

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

**LA TECHNOLOGIE MOBILE AU
SERVICE DE LA KINESITHERAPIE :
EVALUATION DE L'EXTENSIBILITE
DES ISCHIO-JAMBIERS A L'AIDE D'UN
SMARTPHONE**

Rapport de travail écrit personnel
Présenté par Alexandre JAUZE
Etudiant en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie
En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
De masseur-kinésithérapie
2014 - 2015

SOMMAIRE

RESUME

1. INTRODUCTION.....	1
2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....	2
3. CADRE THEORIQUE.....	3
3.1. Les ischio-jambiers.....	3
3.1.1. Anatomie des ischio-jambiers.....	3
3.1.2. Fonctions des ischio-jambiers.....	4
3.1.3. Leurs rôles lors de la marche.....	4
3.1.4. Leur extensibilité et ses conséquences.....	5
3.2. Les différents tests de rétraction des ischio-jambiers.....	6
4. MATERIEL ET METHODE.....	7
4.1. Population.....	7
4.1.1. Opérateurs.....	7
4.1.2. Population	8
4.2. Matériel.....	8
4.3. Méthode.....	10
4.3.1. Pré-tests.....	10
4.3.2. Interrogatoire.....	10

4.3.3. Randomisation de la méthode.....	10
4.3.4. Recherche du membre inférieur dominant.....	11
4.3.5. Conditions d'examen.....	11
4.3.6. Installation du sujet.....	11
4.3.7. Rôle de l'assistant.....	12
4.3.8. Rôle du testeur.....	13
4.3.9. Mise à zéro de l'inclinomètre.....	14
4.3.10. Mise à zéro du Smartphone.....	14
4.3.11. Mesures.....	15
4.3.11.1. Chronologie des mesures.....	15
4.3.11.2. Consignes données au sujet.....	16
4.3.11.3. Mesures faites avec l'inclinomètre.....	16
4.3.11.4. Mesures faites avec le smartphone.....	17
4.3.11.5. Prise de note des valeurs.....	17
4.3.12. Méthode d'analyse statistique.....	17
5. RESULTATS.....	18
5.1. Caractéristiques de la population.....	18
5.2. Comparaison de l'extensibilité en fonction du sexe et du pied dominant.....	19
5.3. Etudes des reproductibilités inter- et intra-évaluateur.....	20

5.4. Etudes de la concordance des deux outils de mesure.....	21
5.4.1. Concordance des deux instruments pour le testeur A.....	22
5.4.2. Concordance des deux instruments pour le testeur B.....	23
6. DISCUSSION	24
6.1. Analyse des résultats.....	24
6.2. Critiques et améliorations possibles de l'étude.....	24
6.3. Analyse clinique des résultats.....	26
7. CONCLUSION	28

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Introduction. L'utilisation d'un objet du quotidien comme outil de mesure goniométrique pourrait faciliter et donc encourager la réalisation de bilan diagnostique kinésithérapique. L'emploi du smartphone en goniométrie a déjà été étudié sur plusieurs segments corporels. Dans notre cas nous nous sommes intéressés aux rétractions musculaires et plus particulièrement à celle des ischio-jambiers.

Objectif. Etudier la concordance entre un smartphone équipé d'une application et un inclinomètre dans la mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers.

Matériel et méthode. 31 étudiants en kinésithérapie ont participé à l'étude. L'extensibilité de leurs ischio-jambiers a été mesurée par deux testeurs avec un inclinomètre et un smartphone doté d'une application. Nous avons comparé la reproductibilité inter- et intra-observateur de la mesure au smartphone avec celle à l'inclinomètre et nous avons effectué une étude de la concordance entre les deux outils pour chacun des testeurs.

Résultats. Les mesures effectuées avec le smartphone et avec l'inclinomètre montrent des reproductibilités intra-observateurs (< 0,9) et inter-observateurs (< 0,8) bonnes pour les deux testeurs. La concordance entre les deux outils est bonne avec des limites de concordances de l'ordre de -3° à 6° pour un testeur et de -5° à 7° pour l'autre. Il est également apparu une extensibilité plus importante chez les sujets féminins.

Discussion – Conclusion. Les résultats sont similaires aux autres études sur l'utilisation du smartphone en goniométrie. Ils laissent envisager l'utilisation du smartphone dans la mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers en veillant cependant au respect de l'hygiène et du secret professionnel.

Mots clefs. Smartphone, inclinomètre, reproductibilité, ischio-jambiers

Keywords. Smartphone, inclinometer, reproductibility, hamstrings

1. INTRODUCTION

La recommandation de la Haute Autorité de Santé de mars 2000 concernant le dossier du patient en masso-kinésithérapie recommande la tenue d'un dossier sur le modèle de la classification internationale des handicaps (1). Le décret n° 2000-577 du 27 juin de la même année préconise au masseur-kinésithérapeute d'établir un bilan comprenant le « diagnostic kinésithérapique et les objectifs de soins, ainsi que le choix des actes et des techniques qui lui paraissent les plus appropriés » (2).

Dans de tels bilans sont communément retrouvées des limitations d'amplitudes articulaires. Elles peuvent être causées par des problèmes de commandes motrices, de force musculaire, des problèmes osseux, des problèmes capsulo-ligamentaires ou encore des rétractions cutanées et musculaires (3). Dans notre cas nous nous intéressons à l'extensibilité des ischio-jambiers.

Il est alors intéressant de passer de l'observation de cette limitation à la quantification de celle-ci. Cela permettra au praticien de suivre l'évolution de cette limitation, de savoir s'il est nécessaire ou non de la traiter et ainsi mieux prévenir les répercussions de celle-ci sur la statique et la dynamique du patient. Une valeur chiffrée nous permettra également de fixer des objectifs quantitatifs pouvant justifier l'arrêt ou le prolongement d'un traitement. La connaissance et l'utilisation de tests fiables et validés ainsi que la possession d'instruments de mesure de qualité par le kinésithérapeute paraissent cruciales (4).

Un instrument de mesure en masso-kinésithérapie doit présenter plusieurs qualités, telles que de bonnes reproductibilités inter-observateur et intra-observateur (c'est-à-dire avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,70 voire 0,65), une bonne disponibilité et une facilité d'utilisation (5). Plusieurs objets de mesure d'amplitudes articulaires répondant à ces critères sont à la disposition des masseurs-kinésithérapeutes.

Nous nous sommes alors demandé si un smartphone pouvait se substituer à un inclinomètre dans la mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers.

Comme outil de mesure, le masseur kinésithérapeute a à sa disposition des goniomètres à deux branches comme celui de Houdre, celui de Labrique ou celui de Balthazar. Il peut également utiliser un goniomètre à une seule branche permettant une mesure articulaire dans un plan vertical uniquement par rapport à la pesanteur comme le plurimètre de Rippstein encore appelé inclinomètre (3).

De nombreuses études ont déjà démontré la fiabilité du smartphone sur plusieurs segments corporels, mais lors de nos recherches aucune ne s'était intéressée à la mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers (6).

Malgré une obligation légale datant de 15 ans, des incitations financières (7) et une multitude d'outils existants, la pratique du bilan masso-kinésithérapique reste peu répandue. Les principales raisons de la non-pratique de bilan-diagnostic citées par les kinésithérapeutes sont le manque de temps, le manque d'intérêt et le manque de formation. Pour palier ce manque, la littérature a vu naître des articles guidant le masseur-kinésithérapeute dans sa démarche de bilan (8).

Une validation d'un large panel de mesures, effectuées avec un objet utilisé quotidiennement tel un smartphone, pourrait constituer une facilitation supplémentaire à la réalisation de bilan-diagnostic chiffré.

2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Pour notre étude nous avons effectué une recherche bibliographique pour répondre à plusieurs de nos interrogations. Quelle est la place du smartphone à l'heure actuelle dans la kinésithérapie ? Quels résultats donnent son utilisation en goniométrie ? Quels sont les différents tests de rétraction des ischio-jambiers à notre disposition ? Comment bien les utiliser ?

Nous avons donc questionné plusieurs bases de données françaises (Réédoc, Kinédoc, la HAS) et internationales (Medline, Pedro, la Cochrane library). Nous avons utilisé les principaux termes de recherches suivants en français : smartphone, téléphone, extensibilité, ischio-jambiers, reproductibilité et smartphone, extensibility, hamstring, Straight Leg Raise, validity, reproductibility en anglais.

La pertinence des résultats a été améliorée en utilisant les opérateurs booléens « et/ou » en français et « and/or » en anglais. Les articles sélectionnés l'ont été à la lecture du titre puis du résumé. 73 articles ont donc été retenus auxquels nous devons ajouter certaines références bibliographiques présentes dans ces publications. Après lecture de ces articles nous avons choisi de garder 46 références qui nous paraissent pertinentes par rapport à notre sujet.

