

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR  
MARC-OLIVIER ST-PIERRE

NOUVELLE APPROCHE DE QUANTIFICATION POUR DEUX TESTS PROPRES  
À L'ARTICULATION COXO-FÉMORALE : ÉTUDE DE VALIDITÉ

AOÛT 2018

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**  
**MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE**

**Ce mémoire a été dirigé par :**

Karine Boivin, Ph. D. directeur de recherche, grade	Université du Québec à Trois-Rivières Rattachement institutionnel
Stéphane Sobczak, PT, MSc, Ph. D. codirecteur de recherche, grade	Université du Québec à Trois-Rivières Rattachement institutionnel

**Jury d'évaluation du mémoire :**

Karine Boivin, Ph. D. Prénom et nom, grade	Université du Québec à Trois-Rivières Rattachement institutionnel
Paul Allard, Ph. D. Prénom et nom, grade	Université de Montréal Rattachement institutionnel
André Bussièrès, Ph. D. Prénom et nom, grade	Université du Québec à Trois-Rivières Rattachement institutionnel

## RÉSUMÉ

**Introduction :** Les tests du signe du pincement (SP) et de flexion adduction rotation interne (FADIR) sont habituellement utilisés comme des tests à provocation de douleur (mesures dichotomiques) lors l'évaluation de l'articulation coxo-fémorale (de la hanche). Toutefois, les cliniciens revendiquent l'importance des mesures quantifiées dans l'évaluation des différents problèmes liés à cette articulation.

**Objectif :** Valider l'approche de quantification pour les deux tests cités précédemment (IS et FADIR).

**Méthodologie :** Vingt participants (50% femmes,  $24,0 \pm 2,1$  années) n'ayant aucune douleur au membre inférieur ou au niveau lombaire ont été recrutés. Trois juges inexpérimentés dans ce type test ont évalué chaque participant sur deux sessions espacées d'une journée. Une application de boussole intégrée à un téléphone intelligent a permis de récolter les mesures d'amplitude en rotation internes lors de ces deux tests. L'analyse statistique était composée des coefficients de corrélation intra-classe (CCI), des erreurs standard de mesure ( $S_E$ ) et des différences minimales détectables (DMD) ainsi que l'influence du genre, du niveau de pratique et des sessions sur ces qualités psychométriques.

**Résultats :** Les CCI pour la fidélité intra- et inter-évaluateur étaient de 0,80 et 0,70 pour le test de SP et de 0,70 et 0,40 pour le test de FADIR respectivement. Aucune influence ne fut observée pour le sexe, le niveau de pratique des juges et les sessions. Les  $S_E$  se situaient entre 8 et 12° (DMD : 23 et 34°) pour le test de SP et entre 8 et 16° (DMD : 23 et 45°) pour le test de FADIR.

**Conclusion :** La bonne fidélité intra-évaluateur et le niveau acceptable des valeur de  $S_E$  suggère que l'utilisation de la boussole intégrée représente un outil adéquat pour ce type de quantification. Toutefois, la grandeur des DMD montre que cette approche manque de sensibilité. Dernièrement, le manque de fidélité inter-évaluateur pour les deux tests suggère qu'une augmentation de la standardisation de ces techniques manuelles pourrait être bénéfiques.

**Mots-clés :** hanche, évaluation, amplitude de mouvement, téléphone intelligent, fidélité,  $S_E$ , DMD

## ABSTRACT

**Background:** The impingement Sign (IS) and Flexion Adduction Internal Rotation (FADIR) tests are typically used as pain provocation tests (dichotomous measures) for hip assessment. However, clinicians claimed the importance of quantitative measure to monitor joint troubles.

**Purpose:** To validate a quantification approach of the IS and FADIR tests.

**Methods:** Twenty participants (50% females,  $24.0 \pm 2.1$  years) without lower limb or back pain were recruited. Three inexperienced testers evaluated each participant during two sessions, one day apart. A built-in smartphone compass application (SCA) was used to obtain the internal rotation range of motion (ROM) in both tests. Statistical analyses included ICC for intra- and inter-rater reliability, standard errors of measurement (SEM), minimal detectable differences (MDD), and influence of gender, rater practice and between-session on these psychometric qualities.

**Results:** ICC for intra- and inter-rater reliabilities were 0.80 and 0.70 for the IS test and 0.75 and 0.40 for the FADIR test. No influences on reliability were observed for gender, rater practice and session. The SEMs ranged from 8 to  $12^\circ$  (MDD: 23 to  $34^\circ$ ) for the IS test and from 8 to  $16^\circ$  (MDD: 23 to  $45^\circ$ ) for the FADIR test.

**Conclusion:** The good intra-rater reliability and acceptable SEM values suggest that SCA is an adequate tool for clinicians to quantify those tests. However, the size of the MDD

values suggests that the approach lacks sensitivity. Lastly, the moderate to poor inter-rater reliability for the IS and FADIR test suggest that increasing standardization in manual techniques would be beneficial.

**Keywords:** Hip, Assessment, Range of motion, Smartphone, Reliability, SEM, MDD

# TABLES DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>PROBLÉMATIQUE</b> .....	<b>14</b>
<b>RECENSION DES ÉCRITS</b> .....	<b>20</b>
<b>Fidélité et validité de la mesure</b> .....	<b>20</b>
Les types de fidélité .....	21
L'erreur de mesure .....	23
Évaluation de la fidélité .....	24
L'interprétation des coefficients de corrélation intra-classe (CCI) .....	25
L'erreur-type de mesure (SE) et la différence minimale détectable (DMD).....	26
<b>Anatomie coxo-fémorale ou de la hanche</b> .....	<b>29</b>
L'acétabulum et la tête fémorale, parfaitement congruents ?.....	29
<b>Le conflit fémoro-acétabulaire (CFA)</b> .....	<b>32</b>
Les types.....	32
L'épidémiologie .....	33
<b>Mécanismes développementaux</b> .....	<b>36</b>
Fréquence et type de mouvements .....	36
Le volume de pratique.....	37
Croissance osseuse et pratique d'une discipline sportive à haut risque d'un CFA .....	37
<b>Aspects cliniques du CFA</b> .....	<b>39</b>



Portrait clinique .....	39
Évaluation clinique .....	41
Imagerie médicale.....	47
Traitements (conservateur et non-conservateur) .....	49
<b>Conclusion.....</b>	<b>50</b>
<b>Validation of a quantification approach for the assessment of two usual clinical tests for hip pain management using a built-in smartphone compass application .....</b>	<b>53</b>
<b>DISCUSSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>75</b>
Forces et limites .....	79
<b>Perspectives futures et conclusion.....</b>	<b>80</b>
<b>Références .....</b>	<b>lxxxiii</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>xc</b>
Annexe 1 - Certificat éthique (N° du certificat : CER-17-236-07.16) .....	xc
Annexe 2 - Questionnaire téléphonique .....	xcii
Annexe 3 - Critères d'inclusions et d'exclusions .....	xcv
Annexe 4 - Affiche informative.....	xcvi
Annexe 5 - Courriel confirmant la réception de la soumission de l'article.....	xcvii

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Mesures de sensibilité et de spécificité liées aux tests de provocation de douleur .....	16
Tableau 2 : Mesures de sensibilité et de spécificité liées aux manoeuvres de rotation interne .....	46
Tableau 3 : Comparaison de trois différents types de vues utilisées en radiologie.....	49

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Vue antérieure de l'articulation coxo-fémorale.....	30
Figure 2: Vue transverse supérieure de l'effet de type came.....	32
Figure 3 : Vue transverse supérieure de l'effet de type tenaille .....	33

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

CCI : Coefficient de corrélation intra-classe

CFA : Conflit fémoro-acétabulaire

DMD : Différence minimale détectable

FABER : Flexion abduction rotation externe (*external rotation*)

FADIR : Flexion adduction rotation interne (*internal rotation*)

IRM : Imagerie par résonance magnétique

S<sub>E</sub> : Erreur type de mesure

VPP : Valeur prédictive positive

VPN : Valeur prédictive négative

## REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer mes remerciements les plus sincères à ma directrice de recherche, la professeure Karine Boivin, ainsi qu'à mon co-directeur, le professeur Stéphane Sobczak, pour leur grande disponibilité, leur patience ainsi que leur souci de transmettre aux étudiants leurs savoirs faire. De plus, merci pour les nombreux conseils que vous m'avez prodigués tout au long de mon parcours. Je sors grandi de ce projet.

Je remercie le Fond clinique de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour leur soutien financier permettant la réalisation de ce projet.

Je souhaite également remercier mes parents, Christian et Suzie ainsi que mon petit frère, Mathieu pour leurs soutiens à travers les différentes épreuves associées à la réalisation de mon projet de maîtrise. De plus, je tiens à remercier mon grand ami, et collègue, Vincent Huard Pelletier pour sa présence ainsi que sa disponibilité tout au long de mon projet. Je tiens à remercier Stéphane Northon pour sa grande disponibilité et ses judicieux conseils tout au long de la rédaction de mon article scientifique. Je voudrais remercier également Nour Saade pour son aide précieux lors de l'élaboration du protocole d'évaluation. Dernièrement, merci à Naomi Fontaine pour sa participation lors de l'évaluation clinique des participants, pour son aide pour les fichiers Excel et pour sa disponibilité malgré un horaire plus que chargé.

## PROBLÉMATIQUE

Depuis quelques années, un problème affectant l'articulation coxo-fémorale (ou la hanche) suscite l'intérêt de plusieurs spécialistes. Cet intérêt est marqué par la présence de ce problème à l'avant plan d'une cascade d'évènements menant à l'arthrose de la hanche (coxarthrose). En dépit des diverses recherches antérieures effectuées à ce sujet, ce dernier fut nommé *conflit fémoro-acétabulaire* par Ganz, Parvizi et al. (2003) au début des années 2000. Depuis, le nombre d'ouvrages associés à ce problème articulaire croît de manière exponentielle (Leunig, Beale et al. 2009). Le conflit fémoro-acétabulaire (CFA) est défini comme étant un processus pathomécanique pouvant mener à une détérioration de l'articulation coxo-fémorale. Selon Leunig, Beale et al. (2009), il peut se manifester sous une variété d'anormalités entre la tête ou le col fémoral et le pourtour acétabulaire.

Le conflit fémoro-acétabulaire touche majoritairement les jeunes adultes physiquement actifs (Ganz, Parvizi et al. 2003, Philippon, Maxwell et al. 2007, Clohisy, Knaus et al. 2009). Sa prévalence dans la population en général oscille de 10 à 25% (Leunig and Ganz 2005, Hack, Di Primio et al. 2010). Malgré qu'un conflit asymptomatique peut être présent chez près d'une personne sur quatre, la prévalence augmente de manière significative chez les athlètes. D'après certains chercheurs, cette prévalence peut atteindre près de 70% dans des disciplines comme le hockey sur glace, le soccer et le football (Gerhardt, Romero et al. 2012, Lerebours, Robertson et al. 2016).

L'évaluation clinique de ce problème à l'articulation coxo-fémorale ne déroge pas d'une évaluation clinique complète telle qu'effectuée pour tous autres problèmes

articulaires. L'anamnèse permet d'obtenir des informations sur les mécanismes de blessures, les facteurs aggravant et la localisation de la douleur (Margo, Drezner et al. 2003). Cependant, la présence de problèmes concomitants aux articulations voisines (fémoro-tibiale, lombo-sacrée) et l'utilisation de mécanismes compensatoires par le patient, compliquent la tâche des spécialistes (Martin, Irrgang et al. 2008, Tibor and Sekiya 2008, Byrd 2014). De manière générale, les patients rapportent une douleur au niveau de l'aîne suite à un évènement traumatique qu'ils qualifient de mineur. Cette douleur s'intensifie en position assise prolongée, à la marche ou lors de la pratique d'activités physiques (Philippon, Maxwell et al. 2007).

Suite à une anamnèse complète, la plupart des spécialistes effectuent une évaluation des amplitudes articulaires à l'articulation coxo-fémorale (Martin, Kelly et al. 2010). L'évaluation des amplitudes articulaires permet de recueillir des mesures continues afin de noter certains changements pouvant survenir à l'articulation (Kolber and Hanney 2012, Tousignant-Laflamme, Boutin et al. 2013). Selon plusieurs auteurs, les amplitudes articulaires complètes en flexion et en rotation interne sont diminuées en présence de problèmes intra-articulaires tels que le CFA ou la coxarthrose (arthrose de la hanche) (Altman, Alarcon et al. 1991, Philippon, Maxwell et al. 2007).

Lorsqu'un problème intra-articulaire est suspecté, des tests à provocation de douleur peuvent être exécutés (Martin, Kelly et al. 2010, Maslowski, Sullivan et al. 2010). À l'inverse des mesures d'amplitudes articulaires, ces tests procurent essentiellement des mesures dichotomiques signifiant la reproduction ou non de la douleur à l'articulation testée (Tijssen, van Cingel et al. 2012). Les tests de *Flexion-abduction-rotation externe*

(FABER), de *Flexion-adduction-rotation interne* (FADIR) et du signe du pincement sont les plus fréquemment utilisés (Martin, Kelly et al. 2010, Tijssen, van Cingel et al. 2012). Certains auteurs ont mesuré les valeurs de sensibilité et de spécificité pour quelques tests à provocation de douleur. Ces résultats sont présentés dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Mesures de sensibilité et de spécificité liées aux tests de provocation de douleur**

<i>Auteurs</i>	<i>Test</i>	<i>Critères diagnostics</i>	<i>Sensibilité</i>	<i>Spécificité</i>
Clohisy, Knaus et al. (2009)	FABER	Radiographie	0,69	N/A
Philippon, Briggs et al. (2009)	FABER	Arthroscopie	0,99	N/A
Maslowski, Sullivan et al. (2010)	FABER	Examen clinique et radiographique	0,88	0,24
Martin, Irrgang et al. (2008)	FADIR	Imagerie par résonance magnétique	0,78	0,10
Nogier, Bonin et al. (2010)	Signe du Pincement	Examen clinique et radiographie	0,20-0,70	0,44-0,86



Les valeurs présentées dans le tableau 1 dénotent une sensibilité relativement plus élevée que la spécificité. De ce fait, la douleur ressentie à l'articulation n'est pas liée nécessairement à la présence d'un problème intra-articulaire (Martin, Enseki et al. 2006).

Selon ce que rapporte Martin and Sekiya (2008), le niveau d'accord inter-évaluateurs pour le test de FABER et de FADIR sont de 0,63 et de 0,58 respectivement. Ce niveau d'accord a été calculé chez une population de 68 personnes souffrant de douleur dans l'aine à partir des formules de Kappa. Ces dernières ont été appliquées sur les valeurs nominales dichotomiques, la reproduction ou non de la douleur à l'articulation lors de l'exécution du test. Bien que l'utilisation de mesures dichotomiques liées à la douleur permette d'aiguiller le clinicien face au problème coxo-fémoral, il demeure difficile d'en quantifier son évolution.

Plus récemment, certains auteurs ont ajouté des mesures continues (en centimètres) au test de FABER. Lors de ce test, le patient est en décubitus dorsal avec une hanche placée en flexion, abduction et rotation externe (Philippon, Maxwell et al. 2007). De cette manière, la cheville du membre inférieur testée repose sur la partie distale de la cuisse opposée. La quantification portait sur la hauteur entre l'épicondyle latéral du genou du membre inférieur testé et la table d'évaluation. Philippon, Maxwell et al. (2007) notait le test positif si une différence de hauteur était observée entre les jambes symptomatique et asymptotique chez des sujets souffrant d'un CFA. Dans une deuxième étude, Philippon, Ho et al. (2013) ont utilisé une différence supérieure à trois centimètres entre le membre inférieur asymptotique et celui symptomatique afin de considérer le test positif.

