2		330.6	363.9	
TRAVAIL TOTAL	N.m	873.4	907.4	1.8	1124.8	1244.5	10.8
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	303.4	332.5		375.6	443.6	
TRAVAIL 3éme TIERS	N.m	277.7	275.5		351.3	359.8	
FATIGUE AU TRAVAIL	%	10.0	17.1		11.2	19.8	
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	98.0	100.9	1.0	124.4	128.7	11.0
DUREE ACCELERATION	ms	380.0	360.0		360.0	370.0	
DUREE DECELERATION	ms	180.0	170.0		170.0	170.0	
Ampl.	DEG	98.2	98.3		93.2	88.3	
MOM. MAX MOY.	N.m	127.3	124.5		170.7	162.2	
RAPPORT AGONANTA	%	134.6	154.3	O; N/A			

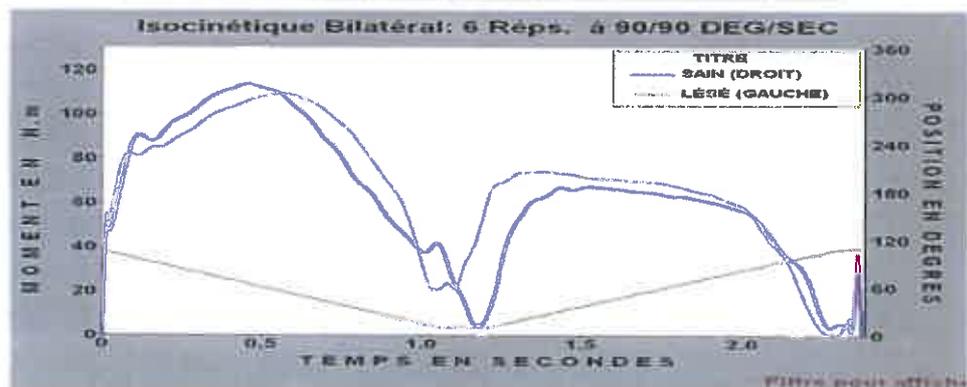


Bilan isocinétique initial : mesure de la force maximale concentrique

Evaluation compréhensive

Nom:		Séance:		Filtrage:	
Code:		Côté lésé:	Aucun	Protocole:	Isocinétique Bilatéral
Né(e) le:	10/11/1981 (dd/MM/yyyy)	Clinicien:		Mouvement:	Extension/Flexion
Taille (cm):	165	Correspondant:		Mode:	Isocinétique
Poids (kg):	61.0	Articulation:	Genou	Contraction:	Con/Con
Sexe:	Féminin	Diagnostic:		Gravité:	16 N.m à 30 degrés:

EXTENSION 90 DEG/SEC				FLEXION 90 DEG/SEC			
NB de REPS: Droit 6		SAIN	LÉSÉ	DEFICIT	SAIN	LÉSÉ	DEFICIT
NB de REPS: Gauche 6		DRIT	GAUCHE		DRIT	GAUCHE	
MOMENT MAX	N.m	113.4	109.2	5.7	67.5	74.4	68.2
MOM. MAX / POIDS	%	186.5	179.5		110.9	122.3	
TEMPS MON. MAX	ms	460.0	540.0		350.0	270.0	
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	65.0	60.0		39.0	41.0	
MOMENT À 30.0 DEG	N.m	66.2	61.4	7.8	67.0	69.6	5.6
MOMENT À 0.18 SEC	N.m	89.7	85.4	6.7	82.2	73.5	10.1
COEFF. DE VARIANCE	%	9.3	10.7		6.3	2.8	
TRAVAIL MAX	N.m	140.1	132.1	5.7	91.9	100.3	8.1
N° REP. AU TRAVAIL MAX	#	2	1		2	2	
TRAVAIL / POIDS	%	230.2	217.2		151.0	164.8	
TRAVAIL TOTAL	N.m	769.6	750.6	2.5	490.1	572.5	16.6
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	280.0	276.4		182.3	191.9	
TRAVAIL 3ième TIERS	N.m	234.3	224.1		149.1	133.1	
FATIGUE AU TRAVAIL	%	16.3	18.9		18.8	4.8	
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	109.5	110.4	-0.9	69.6	82.6	14.7
DUREE ACCELERATION	ms	40.0	30.0		70.0	50.0	
DUREE DECELERATION	ms	170.0	70.0		90.0	70.0	
Ampl.	DEG	96.0	97.9		98.0	97.9	
MOM. MAX MOY.	N.m	99.8	93.2		60.9	72.2	
RAPPORT AGOYANTA	%	59.5	66.1	0: N/A			