3. CADRE THEORIQUE

3.1. Les ischio-jambiers

3.1.1. Anatomie des ischio-jambiers

Le terme ischio-jambiers regroupe un ensemble de trois muscles appartenant à la loge postérieure de la cuisse. Cet ensemble comprend deux muscles médiaux que sont le semi-tendineux et le semi-membraneux et un muscle latéral, le biceps fémoral.

Ils possèdent une insertion proximale commune sur la tubérosité ischiatique (la courte portion du biceps s'insère sur la ligne âpre) et se terminent à la face postérieure du genou. Le biceps fémoral se termine sur la tête de la fibula par un unique tendon, le semi-tendineux se termine lui au niveau de la patte d'oie tandis que le semi-membraneux possède trois terminaisons : une sur la face postérieure du tibia, une sur la face antéro-médiale par un tendon ainsi qu'une dernière sur la coque condylienne latérale. Ces trois muscles présentent la particularité d'avoir une très forte proportion en tissus tendineux (9).

3.1.2. Fonctions des ischio-jambiers

Leurs actions en chaîne cinétique ouverte sont une extension de hanche, une flexion de genou, ainsi qu'une rotation latérale de genou pour le biceps et une rotation médiale pour le semi-tendineux et le semi-membraneux.

Lors de nos activités de la vie quotidienne, ces muscles travaillent généralement sur un mode excentrique (10). Par exemple pour Viel les ischio-jambiers ne sont pas des rotateurs de genou, mais plus des «courroies de rappel chargées de limiter les rotations inverses» au niveau du genou. La stabilisation du genou est donc assurée par les structures capsulaires et ligamentaires mais aussi et surtout par les structures musculaires agissant en couple dans les 3 plans de l'espace (11).

Le rôle capital du semi-membraneux sur la stabilisation tridimensionnelle du genou est ainsi mis en exergue tout comme celui de son pendant anatomique et fonctionnel : le biceps fémoral (10).

Cette action de maintien au niveau du genou n'est pas isolée, nous la retrouvons également au niveau de la hanche et du bassin, où les ischio-jambiers ont plus un rôle d'antéfléchisseur de hanche, de rétroverseur du bassin permettant une stabilisation économique du tronc lorsque le sujet se penche en avant. Dufour et Pillu appellent cette propriété «l'effet sangle» (9).

3.1.3. Leurs rôles lors de la marche

Ce travail excentrique est retrouvé au cours du cycle de marche, où ils s'activent pour freiner l'avancée du membre inférieur oscillant à la fin du cycle (de 75 à 100%) évitant alors une extension complète du genou. Lors de l'attaque du talon au sol (de 0 à 15% du cycle de marche) seuls le semi-tendineux et la longue portion du biceps travaillent de concert pour assurer leur rôle de stabilisateur tridimensionnel sur le genou (11). Lass montre qu'en cas de rupture du ligament croisé antérieur, les ischio-jambiers se contractent de manière précoce et

prolongée au cours du cycle de marche (10). Cela souligne leur rôle complémentaire aux structures capsulo-ligamentaires dans la stabilité du genou. Au cours de cette même phase, les ischio-jambiers vont avoir leur action stabilisatrice sur le bassin et ainsi empêcher la chute du tronc vers l'avant (11).

3.1.4. Leur extensibilité et ses conséquences

L'ensemble de leur action de maintien en statique ou en dynamique lors de la marche (11), ou lors de la course et du saut (10), ne peut être possible que grâce à leur composition tissulaire particulière décrite par Dromzée. En effet, les ischio-jambiers possèdent une très forte proportion de tissus conjonctif et tendineux. Le semi-membraneux est constitué de deux lames tendineuses proximale et distale longues de plus de 20cm chacune. Ces deux lames sont parallèles sur environ 8cm et donnent naissance à de nombreuses cloisons conjonctives. Le semi-tendineux quant à lui possède une lame tendineuse continue sur toute sa longueur. Celle-ci naît en latéral à l'insertion proximale du muscle avant de disparaître et de réapparaître en médial (12).

Cette structure musculaire particulière ainsi que la station assise prolongée plaçant les ischio-jambiers en course moyenne pourraient expliquer une éventuelle hypoextensibilité de ces muscles. En effet, la propension d'allongement d'une fibre musculaire est de 50% de sa longueur tandis qu'elle n'est que de 7% pour une fibre tendineuse selon Kapandji (13). Pour Dufour et Pillu, cette raideur naturelle des ischio-jambiers est essentielle pour leur bon fonctionnement, même si une hypoextensibilité trop importante peut être la cause d'algies et de traumatismes (9).

En effet, lors d'une flexion antérieure du tronc, le rachis et les coxo-fémorales doivent participer de manière équivalente au mouvement. En cas d'hypoextensibilité des ischio-jambiers, une sur-utilisation du segment lombaire sera alors perçue lors de la cinétique rachidienne, favorisant d'éventuelles lésions discales (14). Hartig démontre l'impact néfaste de l'hypoextensibilité des ischio-jambiers sur l'apparition de traumatismes au niveau des membres inférieurs tandis qu'Ekstand trouve une proportion plus importante de blessures

chez les sujets rétractés, tout en soulignant que cette hypoextensibilité peut en être la cause comme la conséquence (15,16).

3.2. Les différents tests de rétraction des ischio jambiers

Nous retrouvons plusieurs possibilités pour déterminer l'extensibilité des ischio-jambiers dans l'arsenal thérapeutique du masseur-kinésithérapeute. (Annexe I)

La distance doigt-sol (DDS ou toe touch test en anglais) permet une mesure simple et rapide de l'extensibilité des ischio-jambiers, mais ce test implique la mobilité de la coxo-fémorale et des segments lombaire et thoracique (17).

Le sit and reach test peut également être utilisé par le thérapeute. Le patient assis, jambes tendues, se penche en avant pour venir toucher ses orteils. Il présente les mêmes avantages de simplicité d'exécution que la distance doigt-sol, mais aussi les mêmes inconvénients. Plusieurs variantes de ce test existent (17).

L'angle poplité est un autre test utilisable par le praticien. Le sujet est en décubitus, sa hanche du côté testé en flexion de 90°. Une extension de genou est réalisée pour tester l'extensibilité des ischio-jambiers, de manière passive par le thérapeute (Passiv Knee Extension ou PKE) ou de manière active par le sujet (Activ Knee Extension ou AKE). Il s'agit d'un test fiable en intra-observateur aussi bien en actif qu'en passif (18).

Le Straight Leg Raising Test (SLRT), encore appelé test d'élévation jambe tendue en français et décrit par Kendall, consiste à une flexion de hanche, genou tendu (19). Ce test est l'un des plus communément utilisé (20), mais il présente l'inconvénient d'être réalisé de façons différentes (21) et dans des circonstances différentes.

En effet, il peut servir à mettre en évidence une souffrance radiculaire au niveau lombaire par plaquage d'une racine contre une éventuelle hernie (signe de Lasègue). Il pourra

également indiquer une souffrance tronculaire par une mise en tension du nerf sciatique en ajoutant une flexion dorsale de cheville (signe de Pierre Marie et Foy) (9).

La HAS recommande son utilisation non pas pour déterminer l'extensibilité des ischio-jambiers, mais en actif pour différencier les douleurs pelviennes, des douleurs lombaires dans la rééducation des post partum tandis que la Cochrane library le recommande dans le diagnostic de hernie (22,23).

Le thérapeute doit donc veiller à utiliser un test de rétraction des ischio-jambiers et non un test indiquant une souffrance quelconque.

Nous avons également observé plusieurs critères d'arrêt de mobilisation lors des tests. Certains auteurs décident d'arrêter la mobilisation passive lorsque le praticien perçoit une résistance, ou lorsque le patient perçoit une résistance. Pour d'autres, l'arrêt de la mobilisation se fait lorsque le praticien ou son assistant perçoit une bascule du bassin, ou un effacement de la lordose lombaire (24). Certaines études utilisent même plusieurs de ces critères (17,18).

Nous avons choisi pour notre étude le protocole de Perrin et Aurel (25) qui reprend un SLRT, où l'arrêt de la mobilisation se fait par une perception de la bascule du bassin au niveau de la lordose lombaire.

4. MATERIEL ET METHODE

4.1. Population

4.1.1. Opérateurs

Deux étudiants de troisième année dont un est l'auteur de ce mémoire, sont à tour de rôle testeur et assistant.

4.1.2. Population

Notre étude a porté sur 31 étudiants volontaires de l'ILFMK de Nancy, recrutés par appel puis invités à lire un formulaire de consentement leur présentant les objectifs de notre étude (Annexe II). Une explication orale des différentes étapes du protocole leur a été donnée avant la signature du formulaire. Ce document leur donne le droit de se retirer à tout moment de notre étude. Plusieurs critères d'exclusion sont définis. Les 31 volontaires ne présentent aucun antécédent traumatique, rhumatologique, pédiatrique ou neurologique au niveau de leurs membres inférieurs et de leurs complexes lombo-pelvi fémoraux. Les deux membres inférieurs de chaque étudiant ont été testés soit une population $N = 62$.