Dernièrement, Bagwell, Bauer et al. (2016) ont quantifié la hauteur telle que décrite précédemment à l'aide d'une règle ainsi que l'angle du membre inférieur testé à l'aide d'un inclinomètre posé sur l'épicondyle médial du genou du membre inférieur testé. Cette étude a permis d'obtenir des mesures quantitatives et continues à l'articulation coxo-fémorale dans une population composée d'hommes et de femmes asymptomatiques. De plus, ce nouveau protocole a permis d'obtenir des valeurs de fidélité intra-évaluateurs variant entre 0,76 et 0,86 pour la hauteur (cm) et atteignant 0,91 pour les mesures d'angulation (°). La fidélité inter-évaluateur était de 0,68 lorsque mesurée pour la variable décrivant la hauteur de l'épicondyle latéral. Cette fidélité, mesurée sur des valeurs continues (en centimètre) était légèrement supérieure à celle calculée par Martin and Sekiya (2008) utilisant des valeurs nominales (dichotomiques).

L'évaluation clinique du conflit fémoro-acétabulaire est composée de plusieurs étapes permettant d'émettre une impression clinique éclairée. Premièrement, la caractérisation de la douleur est généralement la même pour l'ensemble des patients. Celle-ci se traduit par des douleurs dans la région de l'aîne qui sont augmentées en position assise prolongée et lors de la pratique de différentes activités physiques. Deuxièmement, l'évaluation des amplitudes articulaires, quantifiées à l'aide de différents outils, permet de reconnaître les amplitudes articulaires pouvant être modifiées en présence de modifications structurelles à l'articulation. De celles-ci, la rotation interne et la flexion à la hanche semblent être de bons indicateurs de la présence de pathologie intra-articulaire (Altman, Alarcon et al. 1991). Afin d'augmenter les informations liés à son évaluation, le clinicien peut avoir recours aux tests de provocation de douleur. À ce jour, seul le test de FABER fut quantifié à l'aide de mesures continues tels que les centimètres et les degrés. Les valeurs de

fidélité obtenues par Bagwell, Bauer et al. (2016), tant en intra qu'en inter-évaluateurs, démontrent la possibilité de quantifier ces tests utilisant à titre de complémentarité aux mesures dichotomiques. À ce jour, les deux autres tests utilisés couramment en clinique tels que le test du signe du pincement et le test de FADIR n'ont pas été quantifiés.

L'objectif principal de ce projet était de présenter une nouvelle approche de quantification pour le test du signe du pincement et de FADIR et de valider celle-ci à l'aide de mesures psychométriques tels que les fidélités intra et inter-évaluateurs. Le premier objectif spécifique était de connaître les effets de sexe (hommes vs femmes) et les effets de pratique (10 premières et 10 dernières évaluations) sur la fidélité. Le deuxième objectif spécifique était de documenter les erreurs-type de mesures ( $S_E$ ) et les différences minimales détectables (DMD) permettant de juger dument des variables cliniquement transférables.

## **RECENSION DES ÉCRITS**

Les scientifiques et les cliniciens utilisent la mesure afin de caractériser et comparer tous les éléments devant être mesurés (être humains, température, dimensions, etc.) (Portney et Watkins, 2009). La mesure permet ainsi de quantifier, comparer et interpréter les résultats obtenus. Dans le cas présent, une mesure précise de l'amplitude articulaire peut permettre d'évaluer s'il y a une limitation fonctionnelle à l'articulation testée. Les mesures continues permettent de chiffrer et de graduer une limitation contrairement aux variables dichotomiques, ne permettant pas la gradation. L'utilisation d'une mesure ou d'un outil se reflète par le niveau de confiance des chercheurs face à ceux-ci. Normalement, une mesure devrait indiquer réellement ce qu'elle est supposée quantifier (Portney et Watkins, 2009). Deux qualités psychométriques permettent de s'assurer de l'utilisation juste d'une mesure sont la fidélité et la validité.

### **Fidélité et validité de la mesure**

Les concepts de validité et de fidélité sont tous deux très importants lors de l'évaluation d'un test clinique ou d'un outil de mesure. Ils permettent d'assurer une certaine rigueur à la démarche évaluative. La validité est un concept complexe, multivalent qui n'a pas de définition générale ni de place bien désignée en théorie des tests et ce, contrairement au concept de fidélité (Laurencelle, 1998). La validité réfère à la capacité d'un instrument à classer les objets ou personnes évalués en fonction de la caractéristique voulue (Laurencelle, 1998). Elle permet ainsi d'assurer qu'un test mesure réellement ce qu'il doit mesurer (Portney et Watkins, 2009). La fidélité, quant à elle, se définit comme étant la constance d'un test ou d'une mesure (Weir 2005). Elle peut s'appliquer tant sur un

instrument de mesure (ou test) que sur un évaluateur. Elle est primordiale pour tous les aspects de la mesure car, sans celle-ci, aucune donnée ne peut être collectée avec précision et aucune conclusion ne peut être tirée de ces dites données (Portney et Watkins, 2009). Une fidélité faible engendre automatiquement une validité faible, tandis qu'une fidélité élevée ne garantit pas automatiquement une validité élevée (Portney et Watkins, 2009). Selon Atkinson and Nevill (1998), l'évaluation de la fidélité d'un nouvel instrument de mesure devrait toujours précéder celle de sa validité.

Dans l'optique d'ajouter des variables quantitatives à différents tests cliniques, il est primordial d'en connaître leur fidélité. De plus, il est important de déterminer les aspects pouvant faire fluctuer celle-ci. Bien qu'hypothétique, une bonne fidélité face aux nouvelles variables quantitatives de ces tests permettrait d'améliorer l'évaluation clinique du conflit fémoro-acétabulaire (Philippon, Maxwell et al. 2007, Clohisy, Knaus et al. 2009). Les prochaines sous-sections traitent des différents types de fidélité et des aspects qui peuvent les influencer.

### **Les types de fidélité**

Les fidélités intra et inter-évaluateurs ainsi que test-retest sont les types de fidélité les plus couramment utilisés afin d'évaluer une tâche exécutée par un ou des individus (Rousson, Gasser et al. 2002). Tous les types de fidélité sont d'une importance capitale afin d'obtenir une validité irréfutable face à différents tests cliniques (Portney et Watkins, 2009).

La fidélité intra-évaluateur réfère à la stabilité de la mesure observée par un même évaluateur sur deux ou plusieurs évaluations (Portney et Watkins, 2009). Afin d'augmenter la possibilité d'obtenir une bonne fidélité intra-évaluateur, les différents paramètres d'évaluation devraient être identiques ou à tout de moins, semblables entre chacune des séances (Laurencelle, 1998). Lors de l'évaluation de la fidélité intra-évaluateur, il est important de considérer les biais pouvant provenir d'une prise de mesure multiple chez un même participant. La présence d'un effet de mémorisation peut venir influencer la fidélité sans que celle-ci le soit réellement (Portney et Watkins, 2009). Par exemple, un évaluateur pourrait être tenté de modifier son approche afin d'obtenir le même résultat qu'à la séance précédente. Dans ce cas, la fidélité serait élevée. Toutefois, lors du transfert en milieu clinique la fidélité pourrait chuter, si le nombre de jours augmente entre chacune des séances. De manière à limiter ce biais, les résultats obtenus devraient être gardés secrets et les séances d'évaluation devraient être espacées de quelques jours.

La fidélité inter-évaluateur réfère à la stabilité, dans le temps, d'une même mesure observée par deux ou plusieurs évaluateurs (Portney et Watkins, 2009). Malgré un protocole précis et des expériences cliniques équivalentes, les évaluateurs peuvent avoir un regard différent face à la quantification d'une mesure chez un même individu. D'après Cusick, Vasquez et al. (2005), l'évaluation par vidéo serait la manière optimale de mesurer la fidélité inter-évaluateur, si le type de test si prête. En ce sens, le participant est évalué simultanément par les évaluateurs. Selon les mêmes auteurs, un entraînement face au protocole d'évaluation est obligatoire afin de maximiser l'obtention d'une bonne fidélité. Afin d'améliorer l'efficacité du protocole, l'évaluation de la fidélité inter-évaluateur devrait

toujours être précédée celle portant sur la fidélité intra-évaluateur (Portney et Watkins, 2009).

### **L'erreur de mesure**

Il arrive très rarement qu'une mesure soit parfaitement répétable. Tous les instruments de mesure ont une certaine limite et tous les êtres humains répondent de façon inconstante (Portney et Watkins, 2009). Avec un instrument de mesure parfait, aucune fluctuation n'interviendrait dans la mesure et le résultat obtenu serait identique lors de mesures répétées (Laurencelle, 1998). L'équation fondamentale se traduit comme suit :

$$X_{io} = V_i + e_{io}$$

Où  $X$  représente la valeur observée de la personne  $i$  au moment  $o$ ,  $V$  représente la vraie valeur de la personne  $i$  et  $e$  représente la fluctuation particulière attachée à cette mesure particulière (Laurencelle, 1998). La différence entre la valeur observée ( $X$ ) et la vraie valeur ( $V$ ) est due à l'erreur de mesure, ou comme certains la dénomment, le bruit de la mesure.

Ce bruit, ou ces erreurs de mesure peuvent provenir de deux sources distinguées ; les erreurs systématiques et les erreurs aléatoires. L'erreur systématique est une erreur prédictive de la mesure. Ce type d'erreur survient lorsqu'il y a surestimation ou sous-

estimation des résultats de tous les participants à l'étude (Portney et Watkins, 2009). Elle peut provenir de trois sources : soit des erreurs dues à l'instrument de mesure, à la situation de mesure ou associée aux objets ou aux personnes évaluées (Laurencelle, 1998). L'erreur systématique n'affecte pas la fidélité. Toutefois, la validité peut en être affecté du au fait que l'instrument ne mesure pas précisément ce qu'il devrait mesurer (ex : surestimation de la taille ou du poids) (Portney et Watkins, 2009).

L'erreur de mesure aléatoire sera due à la chance et viendra affecter les résultats de façon imprédictible. L'erreur aléatoire peut être provoquée par des facteurs comme, la fatigue, l'inattention, l'inexactitude mécanique ou d'une simple erreur (Portney et Watkins, 2009). Une diminution de l'erreur aléatoire permettra de resserrer l'écart entre le résultat observé et le vrai résultat favorisant ainsi la fidélité (Portney et Watkins, 2009). Lors du développement d'un test clinique, il est essentiel d'établir un protocole clair et maîtrisé par les évaluateurs afin de diminuer les sources d'erreurs pouvant provenir des différents facteurs énumérés ci-haut (Cusick, Vasquez et al. 2005, Portney et Watkins, 2009).

### **Évaluation de la fidélité**

Il est impossible de connaître la vraie valeur (*true score*) d'un résultat d'un test. De ce fait, il est impossible de connaître la vraie fidélité d'un test. Toutefois, nous pouvons estimer cette fidélité grâce à la variance qui elle, permet de connaître la variabilité ou les différences entre les résultats, dans un échantillon donné (Portney et Watkins, 2009). La variance permet de déterminer l'homogénéité ou l'hétérogénéité d'un groupe d'individus. La



fidélité est expliquée par un ratio de la variance de la vraie valeur sur la variance totale (Portney et Watkins, 2009)

$$\text{Fidélité} = \frac{\text{Variance vraie valeur}}{\text{Variance vraie} + \text{Variance d'erreur}}$$

De ce ratio, la fidélité d'un test augmentera quand la valeur observée se rapprochera de la vraie valeur. Une fidélité parfaite (sans erreur) sera définie par un ratio de 1,00 démontrant que la valeur observée égale la vraie valeur. Au contraire, plus la variance d'erreur sera grande, plus le ratio se rapprochera de 0 indiquant ainsi une fidélité faible, voire nulle.

### **L'interprétation des coefficients de corrélation intra-classe (CCI)**

De manière simpliste, les CCI représentent la proportion de variance dans un ensemble de données qui est attribuable à la variance du vrai résultat (Weir 2005). Par exemple, un CCI de 0,95 démontre que 95% de la variance du résultat observé est dû à la variance du vrai résultat. À l'inverse, 5% (1-CCI) est attribuable à l'erreur (Thomas et Nelson, 1990). L'interprétation d'un CCI dépend de deux facteurs. Premièrement, la formule choisie des CCI aura un impact direct sur le résultat. Koo and Li (2016) rapportent une dizaine de formules à cet effet qui, même avec un jeu de données identiques, ne fourniront pas des valeurs de CCI équivalentes. Deuxièmement, la variabilité inter-sujets fera à son tour fluctuer les résultats (hétérogénéité ou homogénéité des résultats) (Shrout 1998). De ce fait, il faut être conscient du jeu de données auquel nous faisons face et aux conclusions que nous tentons d'obtenir. Suite à une sélection judicieuse de la formule

servant au calcul du CCI, Portney et Watkins (2009) suggère qu'un CCI en-deçà de 0,50 désigne une fidélité faible, entre 0,50 et 0,75 une fidélité modérée et entre 0,75 et 0,90 une bonne fidélité. Des valeurs au-dessus de 0,90 représentent une excellente fidélité.

Les coefficients de corrélation intra-classe (CCI) sont considérés comme étant une mesure relative de la fidélité. Celle-ci provient d'un ratio de variances dérivé d'une analyse de variance (ANOVA) (Weir 2005). Le calcul du CCI dépend beaucoup de la variabilité entre les sujets (variance inter-sujet) (Weir 2005). Par conséquent, si la variance inter-sujet est petite, la valeur des CCI sera elle aussi petite (près de 0), même si la variabilité test-retest est petite. Au contraire, si les sujets diffèrent beaucoup entre eux, la valeur des CCI sera près de 1,0 et ce, même si la variabilité test-retest s'avère importante. De façon intuitive, il est plus difficile de détecter de petites que de grandes différences au sein d'une série de données et les CCI reflètent ce phénomène (Weir 2005). Lors de l'obtention du coefficient de fidélité, il est important de juger ce dernier en ayant en tête le contexte dans lequel il fût obtenu (Portney et Watkins, 2009). Une bonne connaissance du contexte permettra de juger dument la valeur du CCI.

### **L'erreur-type de mesure (SE) et la différence minimale détectable (DMD)**

Les coefficients de corrélation intra-classe (CCI) représentent l'habilité d'un test à différencier certains individus dans un même groupe. Ils ne permettent pas d'afficher le bruit pouvant se glisser au sein des mesures entre chacune des séances (Weir 2005). Toutefois, l'erreur-type de mesure ( $S_E$ ) permet de calculer un indice de fidélité absolue. Cet

indice de fidélité absolue, contrairement à fidélité relative mesurée par les CCI, a les mêmes unités que les mesures d'intérêts (Weir 2005). Le calcul de l'erreur type de mesure s'effectue grâce à l'écart-type ( $\Sigma$ ) et au coefficient de corrélation intra classe (CCI). Le  $S_E$  se calcule comme suit :

$$S_E = \Sigma \sqrt{1 - CCI}$$

L'interprétation de  $S_E$  dépend du coefficient de corrélation intra classe (CCI) utilisé dans l'équation. Par conséquent, si le CCI a été mesuré dans l'optique d'un test-retest, le  $S_E$  permet de connaître dans quelle étendue pourra se trouver les valeurs lors d'une prochaine évaluation.

La différence entre deux résultats peut provenir de l'erreur (systématique ou aléatoire) mais elle peut aussi être bien réelle. Ce concept se nomme la différence minimale détectable (*en anglais : Minimal detectable difference*.) définissant le degré de différence qui doit être obtenu afin de considérer la variation dans le résultat comme étant vraie (Weir 2005, Portney et Watkins, 2009). Ce dernier se calcule à partir de  $S_E$  et de l'intervalle de confiance à 95% (1,96) :

$$DMD = S_E * 1,96 * \sqrt{2}$$

Cette variable permet de déterminer si le résultat est réellement différent, démontrant un changement dans la condition, ou si celui-ci ne provient que d'une variation

causée par tous les types d'erreurs. (Weir 2005). La fidélité est un aspect primordial au développement d'une nouvelle mesure. Sans celle-ci, l'utilisation de cette dite mesure ne peut être effectuée avec certitude et son emploi en devient difficile. Dans l'optique d'une utilisation clinique, une bonne fidélité selon les valeurs de CCI, doit être jumelée à une erreur-type de mesure de petite taille. Ces deux aspects permettent de noter les plus petites variations dans la condition et ce, avec confiance.