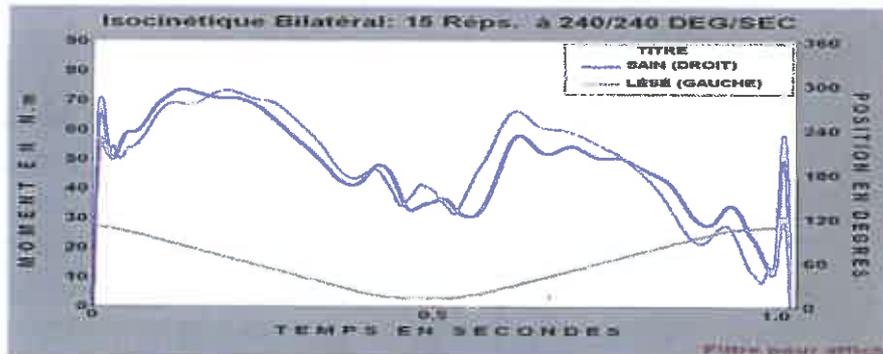


Bilan isocinétique initial : mesure de la puissance maximale

Evaluation compréhensive

Nom:		Séance:	Filtrage:
Code:		Côté lésé: Aucun	Protocole: Isocinétique Bilatéral
Né(e) le: 10/11/1981 (dd/MM/yyyy)	Clinicien:		Mouvement: Extension/Flexion
Taille (cm): 165	Correspondant:		Mode: Isocinétique
Poids (kg): 61.0	Articulation: Genou		Contraction: Con/Con
Sexe: Femélin	Diagnostic:		Gravité: 16 N.m à 30 degrés:

		EXTENSION 240 DEG/SEC			FLEXION 240 DEG/SEC		
NB de REPS: Droit 15		SAIN	LÉSÉ	DEFICIT	SAIN	LÉSÉ	DEFICIT
NB de REPS: Gauche 15		DROIT	GAUCHE		DROIT	GAUCHE	
MOMENT MAX	N.m	73.6	73.3	0.4	58.1	66.5	14.5
MOM. MAX / POIDS	%	121.0	120.5		95.5	109.4	
TEMPS MOM. MAX	ms	150.0	210.0		130.0	140.0	
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	81.0	74.0		30.0	42.0	
MOMENT À 30.0 DEG	N.m	43.5	43.9	0.4	55.1	48.3	16.8
MOMENT À 0.16 SEC	N.m	71.1	72.2	1.0	55.0	60.4	15.6
COEFF. DE VARIANCE	%	14.9	12.7		13.8	4.5	
TRAVAIL MAX	N.m	101.8	102.4	0.6	75.0	78.8	3.8
N° REP. AU TRAVAIL MAX	°	1	1		1	4	
TRAVAIL / POIDS	%	167.3	168.4		123.3	129.6	
TRAVAIL TOTAL	N.m	1101.7	1142.1	4.4	802.3	1101.1	298.8
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	483.6	481.0		358.9	400.5	
TRAVAIL 3ème TIERS	N.m	285.6	303.6		224.2	305.2	
FATIGUE AU TRAVAIL	%	40.6	34.1		37.6	23.8	
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	149.3	149.5	0.1	110.2	138.7	28.5
DUREE ACCELERATION	ms	70.0	50.0		70.0	80.0	
DUREE DECELERATION	ms	100.0	100.0		100.0	110.0	
Ampl.	DEG	96.9	86.3		95.9	96.3	
MOM. MAX MOY.	N.m	57.6	56.5		48.4	60.2	
RAPPORT AGOIANTA	%	78.9	90.7	0: N/A			