4.2. Matériel

Pour notre étude nous avons utilisé un inclinomètre de Rippstein. Il s'agit d'un instrument de mesure à une seule branche avec un cadran de 360° dont la graduation est divisée en $0^\circ-180^\circ-0^\circ$. Un repère est présent tous les 2 degrés sur le cadran. L'inclinomètre encore appelé plurimètre permet une mesure articulaire par rapport à la verticale, grâce à une aiguille lestée gardant toujours cette position et indiquant ainsi le nombre de degrés du mouvement recherché. Son cadran pivotant permet au praticien de régler la valeur de départ de son choix, tout en sachant que le cadran de cet appareil possède des encoches tous les 90° (26).

Nous nous sommes servi d'un smartphone avec l'application Clinometer®. Le smartphone est un iPhone 5s de la marque Apple® possédant un gyroscope à 3 axes (27). L'application Clinometer® est, après nos recherches sur le sujet, la seule disponible sur les systèmes d'exploitation d'Apple®, Google® et Microsoft® (6). Celle-ci présente un cadran de 360° dont la graduation est divisée de 0° à 90° . Elle permet comme le plurimètre une rotation de 90° du zéro. Cette application permet également une mise à zéro dans n'importe quelle direction, elle donnera alors une valeur angulaire pouvant aller jusqu'à 360° à partir de ce zéro. Elle permet un affichage des angles en pourcentage et en degrés jusqu'au dixième de degrés près. (28)



Figure 1. Application Clinometer® sur l'Iphone®

Nous avons aussi utilisé une table d'examen réglable en hauteur, un banc suédois et un dé à 8 faces.



Figure 2. Dé à 8 faces

4.3. Méthode

4.3.1. Pré-tests

Afin d'améliorer notre méthode, nous avons effectué une série de pré-tests portant sur neuf sujets.

4.3.2. Interrogatoire

Nous interrogeons le sujet sur son âge, son poids, sa taille, sur ses activités sportives et sur ses antécédents médicaux. Ces éléments sont notés sur une fiche d'informations, sur laquelle viendront s'ajouter les valeurs des mesures obtenues. (Annexe II)

4.3.3. Randomisation de la méthode

Nous décidons de désigner par un tirage au sort l'opérateur qui débutera les mesures et les conditions dans lesquelles il les débutera.

La présence de deux testeurs (A et B), deux appareils de mesure et deux membres inférieurs nous donne donc huit combinaisons *jambe-testeur-appareil de mesure*. Nous attribuons donc à chaque combinaison un chiffre de un à huit.

Tableau I. Combinaisons utilisées lors de la randomisation

Face du dé	Jambe	Testeur	Appareil de mesure
1	Jambe Droite	Testeur A	Smartphone
2	Jambe Droite	Testeur A	Inclinomètre
3	Jambe Droite	Testeur B	Smartphone
4	Jambe Droite	Testeur B	Inclinomètre
5	Jambe Gauche	Testeur A	Smartphone
6	Jambe Gauche	Testeur A	Inclinomètre
7	Jambe Gauche	Testeur B	Smartphone
8	Jambe Gauche	Testeur B	Inclinomètre

Le sujet lance alors le dé comprenant huit faces. La face ainsi obtenue indiquera quel testeur commence les mesures, sur quelle jambe et avec quel instrument.

4.3.4. Recherche du membre inférieur dominant

Plusieurs tests permettent de déterminer le membre inférieur dominant. Dans notre cas nous demandons au sujet de monter sur une marche. Le pied qui monte en premier sur la marche est considéré comme dominant.

4.3.5. Conditions d'examen

Plusieurs précautions sont prises lors de la réalisation de nos mesures. La salle de l'ILFMK, la table d'examen et l'éclairage de la salle utilisée furent identiques pour l'ensemble des mesures. La température ambiante était comprise entre 20,5° et 22,4°.

4.3.6. Installation du sujet

Une fois l'interrogatoire effectué, le dé lancé et le pied dominant déterminé nous invitons le sujet à s'installer en sous vêtements sur une table d'examen. Nous lui demandons

de s'allonger en décubitus strict, sans coussin sous la tête, le dossier de la table à l'horizontale, le regard et les patellas au zénith, les talons joints et les bras en chandelier. Les membres supérieurs du sujet sont placés en chandelier pour faciliter au testeur l'appréciation de la lordose lombaire.

4.3.7. Rôle de l'assistant

Comme décrit dans le protocole de Perrin et Aurel il se place du côté du membre à tester face au sujet. Avant de réaliser le test, il effectuera une vérification de la liberté articulaire de la coxo-fémorale en flexion sans mise en tension des ischio-jambiers.

Lors du test proprement dit, l'assistant effectuera trois prises sur le sujet. Tout d'abord le membre testé sera posé sur son épaule. Cela lui permettra d'élever le membre inférieur testé en se grandissant ou en abaissant la table, sans se fatiguer à porter le membre à bout de bras. Le tiers moyen du segment jambier en appui sur son épaule, l'assistant apposera une seconde prise avec la main, sur la face antérieure de la cuisse au niveau de son tiers inférieur afin d'éviter une flexion de genou par la mise en tension des ischio-jambiers.

La troisième prise se fait avec l'autre main sur la face antérieure de la cuisse controlatérale. Cette prise a pour but de limiter le mouvement de rétroversion du bassin en maintenant l'articulation coxo-fémorale controlatérale en extension (19)

L'action de l'assistant pendant le test sera donc de mettre la hanche en flexion en se grandissant, en appliquant une contre prise sur la cuisse controlatérale et en veillant à ce que le genou reste en extension.



Figure 3. Position de l'assistant lors de la mobilisation du membre inférieur

4.3.8. Rôle du testeur

Il est situé du côté controlatéral au membre testé. Il place une main au niveau de la lordose lombaire du patient pour apprécier le moment où celle-ci s'efface au cours du test. L'effacement de la lordose lombaire correspond à la compensation de la flexion de hanche par une bascule postérieure du bassin. C'est à l'instant précis, où le testeur perçoit la rétroversion, qu'il demande à l'assistant d'arrêter la mobilisation. Il procède alors à la mesure avec le plurimètre ou le smartphone.



Figure 4. Position du testeur et de l'assistant lors de la mesure

4.3.9. Mise à zéro de l'inclinomètre

La mesure de l'hypoextensibilité se fait en positionnant le plurimètre le long de la crête tibiale, juste en dessous de la tubérosité tibiale antérieure. Pour mettre l'inclinomètre à zéro nous le positionnons sur la crête tibiale du patient quand il est couché en décubitus et nous faisons pivoter le cadran de l'inclinomètre pour le mettre sur zéro. Le testeur veille à ce que le plurimètre soit dans un plan vertical.

4.3.10. Mise à zéro du Smartphone

Le smartphone se met à zéro de la même façon que le plurimètre. Une fois qu'il est positionné sur la jambe du sujet, nous appuyons sur l'écran sur une icône représentant un compas permettant la mise à zéro dans n'importe quelle position. De la même manière que pour le plurimètre, le testeur veille à ce que le téléphone reste dans un plan vertical.



Figures 5 et 6. Mise à zéro de l'inclinomètre (à gauche) et du smartphone (à droite)

Un calibrage de l'appareil peut être nécessaire. Il existe deux façons de calibrer l'appareil (28). La première est appelée « simple calibration », et se fait en posant n'importe quelle face de l'appareil sur une surface plane et en appuyant sur « calibrate ». Dans notre cas, nous choisissons cette calibration que nous réalisons avant chaque nouveau sujet, pendant que celui-ci remplit la fiche d'informations, en utilisant toujours le même mur de la pièce comme surface plane.

4.3.11. Mesures

4.3.11.1. Chronologie des mesures

Les deux étudiants sont à tour de rôle assistant ou testeur. Le lancer de dé décrit précédemment définit alors qui commence comme testeur et dans quelles conditions (tab. I).

Le testeur effectue donc une première mesure avec le premier instrument défini par le tirage au sort, puis il demande à l'assistant de reposer le membre avant de refaire une seconde fois la mesure avec le même appareil.

Une fois les deux mesures réalisées avec le même appareil, le testeur change d'appareil et effectue de la même manière deux mesures avec le deuxième instrument. Après avoir procédé aux mesures sur le premier membre inférieur le testeur change de membre.

Il exécute alors les mesures sur celui-ci en commençant avec le même appareil que sur le membre controlatéral et en réalise deux de la même façon avec chaque appareil.

Une fois les deux membres évalués par le testeur, celui-ci devient assistant et inversement. L'assistant devenu testeur procède alors de la même façon que le premier testeur. Il commence par le même membre avec le même appareil, et suit la même chronologie de mesure.

4.3.11.2. Consignes données au sujet

Il est demandé au sujet de se relâcher le plus possible ; aucun mouvement, aucune contraction ne sont demandés au sujet lors de la réalisation du test. Aucune consigne particulière n'a été donnée au sujet avant l'étude.