Tel que relaté précédemment, la quantification des mesures d'amplitudes articulaires permet aux différents cliniciens d'évaluer la santé articulaire d'une personne pouvant souffrir d'une douleur à une articulation. Ces mesures, habituellement récoltées à l'aide d'un goniomètre à branche, démontrent une bonne fidélité. Afin d'inclure la présente méthode de quantification proposée dans l'évaluation clinique de l'articulation de la hanche, il s'avère important que les valeurs obtenues démontrent elles aussi de hauts taux de fidélité.

Le conflit fémoro-acétabulaire est causé par certaines modifications des structures formant l'articulation coxo-fémorale. Afin de mieux comprendre celles-ci, une brève revue de l'anatomie coxo-fémorale ainsi qu'une description des mécanismes de développement du conflit seront traités dans les sections ultérieures. Malgré l'implication et le rôle important de plusieurs structures à cette articulation, seulement celles ayant un lien direct avec le conflit seront abordées.

## **Anatomie coxo-fémorale ou de la hanche**

### **L'acétabulum et la tête fémorale, parfaitement congruents ?**

De manière globale, l'articulation coxo-fémorale regroupe le bassin ainsi que le fémur. Plus précisément, trois portions osseuses forment le bassin : l'ilium, le pubis et l'ischium qui ensemble, créent l'acétabulum (Drake, Vogl et al. 2005). Ce dernier s'articule à la tête fémorale par l'entremise de trois ligaments s'attachant à la capsule articulaire. Ceux-ci tiennent leur nom des structures auxquelles ils se rattachent : le ligament ilio-fémoral (ilium), le ligament pubo-fémoral (pubis) et le ligament ischio-fémoral (ischium). Le ligament de la tête fémorale, intra-capsulaire et extra-synovial, est le quatrième ligament de cette articulation. Bien que les trois ligaments capsulaires aient une fonction mécanique permettant de maintenir et limiter les mouvements de fin d'amplitude, le ligament de la tête fémorale n'a pas de fonction mécanique (Drake, Vogl et al. 2005). Le ligament de la tête fémorale comporte une petite branche de l'artère obturatrice qui participe à la vascularisation de la tête fémorale. Dernièrement, le ligament transverse de l'acétabulum est le cinquième ligament de cette articulation. Ce ligament se trouve dans la partie inférieure de l'acétabulum et est défini comme une continuité du labrum (Drake, Vogl et al. 2005).

L'orientation de l'acétabulum est la résultante d'une antéversion de 31° dans le plan sagittal ainsi que d'une inclinaison de 36° dans le plan frontal (Murray 1993). La surface de l'acétabulum s'articulant avec la tête fémorale est recouverte de cartilage hyalin ayant la forme d'un fer à cheval (Klein P. 2008). Afin de maintenir une pression intra-articulaire

adéquat, le bourrelet acétabulaire ou *labrum*, repose tel un anneau fermé, sur le pourtour acétabulaire (Klein P. 2008). Tel que décrit plus tôt, le bourrelet acétabulaire s'attache sur le ligament transverse de l'acétabulum. Ces différentes composantes permettent de préserver la stabilité à cette articulation.

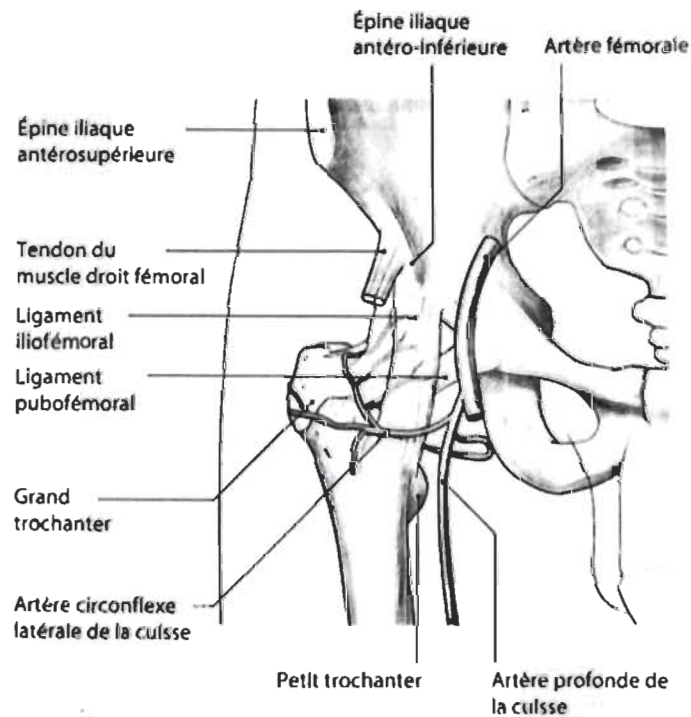


Figure 1: Vue antérieure de l'articulation coxo-fémorale; d'après Banks, J. C. (2015)

Selon ce que rapporte Klein P. (2008), la plupart des manuels d'anatomie considèrent la tête fémorale comme étant parfaitement sphérique. Toutefois, selon ces mêmes auteurs, appuyés par Oonishi, Isha et al. (1983), celle-ci s'éloigne de la forme sphérique pure. Selon eux, elle aurait davantage la forme d'une ellipse. C'est une caractéristique anatomique qui aurait une utilité fonctionnelle, de favoriser possiblement l'infiltration du liquide synovial au travers les structures cartilagineuses améliorant le glissement (Klein P., 2008). Suite à cette brève description anatomique de l'articulation coxo-fémorale, les prochaines sections porteront sur les liens entre ces différentes structures dans le développement du conflit fémoro-acétabulaire.

D'après les travaux de Solomon (1976), différents mécanismes de pathogénies peuvent mener au développement de l'arthrose de la hanche. L'un d'eux est l'application d'une charge incongrue ou anormale, sur une longue période de temps. Les modifications structurelles apportées à la tête et/ou au col, par des malformations infantiles ont longtemps été liées au développement de l'arthrose de la hanche. En absence de ces malformations, les spécialistes considéraient l'arthrose comme étant idiopathique, définissant aucune cause précise (Murray 1965, Solomon 1976). Toutefois, les travaux de Ganz, Parvizi et al. (2003) ont permis d'associer et d'expliquer, en partie, ces modifications idiopathiques. Celles-ci furent alors nommées conflit fémoro-acétabulaire (Ganz, Parvizi et al. 2003).

## Le conflit fémoro-acétabulaire (CFA)

### Les types

Le conflit fémoro-acétabulaire peut se manifester sous deux formes distinctes : l'effet came et l'effet tenaille. Ces deux appellations sont habituellement utilisées afin de bien discriminer le site de l'atteinte principale. Toutefois, dans la plupart des cas de CFA (85%), la pathologie se présente selon une mixtion des caractéristiques provenant des deux principaux effets créant ainsi un effet combiné (Ganz, Parvizi et al. 2003, Leunig, Beaulé et al. 2009).

L'effet came se caractérise par un contact anormal entre la tête fémorale et la région antéro-supérieure de l'acétabulum. Ce contact est causé par une augmentation du volume osseux au niveau de la jonction tête-col fémorale dans sa région antéro-supérieure (Leunig, Beaulé et al. 2009, Stafford and Witt 2009) (voir Figure 2).

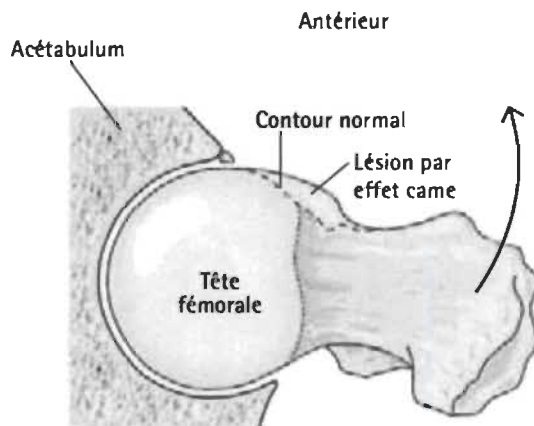


Figure 2: Vue transverse supérieure de l'effet de type came; d'après Zhang, Li et al. 2015



L'effet tenaille est la deuxième forme de manifestation du CFA. Il se caractérise par un contact anormal entre le col du fémur et le pourtour de l'acétabulum (Ganz, Parvizi et al. 2003). Ce contact peut être causé par une proéminence osseuse ou une rétroversion du mur antérieur de l'acétabulum (Byrd 2014) (Voir figure 3).

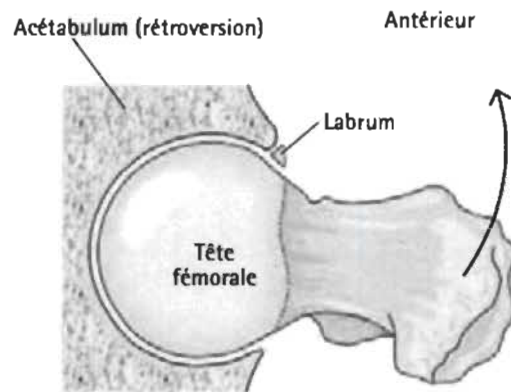


Figure 3 : Vue transverse supérieure de l'effet de type tenaille; d'après : Zhang, Li et al. 2015

## **L'épidémiologie**

### ***Population en général***

Les athlètes de hauts niveaux semblent, à priori, plus à risque de développer un conflit fémoro-acétabulaire. Nonobstant, la population en général n'est pas à l'abri de celui-ci. D'après certaines études, le conflit se manifeste de manière symptomatique chez 10 à 15% des individus (Leunig and Ganz 2005). Les cas symptomatiques ne seraient toutefois que la pointe de l'iceberg ; cette prévalence sous-estimerait largement la présence de ce problème dans la population. D'après une étude conduite sur un échantillon de 200

volontaires, tous asymptomatiques à l'articulation coxo-fémorale, 28% d'entre eux souffraient d'un conflit à l'une ou l'autre de leur hanche (Hack, Di Primio et al. 2010). Ceux-ci ont été diagnostiqués grâce à la mesure de l'angle alpha<sup>1</sup> mesurée par l'entremise d'une image bilatérale dans le plan frontal; une image obtenue par résonance magnétique. Il est documenté que la prévalence ne diffère pas entre les tranches d'âge mais bien entre les genres. Selon Gosvig, Jacobsen et al. (2010), la prévalence du type came serait de 19,6% chez les hommes et de 5,2% chez les femmes. Ce même phénomène, bien que moins important, se manifeste à l'opposé pour l'effet tenaille. Les femmes sont davantage atteintes comparativement aux hommes à raison de 19,4% contre 15,2% respectivement.

### *Athlètes*

Les changements de direction, les sauts ainsi que les impacts répétés avec le sol font partis intégrants de plusieurs disciplines sportives. Ces différents patrons de mouvement semblent augmenter le risque d'arthrose de la hanche chez les athlètes pratiquant ces disciplines (Tveit, Rosengren et al. 2012). À l'inverse, les disciplines n'utilisant pas ces types de mouvement, comme la natation, la course de longue distance, le cyclisme et l'haltérophilie, semblent avoir des prévalences se rapprochant de celle observée chez la population non athlète (Tveit, Rosengren et al. 2012).

Ces différences interdisciplinaires se manifestent de manières similaires pour le CFA. Les disciplines qui requièrent des mouvements rigoureux et rapides à l'articulation coxo-fémorale, comme le hockey sur glace, le football et le soccer ont des prévalences

---

<sup>1</sup> L'angle alpha permet de déterminer soit par, la perte de sphéricité de la tête fémorale, le manque d'espace à la jonction de la tête ou du col fémoral ou l'apparence d'une concavité à la jonction de la tête et du col fémoral (Barton, Salineros et al. 2011). Cet angle est compris entre la ligne centrale du col fémoral et la perte de sphéricité de la tête fémorale se rejoignant au centre de la tête fémorale (Barton, Salineros et al. 2011)

oscillant entre 60 et 95% (Gerhardt, Romero et al. 2012, Nepple, Brophy et al. 2012, Epstein, McHugh et al. 2013, Lahner, Walter et al. 2014, Lerebours, Robertson et al. 2016). Ces prévalences furent évaluées chez des sportifs semi-professionnels et professionnels ayant des volumes d'entraînement élevés.

### ***Les jeunes sportifs***

Les disciplines sportives qui sont problématiques chez les athlètes à pleine maturité semblent être dommageables lorsque pratiquées pendant la croissance (Leunig, Beale et al. 2009). Grâce à une étude auprès de jeunes hockeyeurs et skieurs alpins (de 10 à 19 ans), Philippon, Ho et al. (2013) ont démontré que 75% des hockeyeurs avaient un conflit fémoro-acétabulaire. Bien que moins important, 42% des skieurs ont reçu le même diagnostic. La prévalence au sein de ces deux populations excède considérablement les prévalences dans la population en général.

La comparaison entre les articulations coxo-fémorales de jeunes basketteurs (*alliance sport-étude*) et celles de leurs homologues non sportifs, a permis de mettre en lumière des prévalences distinctes. Selon les travaux de Siebenrock, Ferner et al. (2011), 41 des 46 hanches évaluées chez le groupe de sportifs présentaient un conflit (angle  $\alpha > 55^\circ$ ). Au contraire, seulement 9% des hanches évaluées chez le groupe contrôle présentaient un conflit.

## **Mécanismes développementaux**

### **Fréquence et type de mouvements**

Selon Radin, Burr et al. (1991), les charges impulsives sur le cartilage articulaire seraient un des facteurs pouvant mener au développement de l'arthrose. Pour une même charge sur l'articulation, une fréquence de mouvement élevée serait plus dommageable pour celle-ci qu'une fréquence de mouvement plus basse. Cette affirmation permet de comprendre, en partie, l'écart de prévalence de l'arthrose à la hanche chez les hockeyeurs (20%) comparativement à celle chez les haltérophiles (<9%) (Tveit, Rosengren et al. 2012).

Les mouvements de flexion/extension sont utilisés dans les activités de la vie quotidienne (AVQ) ainsi que dans plusieurs disciplines sportives. Par exemple, les cyclistes, utilisant leurs hanches que dans un plan sagittal ne présentent pas une prévalence d'arthrose à la hanche différente de celle observée dans la population en générale (Tijssen, van Cingel et al. 2012, Tveit, Rosengren et al. 2012). Cette prévalence augmente, comme mentionné ci-haut, pour les disciplines telles le hockey sur glace, le soccer et le football, des disciplines qui requièrent des rotations répétées dans le plan transverse ainsi que des mouvements de grandes amplitudes à l'articulation coxo-fémorale (Gerhardt, Romero et al. 2012, Tveit, Rosengren et al. 2012, Lerebours, Robertson et al. 2016)

## **Le volume de pratique**

D'une part, le type de discipline sportive semble modifier la prévalence du conflit fémoro-acétabulaire. D'autre part, le volume d'entraînement aurait, lui aussi, un impact sur la prévalence du problème. Suite à l'évaluation de joueurs de soccer semi-professionnels et amateurs, Lahner, Walter et al. (2014) ont démontré des prévalences de CFA différentes chez des groupes présentant des volumes de pratiques différents. Pour le groupe de joueurs semi-professionnels, ayant un volume d'entraînement élevé (8 heures /semaine /10 mois), la prévalence atteignait 62,5%. Quant au groupe de joueurs amateurs, ayant un volume d'entraînement inférieur (<5 heures/ semaine), celle-ci atteignait 27,3%. Pour ce deuxième groupe, leur prévalence ne représentait pas un écart très important avec la population en générale.