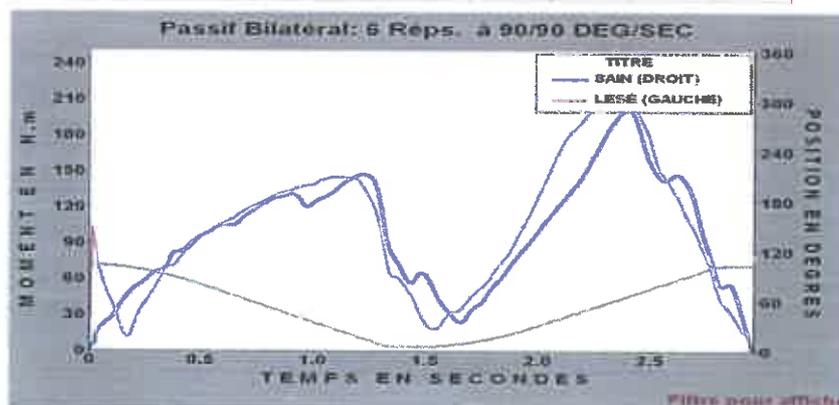


Bilan isocinétique final : mesure de la force maximale excentrique

Evaluation comprehensive

Nom:		Séance:	Filtrage:
Code:		Côté lésé: Aucun	Protocole: Passif Bilatéral
Né(e) le:	10/11/1981 (dd/MM/yyyy)	Clinicien:	Mouvement: Extension/Flexion
Taille (cm):	165	Correspondant:	Mode: Passif
Poids (kg):	61.0	Articulation: Genou	Contraction: Con/Con
Sexe:	Féminin	Diagnostic:	Gravité: 20 N.m à 30 degrés:

		EXTENSION 90 DEG/SEC			FLEXION 90 DEG/SEC		
NB de REPS: Droit 6		SAIN	LÉSÉ	DEFICIT	SAIN	LÉSÉ	DEFICIT
NB de REPS: Gauche 6		DROIT	GAUCHE		DROIT	GAUCHE	
MOMENT MAX	N.m	147.4	145.1	1.8	201.5	217.3	-15.8
MOM. MAX / POIDS	%	242.2	239.5		331.2	357.3	
TEMPS MOM. MAX	ms	1240.0	1120.0		950.0	940.0	
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	15.0	27.0		67.0	62.0	
MOMENT À 30.0 DEG	N.m	128.8	144.3	-12.1	95.4	119.8	-26.5
MOMENT À 0.16 SEC	N.m	48.1	11.6	75.9	25.5	33.5	-31.4
COEFF. DE VARIANCE	%	4.6	9.2		7.6	5.3	
TRAVAIL MAX	N.m	185.9	189.6	-5.4	209.7	253.3	-20.8
N° REP. AU TRAVAIL MAX	#	3	1		2	1	
TRAVAIL / POIDS	%	310.5	311.6		344.6	418.4	
TRAVAIL TOTAL	N.m	1054.9	1047.1	0.7	1188.8	1353.5	-144.8
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	357.1	377.4		411.2	494.5	
TRAVAIL 2ème TIERS	N.m	337.6	318.2		396.3	425.2	
FATIGUE AU TRAVAIL	%	5.5	15.7		3.8	14.1	
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	119.6	118.3	1.1	132.6	151.8	-14.0
DUREE ACCELERATION	ms	380.0	390.0		410.0	390.0	
DUREE DECELERATION	ms	180.0	150.0		180.0	180.0	
Ampl.	DEG	97.7	97.6		97.7	97.6	
NOM. MAX MOY.	N.m	136.7	132.9		182.3	203.6	
RAPPORT AGGIANTA	%	135.7	149.8	0: N/A			

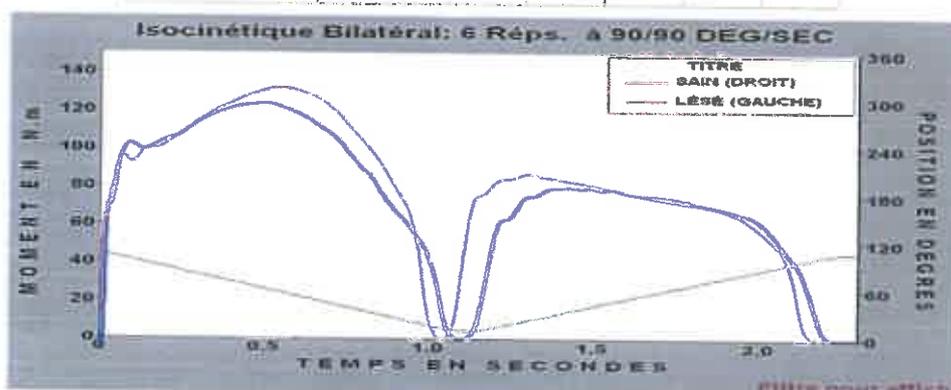


Bilan isocinétique final : mesure de la force maximale concentrique

Evaluation compréhensive

Nom:		Séance:		Filtrage:	
Code:		Côté lésé:	Aucun	Protocole:	Isocinétique Bilatéral
Né(e) le:	10/11/1981 (dd/MM/yyyy)	Clinicien:		Mouvement:	Extension/Flexion
Taille (cm):	185	Correspondant:		Mode:	Isocinétique
Poids (kg):	61.0	Articulation:	Genou	Contraction:	Con/Con
Sexe:	Feminin	Diagnostic:		Gravité:	17 N.m à 30 degrés