4.3.11.3. Mesures faites avec l'inclinomètre

La mise à zéro de l'inclinomètre est faite par le testeur préalablement à la mesure. Une fois la lordose lombaire effacée et la mobilisation arrêtée, le testeur positionne l'unique branche de l'inclinomètre le long de la crête tibiale du patient, en dessous de la tubérosité tibiale antérieure, de la même façon que lors de la mise à zéro. Le testeur tient l'inclinomètre à une seule main, en plaçant deux doigts de part et d'autre du cadran, plaquant ainsi la branche de l'appareil sur la crête tibiale du patient. L'assistant maintient le membre du sujet dans la même position le temps de la mesure. Le testeur place alors ses yeux en face du cadran, et lit la valeur indiquée par l'aiguille. Il note ensuite cette valeur sur la fiche d'informations du sujet sans la communiquer ni au sujet, ni à l'assistant, pendant que ce dernier repose le membre testé sur la table. Le testeur replace alors sa main sous la lordose lombaire du sujet pour débiter la prochaine mesure.

4.3.11.4. Mesures faites avec le smartphone

De la même manière que pour l'inclinomètre, le smartphone est mis à zéro avant la mesure. La mesure se fait en plaçant le smartphone au même endroit que l'inclinomètre. Le téléphone contrairement à l'inclinomètre ne possède pas de branche. Pour la mise à zéro et la mesure, le testeur place le flanc droit du téléphone le long de la crête tibiale. Le flanc droit étant complètement plan, le flanc gauche possédant des touches de réglage.

Le testeur veille à bien positionner le téléphone sur son flanc droit, dans un plan vertical en évitant de toucher l'écran et donc de modifier la mise à zéro. Il maintient le téléphone avec une main, son pouce sur la face avant de l'appareil, ses doigts 3, 4 et 5 sur la face arrière. Cela lui permet de verrouiller alors la valeur angulaire en appuyant avec son index sur un des deux boutons de réglage présent sur le flanc gauche. Une fois la mesure verrouillée sur l'écran, le testeur enlève le téléphone de la crête tibiale du sujet et demande à l'assistant de reposer le membre sur la table d'examen. Le testeur note alors la valeur affichée sur l'écran et déverrouille le cadran du smartphone en appuyant sur un des deux boutons de réglages du téléphone. Le cadran du téléphone est donc remis à zéro.

4.3.11.5. Prise de note des valeurs

Le premier testeur note directement ses valeurs sur la fiche de renseignements (Annexe II). Le second testeur quant à lui note ses valeurs sur une feuille séparée, avant de les renseigner sur la fiche une fois l'ensemble des mesures effectuées.

4.3.12. Méthode d'analyse statistique

Nous commençons par une analyse descriptive de notre population (âge, taille, poids, sexe..) en utilisant la moyenne et les écart-types pour la caractériser. Avec les valeurs obtenues par le testeur B lors des tests, nous faisons un test de Student pour comparer l'extensibilité des ischio-jambiers en fonction du sexe et du pied dominant. Nous calculons ensuite le coefficient de corrélation intra-classe (ICC) pour apprécier la reproductibilité de nos

mesures en intra et en inter-individu avec les deux instruments. Enfin pour savoir si un smartphone peut se substituer à un inclinomètre dans une mesure d'extensibilité des ischio-jambiers nous utilisons la représentation graphique de Bland et Altman.

5. RESULTATS

5.1. Caractéristiques de la population

Notre étude porte sur un total de 31 personnes, 16 femmes et 15 hommes. L'âge moyen de cette population est de $20,7 \pm 1,6$ ans et l'IMC moyen des participants est de $21,7 \pm 2,4$ kg/m². Nous testons les deux membres inférieurs de chaque sujet, notre population statistique est donc de N = 62.

68% des sujets (11 femmes et 10 hommes) pratiquent une activité physique hebdomadaire et 8 d'entre eux effectuent plus de 5h de sport par semaine. 74% des sujets (11 hommes et 12 femmes) ont un pied droit dit dominant.

L'extensibilité moyenne des ischio-jambiers de notre population est de $54,1 \pm 6,3^\circ$ avec l'inclinomètre et de $53,4 \pm 6,4^\circ$ avec le smartphone.

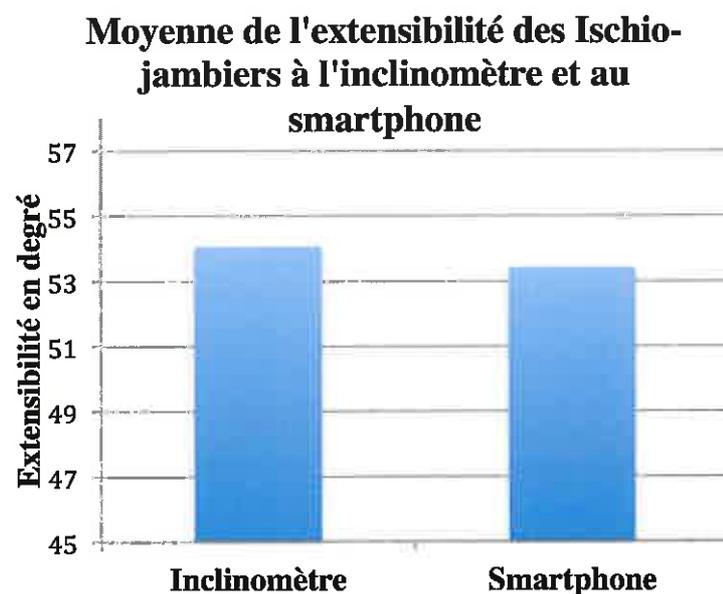


Figure 7. Moyenne de l'extensibilité des ischio-jambiers à l'inclinomètre et au smartphone

5.2. Comparaison de l'extensibilité en fonction du sexe et du pied dominant

Tableau 2. Résultats statistiques entre le sexe et l'extensibilité des ischio-jambiers

	Homme	Femme	p
Moyenne de l'extensibilité à l'inclinomètre	49,0 ± 4,3	57,6 ± 5,2	<0,001
Moyenne de l'extensibilité au Smartphone	49,5 ± 4,1	58,3 ± 5,0	<0,001

Après avoir réalisé un test de Student, nous constatons une différence significative ($p \leq 0,05$) entre l'extensibilité des hommes et des femmes. Les femmes ont une extensibilité des ischio-jambiers plus importante que les hommes.

Tableau 3. Résultats entre le pied (dominant / non dominant) et l'extensibilité des ischio-jambiers

	Pied dominant	Pied non dominant	p
Moyenne de l'extensibilité à l'inclinomètre	54,0 ± 6,5	54,1 ± 6,4	0,78
Moyenne de l'extensibilité au Smartphone	53,6 ± 6,7	53,2 ± 6,2	0,30

Le test de Student montre qu'il existe une différence non significative ($p \geq 0,05$) entre l'extensibilité des membres inférieurs dominants et celle des membres inférieurs non dominants.

5.3. Etude des reproductibilités inter- et intra-évaluateur

Le coefficient de corrélation intra-classe ou ICC nous permet d'évaluer la reproductibilité inter- et intra-évaluateur de notre test. Ce coefficient est compris entre 0 et 1. La valeur 0 indique une absence de reproductibilité tandis que la valeur 1 indique une reproductibilité parfaite.

A partir de l'ICC, l'Erreur Standard de Mesure (ESM) a été calculée. L'ESM permet de connaître l'erreur de mesure liée au testeur dans la valeur obtenue. Elle se calcule en multipliant l'écart type par la racine carrée de 1-ICC.

Une fois l'ESM calculée nous avons calculé le Changement Minimal Détectable (CMD). Il correspond au changement minimum de valeur d'une mesure qui ne peut être imputé à un autre facteur que le patient. Une variation de mesure en dessous de cette valeur ne peut être considérée comme un réel changement. Il se calcule en multipliant l'ESM par racine carrée de 2 que l'on multiplie par 1,96 pour un intervalle de confiance de 95%.

Tableau 4. Résultats ICC en intra- et inter-évaluateur pour les mesures effectuées à l'inclinomètre

	ICC	SEM (°)	CMD (°)
Intra-évaluateur (évaluateur A)	0,95 (0,92 ; 0,97)	1,33	3,69
Intra-évaluateur (évaluateur B)	0,97 (0,96 ; 0,98)	1,11	3,07
Inter-évaluateur	0,87 (0,79 ; 0,92)	2,22	6,17

Tableau 5. Résultats ICC en intra- et inter-évaluateur pour les mesures effectuées au smartphone

	ICC	SEM (°)	CMD (°)
Intra-évaluateur (évaluateur A)	0,96 (0,93 ; 0,97)	1,26	3,48
Intra-évaluateur (évaluateur B)	0,96 (0,93 ; 0,97)	1,29	3,59
Inter-évaluateur	0,86 (0,78 ; 0,91)	2,37	6,57

5.4. Etude de la concordance des deux outils de mesure

La représentation de Bland et Altman est utilisée pour étudier la concordance. En abscisse est représentée la moyenne de la moyenne de deux mesures avec l'inclinomètre avec celle de la moyenne de deux mesures avec le smartphone.