## **Croissance osseuse et pratique d'une discipline sportive à haut risque d'un CFA**

Selon Caine, DiFiori et al. (2006), un minimum d'activité physique permet de maintenir une croissance osseuse normale lors de l'enfance. La croissance osseuse est expliquée, en partie, par la loi de Wolff qui stipule qu'un stress appliqué de manière graduelle et répétitive sur l'os viendrait modifier sa structure moléculaire lui permettant de croître (Weinmann et Sicher, 1995). Toutefois, aucun paramètre quantitatif ou qualitatif n'est décrit face à l'application de ce stress (Caine, DiFiori et al. 2006). Dans une étude effectuée sur de jeunes joueurs de baseball, Astolfi, Struminger et al. (2015) ont recensé plusieurs épiphyses humérales hypertrophiées chez le bras dominant (bras de lancer). Pour le bras non-dominant, aucune épiphyse n'était décrite comme étant hypertrophiée. Malgré

les différences entre l'articulation gléno-humérale et coxo-fémorale, un constat semblable pourrait être observé pour cette dernière.

Une surutilisation de l'articulation coxo-fémorale lors de la croissance semblerait augmenter les risques d'un conflit. La plaque de croissance est très réactive aux différents stress lors de l'enfance et de l'adolescence. De ce fait, la pratique d'une discipline à hauts risques lors de cette période pourrait venir contrecarrer le développement régulier de l'articulation coxo-fémorale. Les études de Philippon, Ho et al. (2013) et Siebenrock, Ferner et al. (2011) citées ci-haut, vont en ce sens.

Les caractéristiques des structures anatomiques impliquées, les populations à risque ainsi que les mécanismes développementaux doivent être considérés de l'anamnèse, jusqu'au diagnostic d'un conflit fémoro-acétabulaire. De plus, la manifestation précoce chez les jeunes athlètes, consolide l'importance d'un diagnostic juste et rapide. L'anamnèse et l'évaluation clinique font parties intégrantes de ce diagnostic. Les sections ultérieures mettront l'accent sur les différents aspects cliniques du conflit. Bien que quelques aspects soient élucidés, certains présentent quelques ambiguïtés.

## Aspects cliniques du CFA

### Portrait clinique

L'évaluation de l'articulation coxo-fémorale est relativement brève, en revanche, l'évaluation de la région de la hanche se distingue par sa complexité (Byrd 2014). Selon les mêmes auteurs, le clinicien se doit de bien évaluer les désordres coexistant aux articulations proximales et distales ainsi que les mécanismes compensatoires pouvant être utilisés par la personne souffrante. Malgré la création d'arbres décisionnels par Margo, Drezner et al. (2003), une personne éprouvant des douleurs liées à l'articulation coxo-fémorale consulte en moyenne quatre spécialistes différents sur un période s'échelonnant de trois mois à une quinzaine d'années (Clohisy, Knaus et al. 2009).

En regard de cette complexité, Weir, de Vos et al. (2011) ont évalué un groupe de sportifs ayant des douleurs persistantes aux adducteurs (> 2 mois). Suite à cette évaluation, il fut noté que 94% d'entre eux présentaient des signes radiologiques du conflit fémoro-acétabulaire. D'après une hypothèse de Byrd (2014), cette manifestation simultanée de problèmes à la hanche serait en partie due à la grande vélocité angulaire au tronc ainsi qu'au membre inférieur dans certaines disciplines sportives.

Parallèlement à cette hypothèse, ces mêmes auteurs expliquent que le manque de précision face au diagnostic est causé en partie, par l'absence de signes cliniques et radiographiques chez la population asymptomatique. N'ayant pas de valeurs normalisées, il

est plus difficile de conclure à quel moment une protubérance osseuse, de type came ou tenaille, devient problématique.

Dans la majorité des cas, les premiers signes cliniques apparaissent entre 25 et 50 ans (Thomas, Palmer et al. 2013). La plupart de ces signes cliniques (70%) sont liés à la pratique d'activités physiques. Ils se définissent par une douleur dans l'aîne, lente et évolutive (Ganz, Parvizi et al. 2003, Philippon, Maxwell et al. 2007, Clohisy, Knaus et al. 2009). Par contre, il est souvent impossible pour le patient de jumeler cette douleur à un évènement traumatique précis. Selon Byrd (2014), les patients illustrent leur douleur en utilisant *le signe en C*. Ce signe décrit la position de la main posée au-dessus du grand trochanter avec les doigts prenant place à la face antéro-médiale de la cuisse. Malgré l'apparition des douleurs à un âge relativement jeune, une boiterie est présente chez près de 75% des patients (Clohisy, Knaus et al. 2009).

La présentation clinique du conflit fémoro-acétabulaire est brouillée par les nombreuses structures anatomiques jouant un rôle à l'articulation, les problèmes coexistant (pubalgie de l'athlète, bursite trochantérique) ainsi que les mécanismes compensatoires (augmentation de la tension au niveau bandelette ilio-tibiale). Par conséquent, l'évaluation clinique de cette articulation se doit d'être composée de tests permettant d'obtenir des mesures fidèles et valides. Par la suite, celles-ci pourront être utilisées afin d'effectuer un suivi personnalisé de la santé articulaire basé sur des données valides et objectives. Les différents tests utilisés lorsqu'un clinicien suspecte la présence d'un conflit fémoro-acétabulaire seront décrits dans les sections ultérieures.



## Évaluation clinique

L'arthrose de la hanche, vu par plusieurs comme étant subséquente à un conflit fémoro-acétabulaire, viendrait modifier les structures osseuses, modifiant ainsi les amplitudes articulaires à l'articulation (Altman, Alarcon et al. 1991). Les premiers signes cliniques de l'arthrose se traduisent par une diminution de l'amplitude articulaire en rotation interne ainsi qu'en flexion (Bijl, Dekker et al. 1998). D'après les critères diagnostiques de Altman, Alarcon et al. (1991), des amplitudes articulaires en-deçà de 15 degrés pour la rotation interne et en-deçà de 115 degrés pour la flexion serait fortement liées à l'arthrose de la hanche.

Un constat semblable peut être fait pour le développement du conflit. Dans une étude effectuée par Audenaert, Peeters et al. (2012), une différence fut observée entre les niveaux de sévérité du conflit et les amplitudes articulaires en rotation interne. Pour le groupe de personnes saines, ne présentant aucun signe clinique et radiographique du conflit, la rotation interne moyenne était de 27,9°. Pour le groupe de personnes asymptomatiques, ne présentant aucune douleur mais ayant des signes radiologiques du conflit, celle-ci atteignait 21,1°. Pour les participants du groupe de personnes symptomatiques (douleur et signes radiologiques), celle-ci était légèrement inférieure au critère de Altman, Alarcon et al. (1991), se chiffrant à 12,3°. Cette diminution de la rotation interne serait, selon Reichenbach, Juni et al. (2010), inversement proportionnelle à la sévérité de la protubérance osseuse à la jonction tête-col fémorale, dans le cas des conflits d'effet came.

Dans les travaux de Clohisy, Knaus et al. (2009) cette restriction des amplitudes articulaires a aussi été notée chez un groupe de 51 personnes souffrant d'un conflit. Les

résultats rapportés ont démontré une rotation interne et une flexion de la hanche se chiffrant respectivement à neuf et 97 degrés. Ces résultats, obtenus au niveau de la hanche symptomatique, étaient semblables à ceux rapportés par Audenaert, Peeters et al. (2012). Toutefois, lors de la comparaison avec le membre asymptomatique chez ces mêmes sujets, très peu de différences furent observées en termes d'amplitudes articulaires.

Cette homologie entre les deux membres inférieurs chez une même personne est connue dans la littérature. D'après les travaux de Gerhardt, Romero et al. (2012) et Lerebours, Robertson et al. (2016), la majorité des patients auraient une présentation bilatérale du conflit. Ceci se traduit, en partie, par l'impossibilité pour les cliniciens d'effectuer une comparaison entre les membres inférieurs (gauche et droit) afin d'en comparer l'intégrité. Une telle comparaison est souvent utilisée pour d'autres problèmes articulaires. La comparaison d'un test de tiroir antérieur pour une déchirure du ligament croisé antérieur du genou en est un exemple (Braunstein 1982).

Les mesures des amplitudes articulaires sont utilisées par la majorité des spécialistes lorsque vient le temps d'évaluer l'articulation coxo-fémorale (Martin, Kelly et al. 2010). L'utilisation de goniomètres, d'inclinomètres et même, de téléphones cellulaires, permet aux cliniciens d'obtenir des mesures fidèles et valides (Gajdosik and Bohannon 1987, Shin, Ro du et al. 2012, Choi and Kang 2015). Celles-ci permettent de quantifier et de monitorer les changements sur une période de temps (Kolber and Hanney 2012, Tousignant-Laflamme, Boutin et al. 2013).

Lorsqu'un clinicien suspecte la présence d'un problème intra-articulaire à l'articulation coxo-fémorale, d'autres types tests existent. Les tests de provocation de douleur sont utilisés par un grand nombre de cliniciens (Martin, Kelly et al. 2010, Tijssen, van Cingel et al. 2012). Selon Tijssen, van Cingel et al. (2012), il existe 18 différents tests utilisés par différents cliniciens. De ceux-ci, le test de flexion-abduction-rotation externe (FABER), le test de flexion-adduction-rotation interne (FADIR) et le test du signe du pincement sont les plus fréquemment utilisés. Ces tests sont habituellement exécutés afin de reproduire la douleur ressentie lors de l'activité physique. Des mesures de type dichotomiques sont alors recueillies (oui/non).

Le test de FABER fut quantifié par différents auteurs. Ce test requiert flexion, abduction et rotation externe à l'articulation coxo-fémorale. Afin d'effectuer ce test, le clinicien positionne le patient en décubitus dorsal sur la table d'évaluation. Le clinicien apporte la malléole externe de la jambe testée sur la partie distale de la cuisse controlatérale. Par la suite, le clinicien stabilise l'épine iliaque antéro-supérieure (EIAS) opposée au côté testé et applique une pression sur le genou afin de le rapprocher de la table d'évaluation (Maslowski, Sullivan et al. 2010, Tijssen, van Cingel et al. 2012).

Philippon, Maxwell et al. (2007) ont mesuré la distance entre la table d'évaluation et l'épicondyle latérale du genou du membre inférieur évalué. Plus récemment, cette même distance fut quantifiée par Bagwell, Bauer et al. (2016) grâce à l'utilisation d'une équerre. De plus, ces auteurs ont aussi quantifié, à l'aide d'un inclinomètre, l'angulation finale du membre inférieur évalué. Ces quantifications (hauteur et angulation) ont permis de déterminer des mesures de fidélité intra et inter-évaluateurs pour chacune des variables

énumérées ci-haut. Pour ce qui est de la fidélité intra-évaluateur, celle-ci se situait entre 0,38 et 0,91. Pour la fidélité inter-évaluateur, les coefficients de corrélation oscillaient entre 0,20 et 0,68.

Ces mesures continues ont permis de quantifier des amplitudes articulaires pluridirectionnelles à l'articulation coxo-fémorale. De plus, cette étude démontre la possibilité de quantifier des tests anciennement utilisés de manière subjective et d'en obtenir possiblement de bons coefficients de fidélité. Les tests du signe du pincement et de FADIR seront les tests d'intérêts de ce présent mémoire. Une courte revue de la littérature liée à ces tests sera présentée dans les sections suivantes.

### ***Le test de flexion-adduction-rotation interne (FADIR)***

Le test de flexion-adduction combinée à une rotation interne (FADIR) peut s'effectuer sous différents protocoles. Selon Martin and Palmer (2013), le clinicien devrait se trouver derrière le patient positionné en décubitus latéral. Dans cette position, le clinicien apporte passivement la jambe testée en flexion-adduction-rotation interne tout en surveillant l'aspect antéro-médial et supérieur de la cuisse. De leur côté, Freehill and Safran (2011) décrivent un protocole avec le patient en décubitus dorsal et le clinicien positionné de façon homolatérale au membre inférieur évalué. Pour ces deux protocoles, la reproduction de douleur est la seule variable récoltée pendant le test.

À ce jour, aucune mesure de sensibilité et de spécificité n'a été rapportée en lien avec le test de FADIR exécuté en décubitus dorsal. Pour des fins de standardisation, le test

de FADIR utilisé dans ce présent mémoire s'effectuera avec un participant en décubitus dorsal. Les mesures des amplitudes articulaires en rotation interne ainsi que l'adduction maximale lors de l'exécution du test seront les deux variables recueillies. Le protocole sera décrit ultérieurement.

### ***Le test du signe du pincement***

Selon Tijssen, van Cingel et al. (2012), le test du signe du pincement requiert une flexion de 90° suivi d'une rotation interne à la hanche. Ce test permet de créer une butée entre la tête fémorale et la partie antéro-supérieure de l'acétabulum et ainsi recréer la douleur en présence de problème intra-articulaire. Nogier, Bonin et al. (2010) décrivaient de façon différente les trois aspects de douleur : (1) douleur majoritairement en flexion/rotation interne, (2) douleur seulement en flexion/rotation interne et (3) diminution de douleur lors de la rotation interne.

De leur côté, Santori and Villar (2000) et Maslowski, Sullivan et al. (2010) notaient seulement la douleur lors de la rotation interne à 90 degrés de flexion à la hanche. Les mesures de sensibilité et de spécificité liées à chacun des protocoles décrits ci-haut sont présentées dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Mesures de sensibilité et de spécificité liées aux manœuvres de rotation interne**

Auteurs	Population	Sensibilité	Spécificité
<i>N= 292 (âge moyen :</i>			
Nogier, Bonin et al. (2010)	<i>35 ans)</i>	Aspect 1 : <b>70%</b>	Aspect 1 : <b>44%</b>
	Participants ayant	Aspect 2 : <b>20%</b>	Aspect 2 : <b>86%</b>
	des douleurs dans l'aine (tous types)	Aspect 3 : <b>51%</b>	Aspect 3 : <b>67%</b>
<i>N= 58 (âge moyen :</i>			
Santori and Villar (2000)	<i>37 ans)</i> Participants souffrant de déchirures labrales	<b>100%</b>	<b>N/A</b>
<i>N= 301 (âge moyen :</i>			
Maslowski, Sullivan et al. (2010)	<i>60 ans)</i> Participants présentant un problème intra- articulaire	<b>91%</b> [68-99%]	<b>18%</b> [5-40%]
<b>Moyenne</b> [Intervalle de confiance 95%]			

L'utilisation du test du signe du pincement dans le cadre du présent mémoire sera semblable à celle décrite par Santori and Villar (2000) et Maslowski, Sullivan et al. (2010). De ce fait, la mesure observée sera l'amplitude totale en rotation interne. Ce protocole sera décrit ultérieurement.

L'application de ces tests sera effectuée sur une population composée à part égale d'hommes et de femmes afin de connaître l'effet du sexe sur la fidélité. Cette caractéristique liée au protocole est basée sur une revue de la littérature expliquant les différences sur le ligament croisé antérieur (LCA). Selon cette revue de la littérature, la laxité ligamentaire du LCA peut être modifiée par le cycle menstruel (Bélangier et al. 2013). Bien qu'aucun contrôle n'a été fait sur le cycle menstruel, il est important de connaître si la possibilité d'une plus grande laxité dans le groupe féminin viendra influencer la fidélité.

## **Imagerie médicale**

Le rôle de l'imagerie médicale dans le diagnostic du conflit fémoro-acétabulaire est crucial. Celle-ci doit permettre de distinguer les anomalies structurales (conflit) des problèmes tels que l'arthrose, la nécrose vasculaire ainsi que tout autre problème à l'articulation (Tannast, Siebenrock et al. 2007). Une multitude de techniques sont utilisées afin de diagnostiquer ou noter l'évolution d'un conflit.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est devenue la technique d'imagerie préconisée lorsqu'il est temps d'évaluer toutes modifications osseuses ou atteintes labrales

à l'articulation (James, Ali et al. 2006, Mamisch, Bittersohl et al. 2008). Malgré l'efficacité de ce type d'imagerie, il est primordial selon Domayer, Ziebarth et al. (2011) de trouver une alternative moins couteuse afin de diagnostiquer ce type de problème articulaire.