				EXTENSION 90 DEG/SEC			FLEXION 90 DEG/SEC		
NB de REPS: Droit 6		SAIN	LÉSÉ	DEFICIT	SAIN	LÉSÉ	DEFICIT		
NB de REPS: Gauche 6		DROIT	GAUCHE		DROIT	GAUCHE			
MOMENT MAX	N.m	123.5	131.9	-6.7	79.9	86.8	-8.8		
MOM. MAX / POIDS	%	203.1	216.7		131.4	142.7			
TEMPS MOM. MAX	ms	510.0	550.0		300.0	240.0			
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	82.0	54.0		36.0	30.0			
MOMENT À 30.0 DEG	N.m	78.4	103.8	-25.4	78.8	86.8	-8.0		
MOMENT À 0.10 SEC	N.m	102.8	100.3	2.5	75.3	84.5	-12.2		
COEFF. DE VARIANCE	%	10.2	11.1		2.8	7.1			
TRAVAIL MAX	N.m	160.2	187.5	-27.3	108.7	117.8	-9.1		
N° REP. AU TRAVAIL MAX	#	1	1		2	1			
TRAVAIL / POIDS	%	263.3	275.3		178.7	193.3			
TRAVAIL TOTAL	N.m	856.8	905.6	-48.7	629.5	689.8	-7.1		
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	315.1	331.8		209.9	229.8			
TRAVAIL 3ème TIERS	N.m	254.5	280.8		199.1	208.2			
FATIGUE AU TRAVAIL	%	19.2	21.4		5.2	9.4			
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	121.5	129.0	-6.5	85.9	93.3	-8.8		
DUREE ACCELERATION	ms	30.0	20.0		40.0	40.0			
DUREE DECELERATION	ms	90.0	70.0		90.0	150.0			
Ampl.	DEG	98.4	98.3		98.4	98.3			
MOM. MAX MOY.	N.m	108.4	113.7		76.7	82.1			
RAPPORT AGO/ANTA	%	64.7	65.8	0: N/A					



Bilan isocinétique final : mesure de la puissance maximale

Evaluation comprehensive

Nom:		Séance:		Filtrage:	
Code:		Côté lésé:	Aucun	Protocole:	Isocinétique Bilatéral
Né(e) le:	10/11/1981 (dd/MM/yyyy)	Clinicien:		Mouvement:	Extension/Flexion
Taille (cm):	165	Correspondant:		Mode:	Isocinétique
Poids (kg):	61.0	Articulation:	Genou	Contraction:	Con/Con
Sexe:	Féminin	Diagnostic:		Gravité:	17 N.m à 30 degrés:

		EXTENSION 240 DEG/SEC			FLEXION 240 DEG/SEC		
NB de REPS: Droit 15		SAIN	LÉSÉ	DEFICT	SAIN	LÉSÉ	DEFICT
NB de REPS: Gauche 15		DROIT	GAUCHE		DROIT	GAUCHE	
MOMENT MAX	N.m	82.0	84.5	0.0	86.3	73.0	0.0
MOM. MAX / POIDS	%	134.9	138.8		112.3	120.1	
TEMPS MOM. MAX	ms	120.0	210.0		160.0	150.0	
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	86.0	83.0		34.0	32.0	
MOMENT À 30.0 DEG	N.m	42.7	58.3	-0.0	87.3	73.0	-8.5
MOMENT À 0.18 SEC	N.m	77.8	83.8	-0.0	63.1	68.2	-4.8
COEFF. DE VARIANCE	%	12.1	11.7		6.6	8.1	
TRAVAIL MAX	N.m	94.5	101.6	-7.5	76.5	65.2	0.0
N° REP. AU TRAVAIL MAX	#	1	1		2	2	
TRAVAIL / POIDS	%	155.3	167.0		129.0	140.0	
TRAVAIL TOTAL	N.m	1107.6	1188.9	-81	995.1	1058.2	63
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	483.3	438.0		372.6	408.0	
TRAVAIL 31ème TIERS	N.m	264.3	296.4		261.3	268.6	
FATIGUE AU TRAVAIL	%	43.0	39.3		29.5	34.1	
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	146.5	155.8	-8.0	123.9	130.8	5.5
DUREE ACCELERATION	ms	50.0	60.0		100.0	80.0	
DUREE DECELERATION	ms	110.0	90.0		110.0	80.0	
Ampl.	DEG	96.6	97.1		96.6	97.1	
MOM. MAX MOY.	N.m	64.8	66.9		59.9	64.4	
RAPPORT AGONANTA	%	83.3	86.5	0: N/A			