((moyenne mesure smartphone + moyenne mesure inclinomètre) /2). Nous utilisons des moyennes de mesures car nous sommes dans le cas de mesures répétées.

En ordonnée est représentée la différence de la moyenne des deux mesures à l'inclinomètre avec celle de la moyenne des deux mesures au smartphone.

(moyenne mesure inclinomètre – moyenne mesure smartphone)

Nous calculons ensuite le biais (d) ou moyenne des différences. Une valeur positive de ce biais indique une sous estimation de la mesure par le smartphone tandis qu'une valeur négative indique une sur estimation de la mesure par le smartphone. Nous calculons ensuite l'écart type des différences. Dans notre cas de mesures répétées sa formule est :

$$\sqrt{(Sd_3^2 + \frac{1}{4}Sd_2^2 + \frac{1}{4}Sd_1^2)}$$

Sd₁ représente l'écart type des différences des deux mesures à l'inclinomètre :
ECART TYPE (1° mesure inclinomètre – 2° mesure inclinomètre)

Sd_2 représente l'écart type des différences des deux mesures au smartphone :
 ECART TYPE (1° mesure smartphone – 2° mesure smartphone)

Sd_3 représente l'écart type des différences de la moyenne des deux mesures à l'inclinomètre avec celle de la moyenne des deux mesures au smartphone :
 ECART TYPE (moyenne mesure inclinomètre – moyenne mesure smartphone)

A partir de l'écart type des différences nous calculons les limites de concordance qui sont ($d + 2$ écart type) et ($d - 2$ écart type). Elles correspondent à l'intervalle dans lequel 95% des différences sont incluses. Nous rajoutons des limites d'acceptabilité de $+5^\circ$ et -5° . Cette valeur est fréquemment utilisée comme marge d'erreur en goniométrie (29).

5.4.1. Concordance des deux instruments pour le testeur A

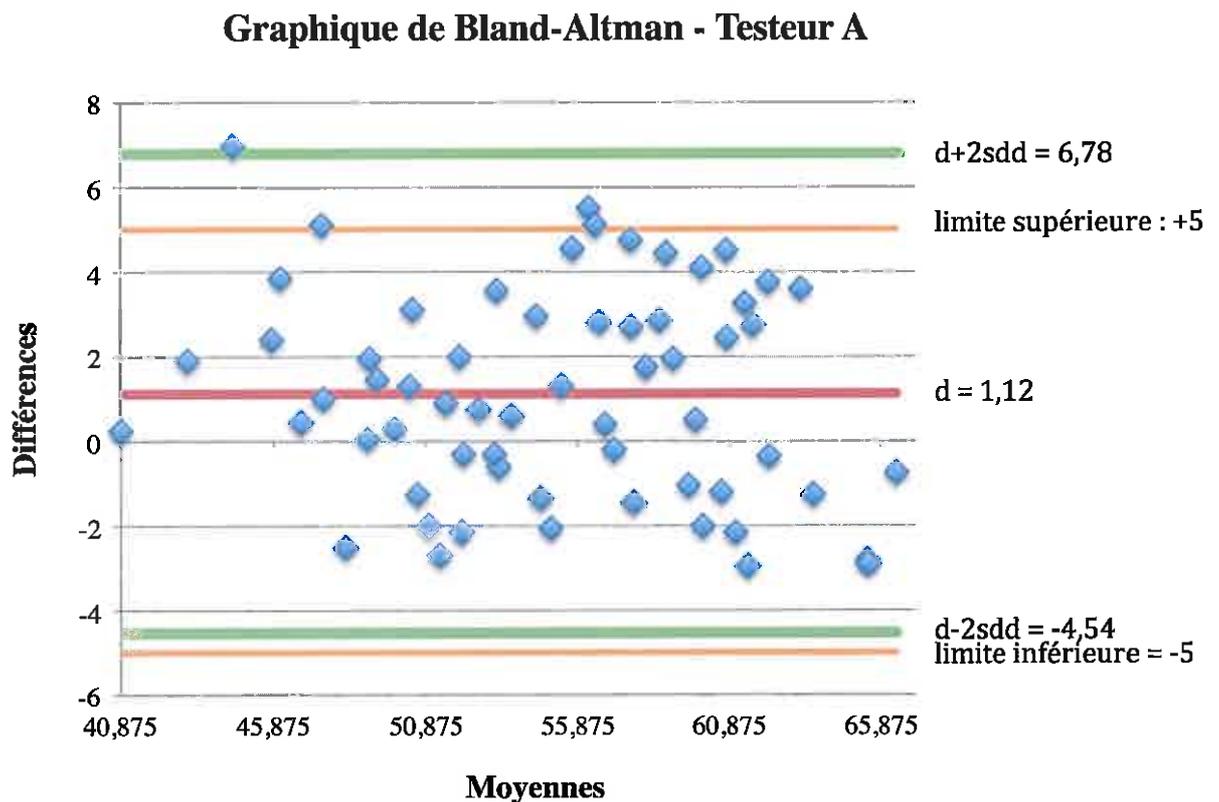


Figure 8. Représentation de Bland et Altman pour le testeur A

La moyenne des différences ou biais est de $1,1^\circ$. Cela indique donc que pour le testeur A, le smartphone sous estime la mesure de $1,1^\circ$. Les limites de concordance sont $+6,78$ et $-4,54$. Sur un ensemble de 62 membres inférieurs, 4 se situent en dehors des limites de d'acceptabilité définies de $+5$ et -5 . 93,55% des sujets ont donc une mesure concordante entre l'inclinomètre et le smartphone.

5.4.2. Concordances des deux instruments pour le testeur B

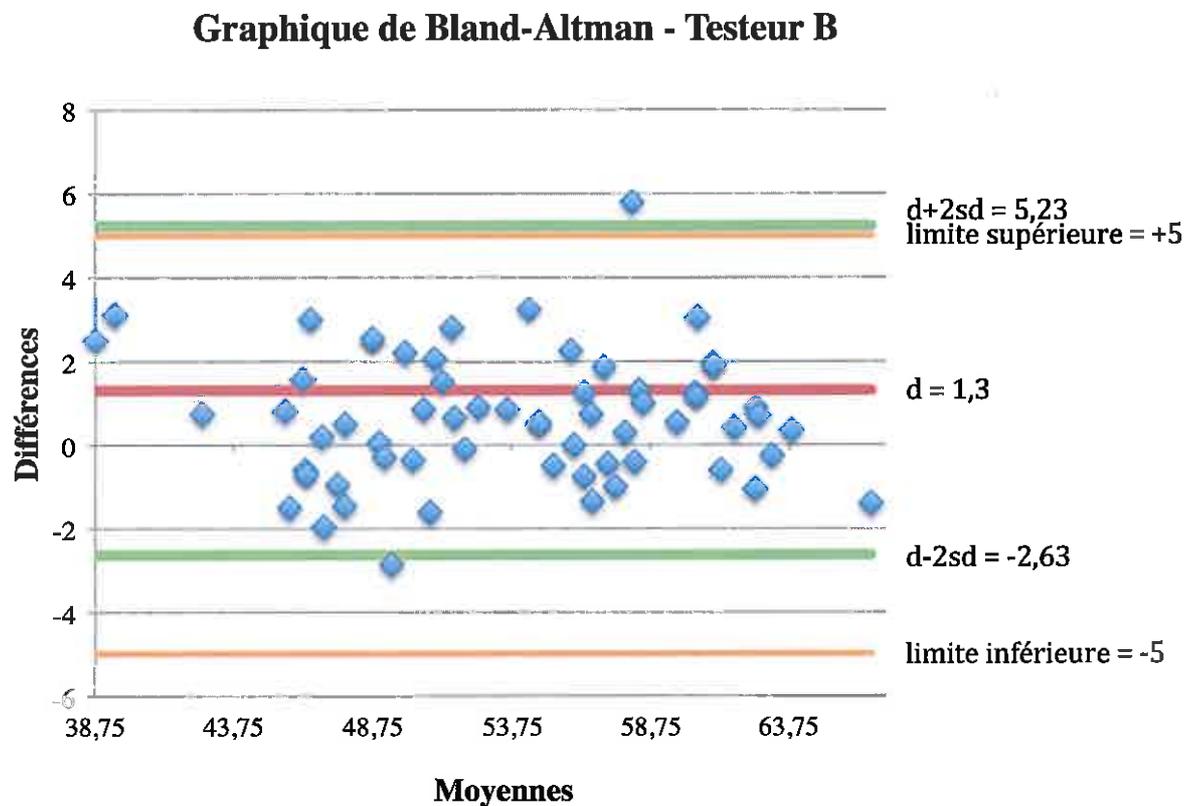


Figure 9. Représentation de Bland et Altman pour le testeur B

Le biais est de $1,3^\circ$. Pour le testeur B le smartphone sous estime donc la mesure de $1,3^\circ$. Les limites de concordances sont de $+5,23$ et $-2,63$. Un cas sur 62 se situe en dehors des limites définies arbitrairement de $+5$ et -5 . 98,39% des sujets ont donc une mesure concordante entre l'inclinomètre et le smartphone.