Pour noter la présence d'un conflit de type tenaille (couverture trop importante de la tête fémorale par l'acétabulum), une radiographie standard selon une vue antéro-postérieure serait suffisante dans la majorité des cas (Clohisy, Carlisle et al. 2008). Toutefois, dans le but de diagnostiquer le conflit de type came, la radiographie standard selon une vue antéro-postérieure ne permettrait pas d'effectuer toutes les mesures de coxométrie requises. Selon ce que rapporte Dudda, Albers et al. (2009) cette technique sous-estimerait la prévalence du CFA. Cependant, la radiographie selon une vue de Dunn aurait une validité élevée en terme de diagnostic lorsque comparée à l'IRM (Barton, Salineros et al. 2011). La radiographie en vue de Dunn se traduit par un positionnement du patient en décubitus dorsal avec la hanche à 45 ou 90 degrés de flexion combinée à 20 degrés d'abduction. La caméra prend alors un cliché antérieur dans le plan frontal. Le tableau 3 dénote la sensibilité et la spécificité de trois types d'imageries par rapport à l'imagerie par résonance magnétique.



**Tableau 3 : Comparaison de trois différents types de vues utilisées en radiologie**

Vues	Antéro-postérieure	Cross Table	Dunn
Sensibilité	0,60 (0,44 – 0,75)	0,74 (0,59 – 0,86)	0,91 (0,78 – 0,97)
Spécificité	0,81 (0,58 – 0,95)	0,63 (0,38 – 0,84)	0,88 (0,68 – 0,97)
VPP	0,60 (0,69 – 0,96)	0,82 (0,66 – 0,92)	0,93 (0,80 – 0,98)
VPN	0,50 (0,32 – 0,68)	0,52 (0,31 – 0,73)	0,84 (0,64 – 0,95)
Précision	0,67 (0,54 – 0,78)	0,71 (0,58 – 0,82)	0,90 (0,80 – 0,96)

VPP : Valeur prédictive positive, VPN : Valeur prédictive négative, tableau tiré de l'étude de *Barton, Salineros et al. (2011)*

### Traitements (conservateur et non-conservateur)

Les traitements liés au conflit se divisent selon deux catégories : conservateurs et non-conservateurs. Dès l'apparition des symptômes, une diminution de la demande articulaire (arrêt de la discipline) semble bénéfique (Lavigne, Parvizi et al. 2004). La consultation en physiothérapie, utilisant majoritairement des traitements manuels ou des exercices neuromusculaires, peut permettre l'amélioration des différentes amplitudes articulaires (Zhang, Li et al. 2015). Selon Byrd (2014), un entraînement spécifique visant la ceinture abdomino-lombaire semblerait efficace afin de diminuer les douleurs.

Parallèlement à ces exercices, une prescription d'anti-inflammatoires non-stéroïdiens peut s'effectuer afin de diminuer l'inflammation. Toutefois, ceux-ci peuvent causer une altération des sensations neuronales, camouflant une dégénérescence articulaire précoce (Lavigne, Parvizi et al. 2004).

Dans l'optique où le problème deviendrait trop important, l'athlète devra subir une intervention chirurgicale. Trois différentes méthodes sont utilisées par les spécialistes : la dislocation totale, la petite dislocation (*mini-open surgery*) ainsi que l'arthroscopie sont les principales techniques utilisées (Matsuda, Carlisle et al. 2011). D'après cette même revue de la littérature, les différentes techniques engendreraient toutes de bons résultats à moyen et long termes.

## **Conclusion**

L'évaluation clinique de l'articulation coxo-fémorale est généralement constituée de l'anamnèse, de l'évaluation des amplitudes articulaires ainsi que de l'exécution des tests à provocation de douleur. Malgré certaines caractéristiques propres à un problème intra-articulaire, l'anamnèse ne peut, à elle seule, déterminer précisément la nature du problème (Margo, Drezner et al. 2003, Byrd 2014). De ce fait, les amplitudes articulaires, rapportant des mesures quantitatives continues et fidèles, permettent de mieux cibler le problème pouvant survenir à l'articulation. Certaines amplitudes articulaires, telles que la flexion et la rotation interne à la hanche semblent être altérées voir, diminuées en présence d'un problème comme l'arthrose de la hanche ou le conflit fémoro-acétabulaire.

L'utilisation d'un goniomètre, d'un inclinomètre ou même d'un téléphone cellulaire permet de récolter ces mesures d'amplitudes (Shin, Ro du et al. 2012, Tousignant-Laflamme, Boutin et al. 2013, Choi and Kang 2015). Elles permettent par la suite

d'effectuer un suivi personnalisé de la condition articulaire basé sur des données objectives. Suite à l'évaluation des amplitudes articulaires, le thérapeute peut avoir recours aux tests à provocation de douleur. Majoritairement composés de mesures dichotomiques, ceux-ci ne peuvent être utilisés dans l'optique de quantifier la condition. Outre le test de FABER, aucun autre test à provocation de douleur n'a été quantifié à l'aide de mesures continues.

Par la suite, l'imagerie par résonance magnétique et la radiographie standard permettent, ensemble, d'obtenir des mesures valides face à la présence de modifications structurelles. Le spécialiste peut par la suite inclure ou exclure la présence d'un conflit fémoro-acétabulaire. Malgré ce diagnostic, il n'existe pas à ce jour des traitements conservateurs permettant de stopper la progression du CFA. Dans la majorité des cas, les patients auront donc recours à la chirurgie si le problème persiste.

Le conflit fémoro-acétabulaire est un problème pouvant se présenter chez la population en générale ainsi que chez les sportifs de hauts niveaux. Bien que ces deux populations soient à risque d'être diagnostiqués d'un conflit, les athlètes sont le type de patients majoritairement touchés par ce problème à l'articulation coxo-fémorale. Malgré le lien unissant le conflit fémoro-acétabulaire à la coxarthrose, ce dernier se manifeste de manière plus précoce chez la population symptomatique. Un travail en amont doit être effectué afin d'augmenter le nombre d'outils et de mesures fidèles et valides permettant aux différents spécialistes de mieux évaluer la santé intra-articulaire des personnes atteintes par ce problème.

L'idée générale de ce projet était de présenter un protocole permettant un transfert clinique ainsi qu'une utilisation facile par un vaste éventail de cliniciens. Cette étude se positionne dans un élan de quantification des tests propres à l'évaluation du conflit fémoro-acétabulaire. Cette étude est basée en partie sur des méthodes de quantifications présentées auparavant pour le test de FABER.

L'objectif principal était de présenter une nouvelle méthode de quantification pour le test du signe du pincement et le test de FADIR par l'entremise d'une application de boussole intégrée à un téléphone cellulaire et de valider celle-ci à l'aide de mesures psychométriques tels que les fidélités intra et inter-évaluateurs. Le premier objectif spécifique était de connaître les effets de sexe (hommes vs femmes) et les effets de pratique (10 premières et 10 dernières évaluations) sur la fidélité. Le deuxième objectif spécifique était de documenter les erreurs-type de mesures ( $S_E$ ) et les différences minimales détectables (DMD) permettant de juger dument des variables transférables au milieu clinique.

En terme d'hypothèses, on s'attend à ce que l'effet de sexe n'influencera pas la fidélité tant en intra, qu'en inter-évaluateurs. Toutefois, on s'attend à un effet de pratique vu le peu d'expérience en milieu clinique chez les juges. Il est important de noter que ce niveau d'expérience a été sélectionné pour un aspect méthodologique. La fidélité intra et inter-évaluateurs sera améliorée avec l'augmentation du nombre d'évaluations effectuées. Les erreur-types de mesures ainsi que les DMD seront influencés de la même façon que les ICC. Bien que le sexe n'influencera pas ces valeurs, le niveau de pratique des juges aura une influence.

## **Validation of a quantification approach for the assessment of two usual clinical tests for hip pain management using a built-in smartphone compass application**

L'article présenté ici est celui qui a été évalué par les membres du jury de ce mémoire de maîtrise et soumis à titre d'*Original Article*, selon les informations suivantes :

Journal: Musculoskeletal Science & Practice

Reference number: YMATH\_2018\_91

Associate editor: David Walton

Article type: Original article

Initial submission: 18/may/2018

Current status: Suite à une recommandation de l'éditeur, le présent article a été modifié en note technique et re-soumis (voir la note en bas de page à cet effet<sup>2</sup>)

### INTRODUCTION

Assessment of the hip joint may be fairly succinct and straightforward. It can also be quite complex because clinicians need to distinguish coexistent or compensatory disorders from coincidental findings (1,2). A typical clinical assessment of the hip begins with a detailed patient history (3). This helps in understanding the onset of symptoms, the characteristics of pain, the mechanical features and aggravating factors (4). Pain localization must also be precise: as the site varies, so does the etiology (3).

Assessment of range of motion (ROM) also plays a significant role when evaluating patients presenting with hip pain. It provides quantitative measures, which help monitor any changes in joint conditions, and allow the therapist to better evaluate hip integrity (5,8). For example, the hip joint ROM for flexion and internal rotation are reduced in patients with hip osteoarthritis (OA) or femoroacetabular impingement (FAI) (6,7). However, this

---

<sup>2</sup> Journal: Musculoskeletal Science & Practice

Reference number: YMATH\_2018\_205

Associate editor: David Walton

Article Type: Technical and Measurement Notes

Initial submission: 11/august/2018

Current status: With Editor

assessment of ROM needs to be reliable and valid to note any significant changes or impairments in joint conditions (8).

In order to quantify ROM, different instruments are available. A large number of clinicians (9) uses the goniometer, due to its low cost and versatility. One limitation of this instrument is that the clinician needs both hands to hold it while taking the ROM measurement. This procedure makes the stabilisation of the lower limb more difficult and can increase measurement error (9). The inclinometer, by being portable and lightweight, can be a good alternative despite the fact that it is more expensive compared to goniometers (5). Unlike the latter that relies on anatomical axes, the inclinometer uses gravity as a reference point to assess ROM (5,10). This effectively helps stabilizing the extremity being assessed. Recently, smartphone applications taking advantage of the built-in compass and inclinometer have demonstrated good reliability and validity when used for shoulder and cervical ROM quantification (8,11). These applications have been shown to be easy to use and require minimum training for the clinicians (8).

Although hip ROM assessment is one of the key aspects during the clinical evaluation, clinicians can conduct other tests such as pain provocation tests when suspecting intra or extra-articular hip disorders (12). Contrarily to ROM, pain provocation tests are typically performed in such a way to provide dichotomous results (i.e. painful or non-painful). These tests are considered positive only if they recreate the patient's pain.

Multiple authors have added continuous variables to some provocation tests in order to improve tests validity (3). For example, the FABER test has been quantified by assessing the vertical distance between the lateral aspect of the knee and the examination table. This new quantification approach resulted in good intra-rater reliability (ICC: 0.76-0.91) and moderate inter-rater reliability (ICC: 0.68). Thereby, it demonstrated the possibility of

using continuous measures for the FABER test assessment and provided normative values for men and women. The measure proposed was not significantly influenced by gender differences. To this day, other pain provocation tests such as flexion-adduction-internal rotation (FADIR) and impingement sign (IS) tests have not been quantified (7,12,15). Adding quantitative measures to those tests that require internal rotation ROM should help monitor hip disorders considering its link with intra-articular troubles (6,7).

Therefore, the main objective of this study is to present a new quantification approach for assessing both the IS and FADIR tests using a built-in smartphone compass application. This work includes three specific objectives. The first is to validate the measurement approach with psychometric qualities such as intra and inter-rater reliability. The second objective is to examine the effects of gender (males vs. females), the effect of the raters' practice (10 first vs. 10 last evaluation) and the between-session effect on reliability. The third objective is to evaluate the clinical transferability of the measurement approach by documenting the standard error of measurement (SEM) and minimal detectable difference (MDD).

## METHODS

### Study design

The three raters that took part in this research were all kinesiology graduates. Prior to their recruitment, none of them were familiar with the IS and FADIR test protocols. To standardize the procedures across raters and ensure familiarity with the tests, a certified athletic trainer with eight years of practice demonstrated both test protocols. Thereafter, each rater practiced the entire protocol at least three but up to five times. Three teams of raters were formed. Each team referred to two raters: one *assessor* who performed the tests manually and one *note taker* who compiled the data on a paper form. In this manner, raters A and B formed team #1, raters B and C team #2, and raters C and A formed team #3. Teams order was randomized for each participant but was steady between assessment sessions. Every team of two raters performed the assessment protocol on every participant in two sessions conducted one day apart. Participants were tested at the same time of the day in both sessions. They were asked to keep the same daily routine prior to each assessment session. The assessment protocol was composed of the FADIR and the impingement sign tests and lasted approximately 30 minutes. The tests order was also randomized for each participant but was the same for both assessment sessions.

### Participants

Twenty participants were recruited from an academic setting (10 females, 10 males; (mean $\pm$  SD) age: 24.0  $\pm$  0.9 years, height: 1.69 m  $\pm$  0.04 m; body weight: 68.3  $\pm$  4.6 kg, BMI: 23.8 $\pm$  1.3 kg/m<sup>2</sup>). They declared to be asymptomatic and never had hip pain in the past. Volunteers were not included if they reported hip, knee, low back or sacroiliac pain within the preceding three months, or if they had any history of hip or low back surgery.



Volunteers who played soccer, hockey or football for at least one year while exceeding 5hr/wk. for any or 7hr/wk. when combined were not included. This last criterion was used to help decrease the risk of asymptomatic intra-articular problems (e.g. FAI, osteoarthritis, labral tears) in the sample (20). The study was approved by the institutional ethic committees and in accordance with the revised version of the declaration of Helsinki. All participants gave their written informed consent prior to take part in this study.

### Instruments

Two smartphones were used (*iPhone 6s*®, using *iOs version 11.1.1*). The built-in compass application of the first smartphone, which relies on the in-built magnetometer, was employed to note down the *Starting* and *Ending* positions of the tested leg in the transversal plane during the impingement sign test (see Figure 1, illustrations B and C). This compass application also served the purpose of noting the two positions of the tested leg in an oblique plane during the FADIR test. A custom case was made to hold the first smartphone and ensure a hand-free protocol for the compass application. This case was stuck on a 40 x 70 x 140.5 cm (height x width x length) sponge. Two bands of self-gripping tape passed through the sponge and around the proximal and frontal aspect of the participant's leg just under the tibial tuberosity (see Figure 1, illustration A.1.). In order to record the maximal adduction angle obtained during the FADIR test, the built-in inclinometer application from the second smartphone was used.

## Procedure of assessment session

### *Pre-testing procedure*

The height and body weight of each participant were measured using a mechanical scale. The participant was then asked to lie supine on the examination table. Rater A marked the tibial tuberosity of the tested lower limb by using a black ink pen. Rater C then attached the smartphone around the tested leg just below this mark by using the custom case.

### *Impingement sign test*

The impingement sign test was performed according to previous study (17). First, the rater acting as the *assessor* brings the hip and knee at approximately 90 degrees of flexion. The same rater then holds the anterior aspect of the knee with one hand while the other hand is placed under the Achilles' tendon (see Figure 1, illustrations B.1. and B.2.). This positioning was considered as the *Starting* position. The rater acting as *note taker* writes down the data observed at the *Starting position*. Then, the *assessor* brings the hip in internal rotation until maximum range of motion is reached. The maximum range of motion was considered as attained when a firm end-feel was detected without compensatory motion from the pelvis. The *assessor* holds this position for two seconds so that the *note taker* can write down the data observed at this *Ending* position indicated on the compass application. The internal rotation between the Starting and Ending positions was termed  $ROM_{IMPINGEMENT}$ .

### *FADIR test*

The FADIR test execution was slightly adapted from previous studies (12,18). Usually performed in one movement, the FADIR was sequenced in three successive steps in order to standardize the testing protocol. First, the rater acting as the *assessor* brings the hip and knee to 90 degrees of flexion. Secondly, the same rater brings the hip in maximal adduction (see Figure 1, illustration C.1.). This maximal adduction angle was considered as attained just before the rater felt the ipsilateral side pelvis starting to lift off the examination table. The rater acting as *note taker* positioned the second smartphone at the mid-thigh level along its longitudinal axis and used the inclinometer application to write down the maximal hip adduction angle observed, termed  $ADD_{MAX}$ . (see Figure 1, illustrations C.1. et C.2.). The description above defines the *Starting* position. At that position, the *note taker* writes the data indicated on the compass. Lastly, while maintaining maximum adduction angle, the *assessor* brings the hip in internal rotation until the maximum is reached. The *assessor* holds this position for two seconds so that the *note taker* can write down the data observed at this *Ending* position indicated on the compass (see Figure 1, illustrations C.2. et C.3.). The internal rotation between the Starting and Ending positions was termed  $ROM_{FADIR}$ .

*Insert Figure 1*

### Data analysis and statistical method

Data analysis was performed using SPSS v.24.0. The statistical threshold was set at  $p < 0.05$  (two-tailed). Independent sample t-tests were used to compare the body weight and height (male vs. females). A 3-factor ANOVA model with repeated-measures on the third factor were used to test for gender, practice (10 first vs. 10 last evaluations) and between-

session (S1 vs. S2) effects for all means observed on the three following variables (see figure 1):  $ROM_{IMPINGEMENT}$  ( $^{\circ}$ ),  $ROM_{FADIR}$  ( $^{\circ}$ ) and  $ADD_{MAX}$  ( $^{\circ}$ ). Intra-class correlation coefficients ( $ICC_{2,1}$ ) and their 95% confidence interval were computed to obtain intra- and inter-rater reliability coefficients for these three variables. The ICCs were interpreted based on the classification of Portney and Watkins (16). Values under 0.50 are considered as poor reliability, between 0.50 and 0.75 as moderate reliability and between 0.75 and 0.90 as good reliability. Values over 0.90 are considered as excellent reliability. The standard error of measurement (SEM) was calculated to document the absolute error for each variable in terms of reliability. The minimal detectable difference (MDD) was reported to provide the minimal difference that needs to be obtained, in a 95% confidence interval, to ensure that a significant change occurred (19).

## RESULTS

The mean values obtained for morphological features across the entire cohort and between genders are shown in table 1. A significant difference was observed between genders for the height, with values being smaller for women compared to men.

*Insert Table 1*

The 3-factor ANOVA model revealed significant gender effects for the ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> and ROM<sub>FADIR</sub> variables ( $F_{2,19} = 5.18, p = 0.04$ , and  $F_{2,19} = 4.53, p = 0.05$ , respectively), with women having a significantly greater ROM in internal rotation. However, no such effect was observed on ADD<sub>max</sub> ( $F_{2,19} = 3.02, p = 0.10$ ). No practice effect was observed on any of the ROM variables (all  $p > 0.05$ ). A significant between-session effect was also obtained with values of the ROM<sub>FADIR</sub> showing a significant greater internal rotation in the second session compared to the first ( $F_{2,19} = 7.29, p = 0.02$ , see Table 2). No interactions were observed between gender, practice or session effects.

*Insert Table 2*

The intra-rater reliability coefficients (ICC) and the related MDDs are presented in Table 3. Values of intra-rater reliability were 0.80 and 0.75 for ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> and ROM<sub>FADIR</sub> respectively. The MDDs computed for ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> and ROM<sub>FADIR</sub> variables were 22° and 23° respectively. The ICC for the ADD<sub>MAX</sub> position was 0.64 and the corresponding MDD was 20°. The SEM calculated from intra-rater ICC ranged from 6° to 10° for ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> and from 7° to 9° for ROM<sub>FADIR</sub> (Figure 2 (1.A-1.B)). The

SEM obtained for ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> tended to be greater in women and to decrease with practice (10 first vs. 10 last evaluation). The SEM for ROM<sub>FADIR</sub> also tended to be greater in women, although no such trend was observed for the practice effect.

*Insert Table 3 and Figure 2*

The inter-rater reliability coefficients (ICC) and the associated MDDs are presented in Table 4. Values of ICCs obtained were 0.70 for ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> and 0.40 for ROM<sub>FADIR</sub>. The corresponding MDD values reached 34° and 44° respectively. For the FADIR test, the ICC of the ADD<sub>max</sub> was 0.61 and the associated MDD was of 28°. The SEMs ranged from 12° to 14° for the ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> and from 12° to 16° for the ROM<sub>FADIR</sub> (see Figure 2; 2.A and 2.B). The SEM for the ROM<sub>IMPINGEMENT</sub> tended to be greater in men and to increase with practice (10 first vs. 10 last evaluations). Conversely, the SEM for the ROM<sub>FADIR</sub> tended to be greater in women and to decrease with practice.

*Insert Table 4*

## Discussion

The impingement sign and FADIR tests are typically used in clinical set-up when suspecting intra-articular hip disorders. Both tests require hip internal rotation (IR) with or without adduction and are performed to recreate patient's pain. The presence of pain can underlie different hip disorders, although those tests present suboptimal diagnostic accuracy when relying on dichotomous variables (6,7). Multiple studies have revealed a link between internal rotation ROM and intra-articular hip disorders such as hip osteoarthritis and femoroacetabular impingement (6, 21, 25).

The smartphone was chosen for its ease of use by minimally experience rater group. This level of experience was selected to highlight possible practice effects during the assessment process. The main objective of this study was to validate a new quantification approach, for the impingement sign and FADIR tests using a built-in smartphone compass application.

Our findings show that minimal experience is required to obtain a good level of intra-rater reliability. However, the weaker level of inter-rater reliability (from poor to moderate) suggests that this approach might require more experience with the tests or a substantial standardization effort among raters.

Reliability coefficients rely on different methodological aspects such as group composition, raters experience or assessment tool (16). Our second objective was to evaluate if gender, practice and between-session effects influenced reliability. According to our results, these different parameters did not influence the reliability coefficients. Our last objective was to highlight which variable as the lowest SEM and MDD values. According to our results, the  $ROM_{IMPINGEMENT}$  and the  $ROM_{FADIR}$  both have SEM values of eight degrees. Values observed for the MDDs were higher than expected. The inexperience of

raters with these tests may partly explain this finding. The level of subjectivity inherent to manual tests also contributes to the higher MDDs. Our finding suggests that these test protocols should be more objective and standardized for lowering measurement variability.

#### Impingement sign test

Good intra-rater reliability was observed among raters performing the impingement sign test (mean ICC of 0.80). This result could be interpreted as containing 20% of unexplained error. To explain this, it is possible that raters adopted a subjective reference to set the hip at 90° of flexion, from a supine position during the test procedure. Intra-rater variation in this positioning through test-retests may contribute to measurement error.

Using an objective reference to set this position may be a factor to consider for reducing measurement errors. Nevertheless, that approach could complicate the administration of the test and is likely unpractical in a clinical setting. Thereby, the minimal experience of raters may have been a source of error because visual and proprioceptive acuities are required to set the ending position of maximal internal rotation with consistency (22). This could have introduced slight pelvis or trunk motion susceptible to influence reliability. Our results also show a moderate inter-rater reliability (mean ICC of 0.72). The same sources of error presented for intra-rater reliability also extended to inter-rater reliability. As reliability is a ratio of variance, expanding the number of raters can increase the amount of variance, thus lowering reliability coefficients (19).

To date, no other study evaluated the reliability of measuring the ROM during the impingement sign test. The studies of John H. Hollman et al. (23) and Krause, D.A. et al. (22) reported an intra-rater reliability of 0.84 for hip internal rotation ROM. The raters in both studies were experimented, and measurements were made with a goniometer or an



inclinometer with participants lying in a seated position. The present approach leads to similar intra-rater reliability as in those two studies, but for inexperienced raters.

Our study is the first to report SEM and MDD data for the impingement sign test. The standard error of measurement (SEM) ranged from 6° to 10° (in test-retest or intra-rater context) and from 12° to 14° (in inter-rater context). According to our observations, SEMs tended to decrease between the 10 first participants evaluated in comparison to the 10 last. Although this small trend is present in our study, a larger sample would be needed to determine the slope attributed to rater familiarization, and to determine the size of error when the minimum is reached. Previous study reported SEM between 2 and 4 degrees when assessing hip internal rotation in a prone position (26). Similarly to the SEM, the minimal detectable differences (MDD) were lower within the context of intra-rater reliability. According to our results, 22° is the amount of difference required between assessments of hip internal rotation ROM to note a significant difference in context of test-retest measurement with the same rater. In the inter-rater context, this requirement increases to 34°.

### FADIR test

Moderate intra-rater reliability was noted among raters performing the FADIR test (mean ICC of 0.75). Similarly to the impingement sign test, the subjectivity of the personal reference for positioning the hip at 90°, the minimal experience of raters, and the possible pelvis and trunk motions are all factors that may have influenced the reliability of this test. Previous study reported intra-rater reliability between 0,68 and 0,78 when assessing neck rotation using a smartphone application (8). A subjective reference was also used to set the hip in maximal adduction prior to the FADIR test. Although this hip position was well described in the present protocol, visual and proprioceptive acuities are also required to set maximal adduction, as demonstrated by the moderate ICC values obtained (ICC: 0.64). The sources of error present lengthened these impacts on inter-rater reliability for the internal rotation ROM (mean ICC: 0.40) although hip maximal adduction inter-rater reliability was similar to the intra-rater reliability (ICC: 0.61).

The standard error of measurement (SEM), using a built-in smartphone compass application, ranged between 7 and 9° (in test-retest or intra-rater context) and from 12 and 16° (in inter-rater context). According to our results, the SEMs did not decrease with practice, as was the case in the impingement sign test. As for the SEMs, the minimal detectable differences (MDD) were lower in intra-rater context. According to ours results, the same rater needs a 23° difference to note a significant difference in a test-retest assessment. In the context of inter-rater with three inexperienced raters, a 44° difference is needed to detect a significant difference. Previous study reported MDD values between 17 and 33 degrees (intra) and between 18 and 32 degrees when assessing shoulder ROMs using smartphone inclinometer (11).

This study has some limitations. First, this study was conducted by inexperienced raters on an asymptomatic population. As the reliability is specific to each context, this protocol may give different results if used by expert raters in a symptomatic population. Although the minimal experience of each rater permitted to study the possible effect of practice, a larger sample could have led to obtain the minimal SEM and MDD values. Lastly, the unmonitored pelvis and trunk motion may have influenced reliability and internal rotation means.

### CONCLUSION

The built-in smartphone compass application is a tool that requires minimum training and is easy to use in a clinical set-up. Thereby, this application could help clinicians quantify the internal rotation at the hip joint, adding quantitative measurements in the assessment process.

The good intra-rater reliability and the moderate to poor inter-rater reliability showed that the same rater should assess the same person in order to facilitate follow-up. Further studies should propose a more objective and standardized protocol in order to decrease sources of error, especially when it comes to detecting the maximal range of motion, which is subjective. While the hip joint is composed of many different anatomical structures, further studies are needed to determine which structures limit the hip range of motion according to specific test positioning.

## REFERENCES

1. Byrd, J. W. (2014). "Femoroacetabular impingement in athletes: current concepts." Am J Sports Med **42**(3): 737-751.
2. Reiman, M. P. and K. Thorborg (2014). "Clinical examination and physical assessment of hip joint-related pain in athletes." Int J Sports Phys Ther **9**(6): 737-755.
3. Margo, K., et al. (2003). "Evaluation and management of hip pain: an algorithmic approach." J Fam Pract **52**(8): 607-617.
4. Clohisy, J. C., et al. (2009). "Clinical presentation of patients with symptomatic anterior hip impingement." Clin Orthop Relat Res **467**(3): 638-644.
5. Kolber, M. J. and W. J. Hanney (2012). "The reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: a technical report." Int J Sports Phys Ther **7**(3): 306-313.
6. Altman, R., et al. (1991). "The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip." Arthritis Rheum **34**(5): 505-514.
7. Philippon, M. J., et al. (2007). "Clinical presentation of femoroacetabular impingement." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **15**(8): 1041-1047.
8. Tousignant-Laflamme, Y., et al. (2013). "Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone to measure cervical range of motion in healthy participants." J Neuroeng Rehabil **10**(1): 69.

9. Gajdosik, R. L. and R. W. Bohannon (1987). "Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity." Phys Ther **67**(12): 1867-1872.
10. Choi, B. R. and S. Y. Kang (2015). "Intra- and inter-examiner reliability of goniometer and inclinometer use in Craig's test." J Phys Ther Sci **27**(4): 1141-1144.
11. Shin, S. H., et al. (2012). "Within-day reliability of shoulder range of motion measurement with a smartphone." Man Ther **17**(4): 298-304.
12. Tijssen, M., et al. (2012). "Diagnostics of femoroacetabular impingement and labral pathology of the hip: a systematic review of the accuracy and validity of physical tests." Arthroscopy **28**(6): 860-871.
13. Philippon, M. J., et al. (2013). "Prevalence of increased alpha angles as a measure of cam-type femoroacetabular impingement in youth ice hockey players." Am J Sports Med **41**(6): 1357-1362.
14. Bagwell, J. J., et al. (2016). "The Reliability of Faber Test Hip Range of Motion Measurements." Int J Sports Phys Ther **11**(7): 1101-1105.
15. Martin, H. D., et al. (2010). "The pattern and technique in the clinical evaluation of the adult hip: the common physical examination tests of hip specialists." Arthroscopy **26**(2): 161-172.
16. Portney, L. & Watkins, M. (2009), "Foundations of Clinical Research Applications to Practice",
17. Santori, N. and R. N. Villar (2000). "Acetabular labral tears: result of arthroscopic partial limbectomy." Arthroscopy **16**(1): 11-15.

18. Narvani, A. A., et al. (2003). "A preliminary report on prevalence of acetabular labrum tears in sports patients with groin pain." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **11**(6): 403-408.
19. Weir, J. P. (2005). "Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM." J Strength Cond Res **19**(1): 231-240.
20. Ayeni, O. R., et al. (2014). "Femoroacetabular impingement in elite ice hockey players." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **22**(4): 920-925.
21. Reichenbach, S., et al. (2010). "Prevalence of cam-type deformity on hip magnetic resonance imaging in young males: a cross-sectional study." Arthritis Care Res (Hoboken) **62**(9): 1319-1327.
22. Krause, D. A., et al. (2015). "Reliability of hip internal rotation range of motion measurement using a digital inclinometer." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **23**(9): 2562-2567.
23. Hollman, J. H., et al. (2003). "Passive hip rotation range of motion: effects of testing position and age in runners and non-runners" . Physiotherapy Theory and Practice, **19**(2), 77-86.
24. Nussbaumer, S., et al. (2010). "Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients." BMC Musculoskelet Disord **11**: 194.
25. Yuan, B. J., et al. (2013). "Decreased range of motion is associated with structural hip deformity in asymptomatic adolescent athletes." Am J Sports Med **41**(7): 1519-1525.
26. Malliaras, P., et al. (2009). "Hip flexibility and strength measures: reliability and association with athletic groin pain." Br J Sports Med **43**(10): 739-74

**Table 1. Morphological features**

Variables	<i>All</i>	<i>Women</i>	<i>Men</i>
	(n = 20)	(n = 10)	(n = 10)
Age (years)	<b>24.0</b> ± 2.1	<b>23.7</b> ± 1.6	<b>24.2</b> ± 2.6
Weight (kg)	<b>68.3</b> ± 10.4	<b>64.2</b> ± 11.1	<b>72.3</b> ± 8.3
Height (m)	<b>1.70</b> ± 0.09	<b>1.64</b> ± 0.09*	<b>1.74</b> ± 0.06
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	<b>23.8</b> ± 3.0	<b>23.8</b> ± 4.0	<b>23.9</b> ± 1.8

**Mean** ± SD, \* significant difference found between women and men according to a significance P-value < 0.05

**Table 2. Observed means**

Variables	Session 1			Session 2		
	All (n=20)	Women (n=10)	Men (n=10)	All (n=20)	Women (n=10)	Men (n=10)
ROM <sub>IMPINGEMENT</sub> (°)	<b>56.0</b> ± 12.0	<b>61.8</b> ± 10.7 <sup>†</sup>	<b>50.3</b> ± 10.8	<b>58.4</b> ± 12.0	<b>63.5</b> ± 12.7 <sup>†</sup>	<b>53.2</b> ± 9.1
ROM <sub>FADIR</sub> (°)	<b>44.8</b> ± 9.2*	<b>48.2</b> ± 7.4 <sup>†</sup>	<b>41.4</b> ± 9.9	<b>47.2</b> ± 10.4*	<b>52.0</b> ± 9.2 <sup>†</sup>	<b>42.3</b> ± 9.5
ADD <sub>MAX</sub> (°)	<b>39.9</b> ± 8.0	<b>42.6</b> ± 8.8	<b>37.1</b> ± 6.4	<b>39.9</b> ± 8.0	<b>42.5</b> ± 10.0	<b>37.3</b> ± 4.4

**Mean** ± SD, \* significant difference on mean values observed between sessions 1 and 2 according to a P-value < 0.05, † significant difference found between women and men on ROM values observed for impingement sign and FADIR tests using a threshold P-value < 0.05.