6. DISCUSSION

6.1. Analyse des résultats

Notre étude montre une bonne reproductibilité de la mesure avec le smartphone en inter- et en intra-évaluateur. Les valeurs obtenues sont comparables à celles du plurimètre. Pour les deux évaluateurs, une concordance existe entre le smartphone et le plurimètre.

Nous constatons également une extensibilité des ischio-jambiers plus importante chez les femmes que chez les hommes.

6.2. Critiques et améliorations possibles de l'étude

Nous pouvons critiquer la population utilisée pour l'étude. En effet, les 31 personnes qui ont participé à cette étude, sont des sujets jeunes, tous étudiants à l'IFMK de Nancy et sans antécédent médical. Il serait intéressant de refaire l'étude sur une population pathologique et non homogène.

Nous pouvons nous questionner sur l'hygiène lors de notre étude. En effet, à la différence de l'inclinomètre, le smartphone n'est pas utilisé que pour des mesures d'amplitudes. Plusieurs études montrent le fort potentiel contagieux d'un téléphone. Cette critique apparaît déjà dans une revue de littérature sur l'utilisation du smartphone en kinésithérapie (6). Une des solutions aurait pu être d'interposer un papier lingette entre le membre du sujet et le smartphone, ou encore de le désinfecter, avant et après chaque sujet, avec une solution contenant 70% d'alcool comme le préconise Brady (30). Les goniomètres ont un risque infectieux faible quand ils sont en contact avec une peau intacte. Ils sont donc considérés comme du matériel non critique et nécessitent alors une désinfection de bas niveau. Cette désinfection se fait avec un détergent-désinfectant (dD) pour sols, surfaces et mobilier. Le rythme de désinfection varie alors en fonction de la fréquence d'utilisation du goniomètre (31).

Après réflexion, l'étalonnage systématique du smartphone nous est apparu comme obsolète. En effet, la définition du zéro lors de la mesure s'effectue sur le segment jambier du patient et non par rapport à l'horizontale.

L'autre remarque que nous pouvons formuler sur notre étude, est que le test utilisé nécessite un testeur et un assistant. En effet, d'autres tests ne nécessitent la présence que d'un seul thérapeute : les tests de Li et de Hsieh présentent une bonne reproductibilité en inter- et en intra-testeur, mais leur description dans leur article respectif ne nous paraît pas assez précise et détaillée (24,32). Le protocole de Perrin et Aurel était le seul à être réellement explicite dans leur article et à présenter une bonne reproductibilité en intra et en inter-individu. Gajdosik présente lui aussi deux protocoles rigoureusement détaillés, mais il ne teste que la reproductibilité intra-testeur (18). Il serait intéressant de reprendre les protocoles de Gajdosik et de tester leur reproductibilité inter-testeur.

La répétition des mesures, 4 mesures par l'opérateur A puis 4 autres par l'opérateur B, dans un court intervalle de temps serait susceptible de créer un biais. La répétition de la mise en tension des ischio-jambiers pourrait augmenter leur extensibilité. Halberstma ne trouve de changement significatif de l'extensibilité des ischio-jambiers qu'après 10 étirements maximum successifs (33). Dans notre test nous ne sommes pas en étirement maximal et nous n'effectuons que 8 répétitions.

Enfin, nous pouvons considérer comme un biais éventuel le fait que le testeur ait connaissance de la valeur de la première mesure avant de faire le retest. Cela peut apparaître comme un biais, mais lorsqu'il ordonne l'arrêt de la mobilisation à l'assistant, il n'a pas de connaissances chiffrées de la valeur angulaire lors de cette mobilisation. L'assistant s'arrête et à ce moment précis le testeur effectue la mesure. La présence d'une 3^{ème} personne qui aurait officié en tant que lecteur, n'aurait pas permis de diminuer le biais, car le testeur aurait quand même aperçu la mobilisation du membre par l'assistant. Nous aurions toutefois pu masquer la vue du testeur pour être sûr que la consigne d'arrêt de la mobilisation ne soit donnée que par la palpation de l'index lombaire.

6.3. Analyse clinique des résultats

Le but premier de cette étude est d'essayer de démontrer qu'un smartphone peut se substituer à un inclinomètre dans la mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers.

Les femmes sont significativement moins rétractées que les hommes conformément à ce que nous retrouvons dans la littérature (34,35). Une étude démontrerait cependant que cet écart serait dû à une différence de tolérance à l'étirement, même si dans notre cas nous n'allions pas dans des amplitudes maximales (36).

Nous constatons également que nos valeurs moyennes sont inférieures aux valeurs considérées comme normales par Kendall. Un angle de 80° entre la table et la jambe est considéré comme une valeur normale dans la 5^{ème} et dernière version du livre de Kendall datant de 2005 (19). Dans la deuxième édition de 1974, nous retrouvons une amplitude de 80-85° considérée comme normale, et une amplitude inférieure à 50° comme « un défaut d'extensibilité important des ischio-jambiers » (37). En 30 ans, la valeur de 50° a disparu, et la norme est passée de 80-85° à 80°. Aurel et Perrin, dont nous avons repris le protocole trouvaient une moyenne de 68° pour une population plus importante (N=128). Ces différences pourraient s'expliquer par le critère d'arrêt (index lombaire) utilisé lors de la mesure, ou encore par la réalisation de la mesure en tant que bilan, sans que celle-là ne soit précédée d'un échauffement (25). Mais au vu des changements apportés à l'ouvrage en 30 ans nous nous demandons si la sédentarisation de l'Homme, ainsi que le changement d'attitude au travail avec une station assise prolongée pourrait expliquer ces différences. Selon l'INPES (Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé), 21,4% des Français observent un comportement sédentaire plus de 8h par jour (38). Il pourrait être intéressant de redéfinir des normes sur une population conséquente, hétérogène en y incluant un critère de sédentarité.

Au vu des coefficients de corrélation, nous avons une reproductibilité de la mesure en intra- et inter-observateur pour le smartphone quasi identique à celle de l'inclinomètre. On retrouve des erreurs standard de mesure et des changements minimaux détectables très proches pour les deux appareils. De plus, les représentations de Bland et Altman montrent une

bonne concordance entre ces deux outils avec un biais inférieur à 2° pour les deux testeurs. Nous pouvons cependant noter une meilleure concordance pour le testeur B, dont les limites de concordance sont de l'ordre de -3° à 6°, alors qu'elles sont de l'ordre de -5° à 7° pour le testeur A.

Ces résultats se retrouvent dans la continuité des autres études sur la goniométrie par smartphone. En effet, les reproductibilités trouvées dans la littérature sont du même ordre. Seules les mesures faites sur les amplitudes de genoux, de coudes et de segments thoraciques présentent des reproductibilités supérieures (6). Nous pouvons donc dire qu'un Iphone5s® doté de l'application Clinometer® donne la possibilité au masseur-kinésithérapeute de l'utiliser pour déterminer l'extensibilité des ischio-jambiers.

Nombreuses sont les études qui concluent sur le fait que le smartphone peut remplacer un outil de mesure plus conventionnel (6). Devant la multitude de terminaux disponibles sur le marché, et le nombre d'applications disponibles, nous ne nous avancerons pas à conclure que tous les smartphones peuvent se substituer à un inclinomètre dans la mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers. Il serait intéressant de voir la fiabilité des capteurs des différents terminaux avec différentes applications. Malgré tout, les très fortes reproductibilités trouvées dans différentes études avec différents téléphones et différentes applications pourraient nous laisser penser à un niveau de technologie proche dans ces appareils (6).

Le smartphone, malgré un prix d'achat élevé peut se présenter comme une alternative sérieuse à l'inclinomètre de par sa popularité. Ainsi, plus d'un Français sur deux possédait un smartphone au deuxième trimestre 2014 d'après les chiffres de la Mobile Marketing Association France (MMAFrance) (39). L'application utilisée pour notre étude est quant à elle très bon marché. Son prix de revient est inférieur à 2€ sur le téléphone utilisé dans notre étude, tandis qu'elle est gratuite sur d'autres. L'inclinomètre utilisé dans cette étude coûte plus d'une centaine d'euros (40).

L'utilisation du smartphone en kinésithérapie peut s'avérer utile dans d'autres domaines que celui de la goniométrie. Le téléphone peut trouver son utilité dans l'éducation

thérapeutique de patients atteints de pathologies chroniques telles que l'asthme, le diabète ou la surcharge pondérale (41–43). L'évaluation de la condition physique et le réentraînement à l'effort peuvent également être assistés par smartphone (44). Ces études montrent un réel apport de la technologie mobile dans le réentraînement à l'effort, dans la gestion de la glycémie à long terme et dans l'accompagnement des personnes obèses lors d'un régime spécifique. Son apport dans le suivi de l'asthme n'est pas démontré pour l'instant.