**Table 3. Intra-rater reliability coefficient (ICC) and MDD**

Variables	ICC			MDD		
	ALL	WOMEN	MEN	ALL	WOMEN	MEN
	<b>Impingement sign test</b>					
ROM <sub>IMPINGEMENT</sub> (°)	<b>0.80</b> [0.68-0.92]	<b>0.78</b> [0.69-0.87]	<b>0.76</b> [0.58-0.94]	<b>22.3 ± 4.6</b>	<b>23.6 ± 4.1</b>	<b>20.8 ± 6.8</b>
	<b>FADIR TEST</b>					
ROM <sub>FADIR</sub> (°)	<b>0.75</b> [0.67-0.83]	<b>0.69</b> [0.56-0.82]	<b>0.75</b> [0.63-0.87]	<b>22.9 ± 4.4</b>	<b>25.2 ± 7.2</b>	<b>20.2 ± 1.3</b>
ADD <sub>max</sub> (°)	<b>0.64</b> [0.39-0.89]	<b>0.65</b> [0.33-0.97]	<b>0.55</b> [0.17-0.88]	<b>20.4 ± 5.9</b>	<b>22.6 ± 7.7</b>	<b>17.8 ± 6.5</b>

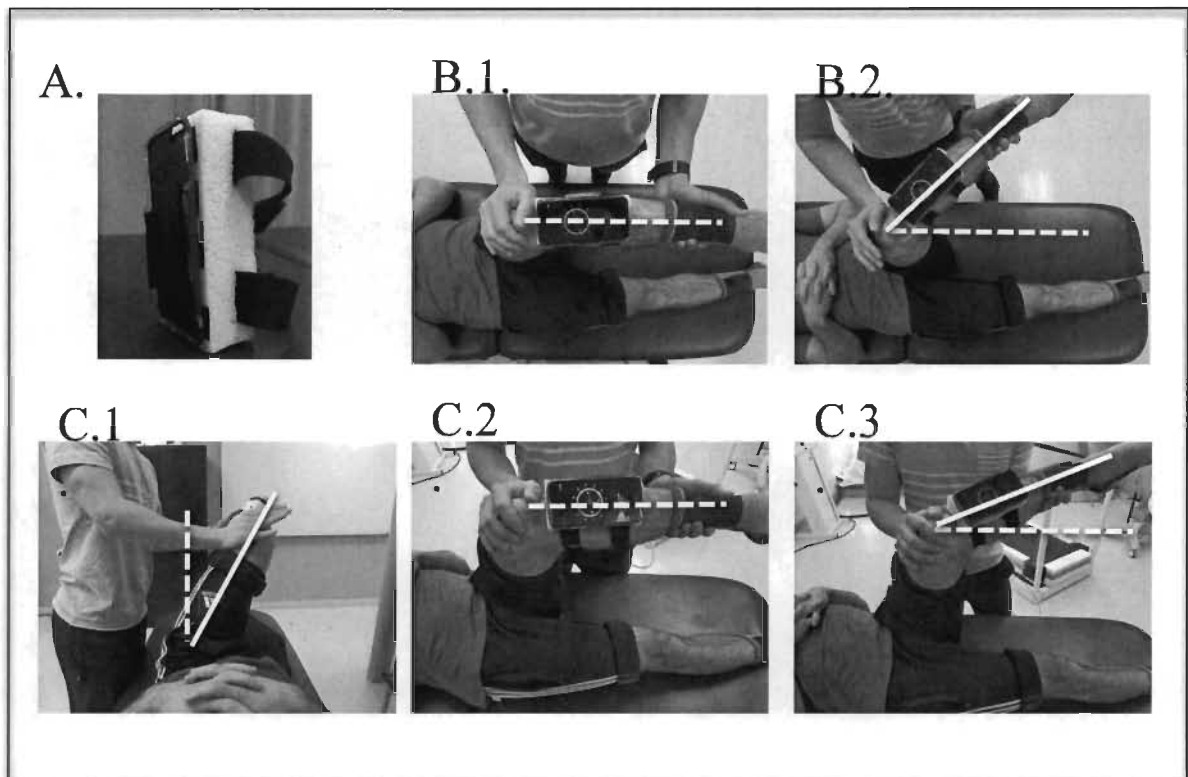
**Mean values** and [confidence intervals 95%] for the Intra-rater reliability coefficient (ICC<sub>2,1</sub>) and **Mean values ± SD** for the minimal detectable difference (MDD) in degrees (°)

**Table 4. Inter-rater reliability coefficient (ICC) and MDD**

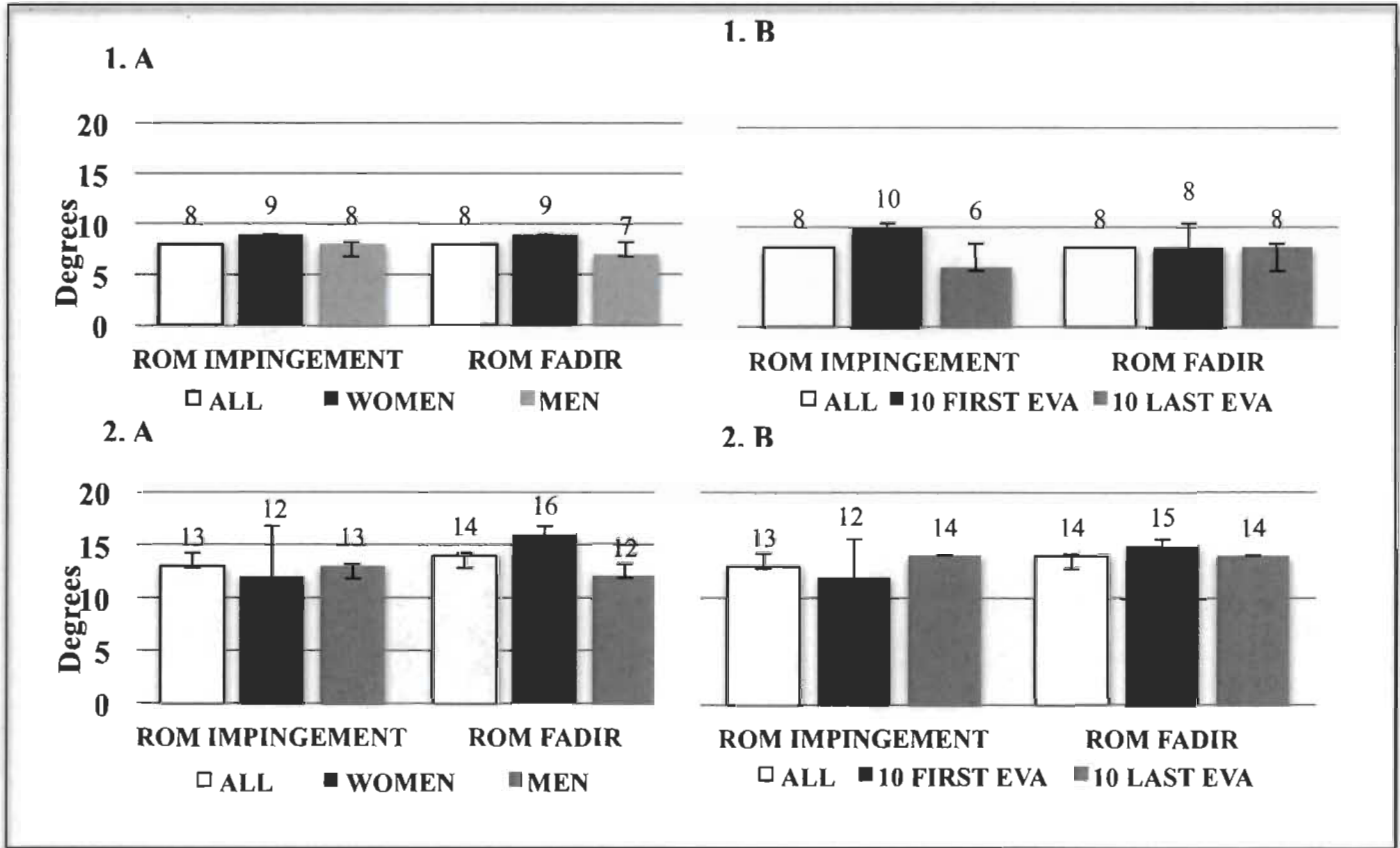
Variables	ICC			MDD (°)		
	ALL	WOMEN	MEN	ALL	WOMEN	MEN
	<b>Impingement sign test</b>					
ROM <sub>IMPINGEMENT</sub>	<b>0.72</b>	<b>0.70</b>	<b>0.64</b>	33.8	31.6	36.1
	<b>FADIR test</b>					
ROM <sub>FADIR</sub>	<b>0.40</b>	<b>0.11</b>	<b>0.59</b>	44.6	53.6	36.0
ADD <sub>max</sub>	<b>0.61</b>	<b>0.54</b>	<b>0.68</b>	28.2	35.2	19.9

Intra-class correlation coefficient for inter-rater reliability (ICC<sub>2,1</sub>) observed and minimal detectable difference (MDD) in degrees obtained for the first assessment session





**Figure 1.** A. The custom smartphone case; B.1. Starting and B.2. Ending positioning for the impingement sign test (hip and knee at  $90^\circ$  of flexion) both picture views in a horizontal plane (Positioning (B.2.) – (B.1.) =  $ROM_{IMPINGEMENT} [^\circ]$ ); C.1. Measurement of the maximal adduction from a vertical reference line ( $ADD_{MAX} [^\circ]$ ) according to a horizontal plane picture. C.2. Starting and C.3. Ending positioning for the FADIR test, both picture views in an oblique plane (Positioning (C.3.) – (C.2.):  $ROM_{FADIR} [^\circ]$ ). Each ROM was computed by subtracting the observed data in Ending positioning (full lines) from those in Starting positioning (dotted lines).



**Figure 2.** The SEM observed for the impingement sign and FADIR tests; Graphs 1.A. and 1.B. illustrate SEM values obtained from intra-rater reliability coefficients; Graphs 2.A. and 2.B. illustrate SEM values obtained from inter-rater reliability coefficients. The vertical lines on bar graphs correspond to standard deviation [SD 95%].

## DISCUSSION GÉNÉRALE

Les tests du signe du pincement et de FADIR permettent habituellement d'obtenir des mesures dichotomiques, témoignant de la présence ou non, de la douleur à l'articulation testée. Bien que celle-ci puisse être tributaire d'un problème intra-articulaire, cette information ne semble pas très spécifique. Depuis peu, le test de FABER permet l'obtention de mesures quantifiées. Ce type de mesure pourrait, suite à une étude de validité, être liée à la présence d'un problème intra-articulaire (Bagwell, Bauer et al. 2016).

L'arthrose de la hanche affecte la structure de l'articulation coxo-fémorale provoquant une perte de l'amplitude en rotation interne et en flexion (Altman, Alarcon et al. 1991). Bien que les deux tests utilisés dans cette étude requièrent ces types de mouvements, aucune mesure quantifiée n'avait été récoltée auparavant lors de leurs applications. De ce fait, l'objectif principal était de présenter une méthode de quantification utilisant une boussole intégrée à un téléphone cellulaire pour chiffrer les degrés de rotation interne présents dans les deux tests. Cette méthode n'avait jamais été expérimentée pour ce genre de test. De plus, la simplicité de l'utilisation du téléphone cellulaire dans ce type de méthode pourrait faciliter une application clinique ultérieure.

Le test du signe du pincement est celui présentant les meilleures fidélités intra et inter-juge, atteignant respectivement 0,80 et 0,72. Le test de FADIR présentait lui aussi une fidélité intra-juge relativement bonne atteignant 0,75. Toutefois, la fidélité inter-juge présentait un certain problème d'accord (0,40). Il est important de noter que n'y le sexe, le niveau de pratique et les sessions influençaient significativement les coefficients de corrélation intra-classe.

Ces résultats dénotent quelques observations pertinentes. La simplicité du présent protocole a permis à des juges ayant très peu d'expérience en milieu clinique, d'obtenir des valeurs de fidélité intra-juge relativement bonnes chez une population asymptomatique. De plus, l'utilisation de la boussole, intégrée à un téléphone cellulaire, s'avère un instrument intéressant pour mesurer ces amplitudes articulaires auprès de ce type de population.

Bien que la fidélité intra-juge soit semblable pour les deux tests, le test de FADIR semblait contenir certaines lacunes protocolaires affectant la fidélité inter-juge. Cette différence peut s'expliquer, en partie, par la présence de certaines sources d'erreurs. Dans un premier temps, la fidélité de la mesure de la rotation interne du test de FADIR ne peut surpasser la fidélité liée à ces variables indépendantes (soit la valeur de l'adduction maximale). De ce fait, les variations présentes dans le positionnement initial en adduction maximale ( $ADD_{max}$ , ICC : 0,61) peut avoir eu une certaine influence sur la mesure de l'amplitude totale ( $ROM_{FADIR}$ ) vu le taux de fidélité inter-juge relativement bas (0,40). Le positionnement initial en adduction maximale devait être maintenue tout au long de la rotation. Malgré cette caractéristique protocolaire, les juges ont pu connaître certaines difficultés à effectuer cette tâche. Bien qu'hypothétique, l'augmentation ou la diminution de l'adduction maximale pendant l'obtention de la rotation interne maximale, peut avoir fait varier la coaptation à l'articulation, changeant ainsi l'amplitude totale obtenue.

Il est important de noter que l'expérience des juges était connue avant le début de l'expérimentation et que celle-ci était un aspect méthodologique important. Ce niveau d'expérience avait été choisi afin d'observer un possible effet de pratique (amélioration de la fidélité) tout au long du processus d'évaluation. Toutefois, ce manque d'expérience pourrait être tributaire de certains des coefficients observés dans cette étude.