Il nous faut cependant pondérer les nombreux avantages que présente le smartphone dans la pratique de la masso-kinésithérapie. Le défaut souligné à plusieurs reprises dans les études était l'hygiène, mais nous pouvons nous questionner quant au devenir de toutes les données traitées par nos téléphones. Ainsi Bloomberg, la célèbre agence de presse économique américaine, rapportait qu'Apple aurait approché plusieurs compagnies d'assurances pour évoquer des changements de contrats en fonction des données collectées par son application de santé Health (45). En France, Axa© offre déjà à ses nouveaux clients un podomètre qui se connecte à leur smartphone, et récompense ceux réalisant un minimum de 7000 pas par jour pendant un mois (46). Dans notre cas, aucune information personnelle n'a été renseignée sur le téléphone mais qu'en est-il des nombreuses autres applications ?

7. CONCLUSION

Le smartphone est un objet onéreux, mais très largement répandu dans la population française. Sa disponibilité et les nombreuses possibilités qu'il offre font de lui un véritable outil professionnel pour le masseur kinésithérapeute.

Nous voulions savoir si un smartphone pouvait se substituer à un inclinomètre dans la réalisation d'un test d'extensibilité des ischio-jambiers. La bonne concordance des deux appareils obtenue par les deux testeurs, et les reproductibilités inter- et intra-évaluateur proches pour les deux outils, nous laissent penser qu'il est possible d'utiliser cet appareil pour ce type de bilan.

Nos résultats sont en adéquation avec les nombreuses études existantes sur le sujet. Le smartphone équipé d'une application d'inclinométrie se présente donc comme une alternative sérieuse aux autres instruments de mesure articulaire.

La démocratisation de ce type d'appareil et de la technologie mobile portative en général (smartphones, tablettes numériques, montres connectées) nous amènent à imaginer d'autres perspectives de bilans et de traitements dans notre pratique professionnelle. Nous espérons que les masseurs kinésithérapeutes s'intéresseront à ces technologies futures en veillant cependant au bon respect de l'hygiène et du secret professionnel.

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

BIBLIOGRAPHIE

1. HAS SANTE. Le dossier du patient en masso-kinésithérapie. Mars 2000. [page consultée le 9 Oct 2014]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/coif_rot_rap.pdf
2. Décret n° 2000-577 du 27 juin 2000 modifiant le décret n° 96-879 du 8 octobre 1996 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession de masseur-kinésithérapeute. 2000-577 juin, 2000.
3. ROYER A, CECCONELLO R. Bilans articulaires cliniques et goniométriques. Généralités. *Kinesither Méd Phys Réadapt.* 2004;(26-008-A-10):1-7.
4. VIEL E, TRUDELLE P. La « boîte à outils » des instruments de mesure et d'évaluation. *Ann Kinésithér.* 2001;28(8):373-8.
5. VAILLANT J. Les qualités des instruments de mesure en kinésithérapie. *Kinésithérapie Sci.* 2004;(444):43-4.
6. MILANI P, COCETTA CA, RABINI A, SCIARRA T, MASSAZZA G, FERRIERO G. Mobile Smartphone Applications for Body Position Measurement in Rehabilitation: A Review of Goniometric Tools. *PM&R.* 2014;6(11):1038-43.
7. FFMKR. Le BDK, votre réflexe gagnant? [page consultée le 12 Fév 2014]. Disponible sur: http://www.ffmkr.org/_upload/ressources/divers/bdk_2014.pdf
8. GEDDA M. Atelier de décision kinésithérapique : un espace de progression collective. *Kinésithérapie Rev.* 2014;14(145):26-30.
9. DUFOUR M, PILLU M. *Biomécanique fonctionnelle: Membres-Tête-Tronc.* Elsevier Masson; 2007. 594 p.
10. BONNEL F, MARC T. *Le muscle, nouveaux concepts: Anatomie, biomécanique, chirurgie, rééducation.* Sauramps médical; 2009. 559 p.
11. PLAS F, VIEL E, BLANC Y. *La marche humaine: kinésiologie dynamique, biomécanique et pathomécanique.* Masson; 1989. 150 p.
12. DROMZEE C. *Morphologie des muscles ischio-jambiers internes : concentration des structures tendineuses et conjonctives intra-musculaires.* Ecole de cadre de kinésithérapie de Bois Larris; 1980 p. 9.
13. KAPANDJI AI. *Anatomie fonctionnelle: Tome 2 - Membre inférieur.* Maloine; 2009. 308 p.

14. BIBRE P, VOISIN P, VANVELCENAHER J. Ischio-jambiers et lombalgies chroniques. *Ann Kinésithér.* 1997;24(7):328–34.
15. HARTIG DE, HENDERSON JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med.* 1999;27(2):173–6.
16. EKSTRAND J, GILLQUIST J. The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *Am J Sports Med.* 1982;10(2):75–8.
17. AYALA F, SAINZ DE BARANDA P, DE STE CROIX M, SANTONJA F. Criterion-related validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility in professional futsal players. *Phys Ther Sport.* 2011;12(4):175–81.
18. GAJDOSIK RL. Comparison of Four Clinical Tests for Assessing Hamstring Muscle Length. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(5):614–8.
19. KENDALL FP, MCCREARY EK, PROVANCE PG. *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain.* 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2005. 560 p.
20. MAYORGA-VEGA D, MERINO-MARBAN R, VICIANA J. Criterion-Related Validity of Sit-and-Reach Tests for Estimating Hamstring and Lumbar Extensibility: a Meta-Analysis. *J Sports Sci Med.* 2014. 20;13(1):1–14.
21. DIXON JK, KEATING JL. Variability in Straight Leg Raise Measurements: Review. *Physiotherapy.* 2000;86(7):361–70.
22. HAS SANTE. rééducation dans le cadre du post-partum. Décembre 2002. [page consultée le 9 Oct 2014] Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/post_partum_rap.pdf
23. VAN DER WINDT DA, SIMONS E, RIPHAGEN II, AMMENDOLIA C, VERHAGEN AP, LASLETT M, ET AL. Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* John Wiley & Sons, Ltd; 1996 [consulté le 23 Sep 2014]. Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD007431.pub2/abstract>
24. HSIEH C-Y, WALKER JM, GILLIS K. Straight-Leg-Raising Test Comparison of Three Instruments. *Phys Ther.* 1983 1;63(9):1429–33.
25. PERRIN A, AUREL C, PETITDANT B, ROYER A. Extensibilité des ischio-jambiers : reproductibilité intra et inter-testeur d'un test inspiré de Kendall. *Ann Kinésithér.* 2003;16:30–7.
26. RIPPSTEIN J. Le Plurimètre-V64, un nouvel instrument de mensuration. *Ann. De kinésithérapie,* 1983, 10, p. 37 - 45. *Ann Kinésithérapie.* 1983;(10):37 – 45.

27. APPLE. [page consultée le 14 Oct 2014]. Disponible sur: <http://www.apple.com/fr/>
28. CLINOMETER | plaincode. [page consultée le 14 Oct 2014]. Disponible sur: <http://www.plaincode.com/products/clinometer/>
29. DUFOUR M. Examen clinique articulaire et bilan. EMC - Kinésithérapie - Médecine Phys - Réadapt. 2007;3(4):1-22.
30. BRADY RRW, VERRAN J, DAMANI NN, GIBB AP. Review of mobile communication devices as potential reservoirs of nosocomial pathogens. *J Hosp Infect.* 2009;71(4):295-300.
31. PLANCHE MA. La désinfection du matériel de masso-kinésithérapie : les généralités (1). *KinéR.* 2006;(45):157-64.
32. LI Y, MCCLURE PW, PRATT N. The Effect of Hamstring Muscle Stretching on Standing Posture and on Lumbar and Hip Motions During Forward Bending. *Phys Ther.* 1996 1;76(8):836-45.
33. HALBERTSMA J, MULDER I, GOEKEN L, EISMA W. Repeated passive stretching: acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstring. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80:407-14.
34. LOPEZ-MIÑARRO PA, ANDUJAR PS DE B, RODRÍGUEZ-GARCÍA PL. A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *J Sports Sci Med.* 2009 ;8(1):116-22.
35. BLACKBURN JT, RIEMANN BL, PADUA DA, GUSKIEWICZ KM. Sex comparison of extensibility, passive, and active stiffness of the knee flexors. *Clin Biomech.* 2004;19(1):36-43.
36. MARSHALL PW, SIEGLER JC. Lower hamstring extensibility in men compared to women is explained by differences in stretch tolerance. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014 7;15:223.
37. KENDALL H, KENDALL F, WADSWORTH G. Les muscles : Bilan et étude fonctionnelle. 2e ed. Maloine; 1974.
38. INPES. Baromètre santé nutrition 2008. [page consultée le 22 Mar 2015]. Disponible sur: <http://www.inpes.sante.fr/Barometres/barometre-sante-nutrition-2008/pdf/activite-physique.pdf>
39. MOBILE MARKETING ASSOCIATION FRANCE. Baromètre marketing mobile. 2014 [page consultée le 15 Oct 2014]. Disponible sur: <http://www.mmaf.fr/sites/default/files/CP/CP%20Baromètre%20Mobile%20Marketing%20Association%20France%20Sept%202014.pdf>

40. PLURIMETRE DE RIPPSTEIN. [page consultée le 25 Mar 2015] Disponible sur: <http://www.promokine.com/plurimetre-de-rippstein.html>
41. PRETLOW RA, STOCK CM, ALLISON S, ROEGER L. Treatment of Child/Adolescent Obesity Using the Addiction Model: A Smartphone App Pilot Study. *Child Obes.* 2015 Mar 11 [consulté le 23 Mars 2015]; Disponible sur: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/chi.2014.0124>
42. MARCANO BELISARIO JS, HUCKVALE K, GREENFIELD G, CAR J, GUNN LH. Smartphone and tablet self management apps for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* John Wiley & Sons, Ltd; 1996 [page consultée le 23 Sep 2014]. Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD010013.pub2/abstract>
43. HUNT CW. Technology and diabetes self-management: An integrative review. *World J Diabetes.* 2015 15;6(2):225–33.
44. BORT-ROIG J, GILSON N, PUIG-RIBERA A, CONTRERAS R, TROST S. Measuring and Influencing Physical Activity with Smartphone Technology: A Systematic Review. *Sports Med.* 2014;44(5):671–86.
45. SATARIANO A. Wear This Device So the Boss Knows You're Losing Weight. *Bloomberg.com.* [page consultée le 23 Mar 2015]. Disponible sur: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-08-21/wear-this-device-so-the-boss-knows-you-re-losing-weight>
46. REGLEMENT OPERATION "PULSEZ VOTRE SANTE AVEC AXA". [page consultée le 25 Mar 2015] Disponible sur: https://www.axa.fr/content/dam/axa/desktop/sante-prevoyance/documents/reglement_withings_20140430.pdf

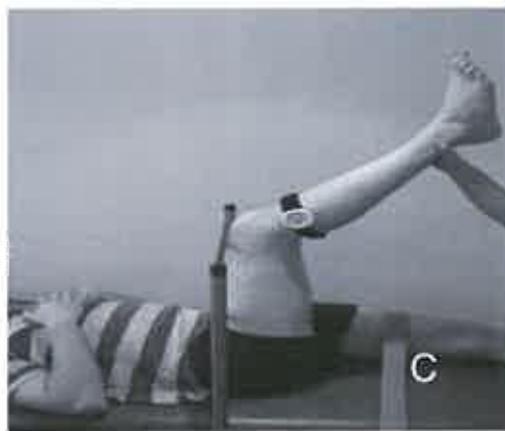
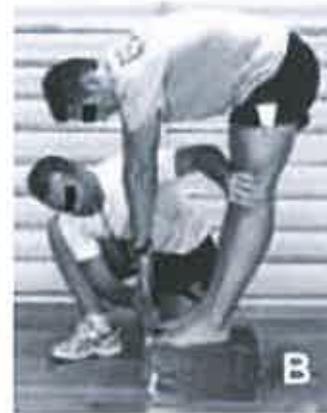
ANNEXES

ANNEXE I : Les différents tests de rétraction des ischio-jambiers

ANNEXE II : Formulaire de consentement et fiche de renseignements

ANNEXE III : Base de données Excel®

ANNEXE I : Les différents tests de rétraction des ischio-jambiers



A. Sit and reach test Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Santonja F. Criterion-related validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility in professional futsal players. *Phys Ther Sport.* 2011;12(4):175–81.

B. Distance doigt-sol Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Santonja F. Criterion-related validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility in professional futsal players. *Phys Ther Sport.* 2011;12(4):175–81.

C. Passiv knee extension O'Sullivan K, Murray E, The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders.*(10) 37.2009

D. Straight leg raising test Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain.* 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2005. 560 p.

ANNEXE II : Formulaire de consentement et fiche de renseignements

Etude sur l'utilisation du smartphone comme outil de mesure en kinésithérapie

Formulaire d'information

Madame, Monsieur,

L'avancée des nouvelles technologies, la miniaturisation de ces technologies ainsi que la place prépondérante prise par le smartphone dans notre société nous amène à vouloir savoir s'il nous est possible de substituer un outil de mesure (un inclinomètre) par un smartphone lors de la réalisation d'un test d'hypoextensibilité des ischio-jambiers décrit par Kendall, encore appelé Straight Leg Raising test.

Afin de vérifier la reproductibilité de cet outil lors de la réalisation de ce test, nous vous proposons de mesurer l'hypoextensibilité de vos ischio-jambiers.

Pour cela, nous réaliserons le test avec un inclinomètre classique et un smartphone sur vos deux membres inférieurs par deux testeurs.

Vous consentez à participer librement à cette étude et à avoir la possibilité de quitter celle-ci à tout moment.

Formulaire de consentement

Je, soussigné(e), M, Mme _____ né(e) le / /

→ Après avoir reçu et compris l'ensemble des renseignements précisant les conditions de déroulement de cette étude

→ J'ai eu un temps de réflexion suffisamment long avant de donner mon aval

→ J'accepte de participer de manière libre et volontaire à cette recherche

→ J'ai connaissance de la possibilité de pouvoir arrêter cette étude à tout moment

Je donne mon consentement pour participer à cette étude

Fait à _____ le / /

Signature de l'investigateur

signature du volontaire, précédée
de la mention *lu et approuvé*

ANNEXE II (suite)

Fiche de recueil de données

Date / heure / température de la pièce :

N° d'anonymat :

Tel :

Nom :

Prénom :

Sexe :

Âge :

Taille (en m) :

Poids (en Kg) :

Antécédents traumatique, rhumatologique, pédiatrique ou neurologique au niveau des MI et du complexe lombo-pelvi fémoral :

Oui

Non

Pied dominant lors du test :

Numéro sortant au lancé de dé :

Activités sportives :

Type de sport :

Nombre d'heures par semaine :

Jambe DROITE OU GAUCHE (entourer)

	Inclinomètre		Smartphone	
	1 ^{ère} mesure (°)	2 ^{ème} mesure (°)	1 ^{ère} mesure (°)	2 ^{ème} mesure (°)
Testeur A				
Testeur B				

Jambe DROITE OU GAUCHE (entourer)

	Inclinomètre		Smartphone	
	1 ^{ère} mesure (°)	2 ^{ème} mesure (°)	1 ^{ère} mesure (°)	2 ^{ème} mesure (°)
Testeur A				
Testeur B				

ANNEXE III (suite)

	IA1	IA2	IA	SA1	SA2	SA	GA1	GA2	GA	IB1	IB2	IB	SB1	SB2	SB
moyenne	55,7419355	55,5806452	55,6612903	54,5532278	54,5258033	54,53951610	53,8257097	54,2503125	54,0442161	53,3558774	53,470656	53,4158225	53,4158225	53,4158225	53,4158225
médiane	56 [*]	56	56,5 [*]	55	54,65	54,3	54	55	55	54,05	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5
écart type	5,99982372	5,9631337	5,80065178	6,3000675	6,25029332	6,231476875	6,36577835	6,43003254	6,87328175	6,46258921	6,53592223	6,43006932	6,43006932	6,43006932	6,43006932
min			41			40,75			40						37,5
max			66			66,5			66						67,4

	âge	taille	poids	IMC	T°
moyenne	20,7419355	1,73483871	65,5806452	21,69598873	21,57419355
écart type	1,61889948	0,07595818	10,337816	2,405687764	

LEGENDE

N° = numéro d'anonymat

ATCD = antécédents : 0 non ; 1 oui

Dominant = pied dominant lors du test 0 = non ; 1 = oui

1er testé = le premier pied testé 0 = non ; 1 = oui

Age = en années

Sexe = 0 femme ; 1 homme

Taille = en m

Poids = en Kg

IMC = poids / taille²

Numéro dé = numéro obtenu lors du lancé de dé (de 1 à 6)

Sport = 0 non ; 1 oui

Plus 5h = 0 non ; 1 oui

IA1 1ère mesure réalisée par le testeur A avec l'inclinomètre

IA2 2ème mesure réalisée par le testeur A avec l'inclinomètre

IA moyenne des 2 mesures à l'inclinomètre par le testeur A

SA1 1ère mesure réalisée par le testeur A avec le smartphone

SA2 2ème mesure réalisée par le testeur A avec le smartphone

SA moyenne des 2 mesures au smartphone par le testeur A

IB1 1ère mesure réalisée par le testeur B avec l'inclinomètre

IB2 2ème mesure réalisée par le testeur B avec l'inclinomètre

IB moyenne des 2 mesures à l'inclinomètre par le testeur B

SB1 1ère mesure réalisée par le testeur B avec le smartphone

SB2 2ème mesure réalisée par le testeur B avec le smartphone

SB moyenne des 2 mesures au smartphone par le testeur B

T° = température ambiante lors des tests