Les erreurs types de mesure ( $S_E$ ) permettent de connaître l'intervalle de confiance autour d'un résultat obtenu. Pour le test du signe du pincement, l'erreur type de mesure liée à la fidélité intra-évaluateur se chiffrait à six degrés. Une tendance liée à la pratique semblait apparaître lors de la comparaison des 10 premières aux 10 dernières évaluations. Cette diminution des  $S_E$  lors des 10 dernières évaluations se traduit par un possible effet de stabilisation de la mesure. En d'autres mots, l'augmentation du niveau de pratique des juges permettrait de diminuer le niveau d'erreur contenu dans la mesure. Une étude subséquente devrait être effectuée sur une plus grande population afin de confirmer cette hypothèse. L'erreur type de mesure obtenue lors du test de FADIR était de sept degrés lorsque calculée à partir de la fidélité intra-évaluateur. Contrairement au test du signe de pincement, aucune tendance de type effet de pratique n'a été observée. Les  $S_E$  liées à la fidélité inter-évaluateurs étaient de  $13^\circ$  pour les deux tests. Les  $S_E$  liées à la fidélité inter-évaluateurs sont plus élevées que celles observées en intra-évaluateur. Ces résultats dénotent que la prise de mesure lors de ces tests devrait être effectuée par le même évaluateur afin de diminuer le risque d'erreur.

Les  $S_E$  sont utilisées afin de déterminer la différence minimale détectable (DMD). La DMD définit le plus petit niveau de changement qui peut être considéré au-dessus du niveau d'erreur attendu dans la mesure. Selon nos résultats, une variation inférieure ou égale à  $22^\circ$  pour la rotation interne sur le test du signe du pincement peut être présente chez 95% de la population. Pour le test de FADIR, une variation de plus de 23 degrés doit être obtenue afin de considérer la présence d'un réel changement. Les DMD liées à la fidélité inter-évaluateur étaient de 34 et 45 degrés pour le test du signe du pincement et de FADIR. Tel que discuté plus tôt pour les  $S_E$ , les résultats liés aux DMD dénotent qu'une différence est plus facilement observable lorsque l'évaluation est effectuée par le même évaluateur.

La présence d'une augmentation des  $S_E$  et des DMD liées à la fidélité inter-évaluateurs témoigne de quelques observations pertinentes. Celle-ci montre qu'un nombre plus important de variations est possible lorsque plusieurs juges sont engagés dans une même évaluation. De plus, dans l'optique d'un transfert clinique de ce protocole, l'utilisation de celui-ci devrait toujours se faire par le même évaluateur pour un même client afin d'améliorer la fidélité de l'évaluation ainsi que du suivi.

Les valeurs des  $S_E$  montrent que ce protocole permet la quantification des mesures d'amplitudes en rotation interne dans ces deux tests. Toutefois, les valeurs des DMD démontrent qu'il est pour l'instant impossible d'utiliser ce protocole dans l'optique de connaître la présence d'une modification dans la condition. À la lumière de ces résultats, l'utilisation de différents outils pourrait améliorer la fidélité permettant du même coup une diminution de la grandeur des valeurs des  $S_E$  et des DMD. Une étude démontre que l'utilisation d'une ceinture semble être profitable pour améliorer les coefficients de fidélité (Nussbaumer, Leunig et al. 2010).

L'objectif général de ce mémoire était de présenter une méthode de quantification pour l'application de tests à provocation de douleur. Les résultats obtenus en fidélité intra-évaluateur montrent que cette première ébauche protocolaire permet l'obtention de mesures quantifiées fidèles liées aux tests du signe du pincement et de FADIR. Le premier objectif spécifique était de connaître les différents effets apportés par le sexe (Homme vs. Femmes) ainsi que par le niveau de pratique des juges (10 premiers versus 10 derniers participants) sur la fidélité. Les résultats obtenus démontrent que les effets de sexe et de pratiques n'ont aucun effet sur la fidélité de la mesure. Toutefois, il est important de noter qu'il existe une différence significative entre les sexes lors de l'obtention de la rotation interne dans les deux tests avec les femmes ayant des amplitudes plus importantes que les hommes. Le

dernier objectif spécifique était de recenser les  $S_E$  et les DMD pour chaque variable étudiée. Tel que décrit plus tôt, les  $S_E$  montrent que ce protocole permet la quantification de la rotation interne dans ces deux tests lorsqu'utilisé par le même évaluateur (intra). Toutefois, lors de l'application des tests par plusieurs évaluateurs, les  $S_E$  augmentent démontrant une plus grande marge d'erreur. D'une part, les mesures de DMD montrent que le protocole devrait être standardisé davantage afin de diminuer la variabilité dans la mesure tant en intra qu'en inter-évaluateur.

### **Forces et limites**

L'idée principale de cette étude était de présenter un protocole d'évaluation se rapprochant davantage du milieu clinique. L'utilisation d'un outil simple et largement disponible, jumelé à un groupe de juges inexpérimentés en évaluation clinique du CFA nous a permis de montrer la possibilité de son utilisation par un large éventail de professionnels.

La présentation d'un protocole standardisé à plusieurs niveaux a permis de limiter différentes sources d'erreurs. Ce protocole fut d'ailleurs enseigné par la même personne et ce, au même moment. De ce fait, les explications étaient les mêmes pour l'ensemble des évaluateurs. Afin de diminuer les variations intra-sujets, chaque participant devait se présenter à la même heure pour les deux séances et devait avoir la même routine. Dernièrement, l'utilisation de la boussole intégrée à un téléphone cellulaire semble être un outil intéressant afin de quantifier la rotation interne à la hanche et ce, malgré la présence

de différents degrés d'adduction. Les nuances possibles entre les évaluateurs proviennent peut-être du niveau de proprioception personnel, dans la reconnaissance de l'amplitude articulaire maximale.

Cette étude présente aussi quelques limites. Dû à la position du cellulaire et de celle de l'évaluateur, ce dernier était en mesure de voir les angles initiaux et finals lors de la prise de mesure. Bien que ce problème aurait pu influencer la fidélité, ces angles étaient notés par un deuxième évaluateur. Cette caractéristique du protocole peut avoir limité l'effet de souvenance mais peut avoir introduit un biais de transcription. Les mouvements au niveau du bassin et du tronc lors de l'obtention de l'amplitude maximale peuvent avoir influencé les mesures de rotations internes et les valeurs de fidélité. Les travaux de Nussbaumer, Leunig et al. (2010) démontrent que l'utilisation d'une ceinture au niveau du bassin peut permettre l'obtention de mesures plus stables. Bien que cette utilisation puisse permettre l'obtention de meilleurs coefficients de corrélation et ainsi minimiser les valeurs de DMD, il aurait été plus ardu d'utiliser ce protocole en milieu clinique. Dernièrement, le groupe de participants asymptotiques peut diminuer la validité externe de ce protocole. Il est alors possible que les valeurs obtenues en rotation interne ainsi que les coefficients de corrélation intra-classe diffèrent chez un groupe présentant des douleurs à l'articulation coxo-fémorale.

## **Perspectives futures et conclusion**

L'articulation coxo-fémorale est une articulation à la fois stable et mobile ayant un nombre important de structures agissant sur celle-ci. Malgré ces caractéristiques, le protocole présenté ici semble être un pas dans la bonne direction afin d'augmenter le



nombre de mesures continues et quantifiés à ces tests auparavant utilisés dans un optique de provocation de douleur.

Malgré les résultats obtenus dans cette étude, des recherches ultérieures devront être effectuées sur les différentes structures contraintes par ce type d'évaluation. Il s'avère alors important de juger dument de laquelle ou de lesquelles provoquent l'atteinte de l'amplitude maximale. L'ébauche des études présentées ci-dessous dénote l'évaluation des différentes composantes capsulaires lors de l'application des tests utilisés dans ce présent mémoire. Celles-ci seront exécutées lors de mes études doctorales.

Bien que les muscles agissent lors de mouvements actifs, les ligaments qui composent la capsule articulaire jouent un rôle mécanique important dans le soutien lors des mouvements passifs (Martin, Savage et al. 2008). Les tests utilisés dans ce présent mémoire impliquent l'utilisation d'amplitudes articulaires en rotation interne. Cette dernière serait, selon certains auteurs, restreinte par le ligament ischio-fémoral (Martin, Savage et al. 2008). Lors de recherches futures il sera intéressant d'évaluer le comportement des différents ligaments capsulaires lors de l'exécution de ces tests.

La présence d'une douleur à l'articulation est l'information habituellement recueillie lors de l'utilisation des tests à provocation de douleur (Tijssen, van Cingel et al. 2012). Selon Goddard and Gosling (1988), il existe un lien entre la pression intra-articulaire et la douleur ressentie en présence d'arthrose de la hanche ( $r= 0,796$ ). Comme l'arthrose est définie comme étant subséquente au CFA, est-il possible que les différents tests à provocation de douleur augmentent la pression intra-articulaire ? Est-ce que la fin d'amplitude articulaire est synonyme d'une augmentation de cette pression ?

Dernièrement, qu'en est-il de la déformation capsulaire lorsque l'articulation coxo-fémorale est placée en flexion à 90° jumelée à une rotation interne maximale ? Tel que

démontré par Telleria, Lindsey et al. (2011), 60% de sa surface est recouverte par les ligaments (ilio-fémoral, ischio-fémoral et pubo-fémoral). Toutefois, comment se comporte le 40% restant ?

L'utilisation de modèles cadavériques permettra d'effectuer des mesures de coxométrie qui pourront être jumelées aux différentes informations obtenues en lien avec la tension ligamentaire, la pression intra-capsulaire ainsi qu'avec la déformation capsulaire. L'évaluation de l'articulation coxo-fémorale est complexe et ces prochaines études pourront peut-être aider les cliniciens à mieux comprendre les signes cliniques en fonction du comportement des structures articulaires.

Il s'avère important de donner un nombre important d'outils cliniques aux différents spécialistes afin que ceux-ci puissent évaluer de manière efficace les patients présentant une douleur à la hanche. Cette présentation d'une nouvelle approche de quantification est simple à exécuter grâce à l'utilisation d'un téléphone cellulaire, un objet couramment utilisé. De plus, la simplicité du protocole a permis à des juges inexpérimentés en évaluation clinique d'obtenir des valeurs de fidélité relativement bonnes.

## Références

- Altman, R., Alarcon, G., Appelrouth, D., Bloch, D., Borenstein, D., Brandt, K., ... & Greenwald, R. (1991). The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*, 34(5), 505-514.
- Astolfi, M. M., Struminger, A. H., Royer, T. D., Kaminski, T. W., & Swanik, C. B. (2015). Adaptations of the shoulder to overhead throwing in youth athletes. *Journal of athletic training*, 50(7), 726-732.
- Atkinson, G. and A. & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*, 26(4), 217-238.
- Audenaert, E. A., Peeters, I., Vigneron, L., Baelde, N., & Pattyn, C. (2012). Hip morphological characteristics and range of internal rotation in femoroacetabular impingement. *The American journal of sports medicine*, 40(6), 1329-1336.
- Bagwell, J. J., Bauer, L., Gradoz, M., & Grindstaff, T. L. (2016). The reliability of FABER test hip range of motion measurements. *International journal of sports physical therapy*, 11(7), 1101.
- Barton, C., Salineros, M. J., Rakhra, K. S., & Beaulé, P. E. (2011). Validity of the alpha angle measurement on plain radiographs in the evaluation of cam-type femoroacetabular impingement. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 469(2), 464-469.
- Belanger, L., Burt, D., Callaghan, J., Clifton, S., & Gleberzon, B. J. (2013). Anterior cruciate ligament laxity related to the menstrual cycle: an updated systematic review of the literature. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 57(1), 76.
- Bijl, D., J Dekker, ME van Baar, RAB Oostendorp, AM Lemmens, JWJ Bijlsma, Th. B. Voorn, D. (1998). Validity of Cyriax's concept capsular pattern for the diagnosis of osteoarthritis of hip and/or knee. *Scandinavian journal of rheumatology*, 27(5), 347-351.
- Braunstein, E. M. (1982). Anterior cruciate ligament injuries: a comparison of arthrographic and physical diagnosis. *American Journal of Roentgenology*, 138(3), 423-425.
- Byrd, J. W. (2014). Femoroacetabular impingement in athletes: current concepts. *The American journal of sports medicine*, 42(3), 737-751.
- Caine, D., DiFiori, J., & Maffulli, N. (2006). Physeal injuries in children's and youth sports: reasons for concern?. *British journal of sports medicine*, 40(9), 749-760.

- Choi, B. R. & Kang, S. Y. (2015). Intra-and inter-examiner reliability of goniometer and inclinometer use in Craig's test. *Journal of physical therapy science*, 27(4), 1141-1144.
- Clohisy, J. C., Carlisle, J. C., Beaulé, P. E., Kim, Y. J., Trousdale, R. T., Sierra, R. J., ... & Millis, M. B. (2008). A systematic approach to the plain radiographic evaluation of the young adult hip. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.*, 90(Suppl 4), 47.
- Clohisy, J. C., Knaus, E. R., Hunt, D. M., Leshner, J. M., Harris-Hayes, M., & Prather, H. (2009). Clinical presentation of patients with symptomatic anterior hip impingement. *Clinical orthopaedics and related research*, 467(3), 638-644.
- Cusick, A., Vasquez, M., Knowles, L., & Wallen, M. (2005). Effect of rater training on reliability of Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function scores. *Developmental medicine and child neurology*, 47(1), 39-45.
- Domayer, S. E., Ziebarth, K., Chan, J., Bixby, S., Mamisch, T. C., & Kim, Y. J. (2011). Femoroacetabular cam-type impingement: diagnostic sensitivity and specificity of radiographic views compared to radial MRI. *European journal of radiology*, 80(3), 805-810.
- Dudda, M., Albers, C., Mamisch, T. C., Werlen, S., & Beck, M. (2009). Do normal radiographs exclude asphericity of the femoral head-neck junction?. *Clinical orthopaedics and related research*, 467(3), 651-659.
- Epstein, D. M., McHugh, M., Yorio, M., & Neri, B. (2013). Intra-articular hip injuries in National Hockey League players: a descriptive epidemiological study. *The American journal of sports medicine*, 41(2), 343-348.
- Freehill, M. T. & Safran, M. R. (2011). The labrum of the hip: diagnosis and rationale for surgical correction. *Clinics in sports medicine*, 30(2), 293-315.
- Gajdosik, R. L. a & Bohannon, R. W. (1987). Clinical measurement of range of motion: review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Physical therapy*, 67(12), 1867-1872.
- Ganz, R., Parvizi, J., Beck, M., Leunig, M., Nötzli, H., & Siebenrock, K. A. (2003). Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 417, 112-120.
- Gerhardt, M. B., Romero, A. A., Silvers, H. J., Harris, D. J., Watanabe, D., & Mandelbaum, B. R. (2012). The prevalence of radiographic hip abnormalities in elite soccer players. *The American journal of sports medicine*, 40(3), 584-588.

- Goddard, N. J. & Gosling, P. T. (1988). Intra-articular fluid pressure and pain in osteoarthritis of the hip. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 70(1), 52-55.
- Gosvig, K. K., Jacobsen, S., Sonne-Holm, S., Palm, H., & Troelsen, A. (2010). Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 92(5), 1162-1169.
- Hack, K., Di Primio, G., Rakhra, K., & Beaulé, P. E. (2010). Prevalence of cam-type femoroacetabular impingement morphology in asymptomatic volunteers. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 92(14), 2436-2444.
- James, S. L., Ali, K., Malara, F., Young, D., O'Donnell, J., & Connell, D. A. (2006). MRI findings of femoroacetabular impingement. *American Journal of Roentgenology*, 187(6), 1412-1419.
- Kolber, M. J. & Hanney, W. J. (2012). The reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: a technical report. *International journal of sports physical therapy*, 7(3), 306.
- Koo, T. K. Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*, 15(2), 155-163.
- Lahner, M., Walter, P. A., von Schulze Pellengahr, C., Hagen, M., von Engelhardt, L. V., & Lukas, C. (2014). Comparative study of the femoroacetabular impingement (FAI) prevalence in male semiprofessional and amateur soccer players. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 134(8), 1135-1141.
- Lavigne, M., Parvizi, J., Beck, M., Siebenrock, K. A., Ganz, R., & Leunig, M. (2004). Anterior femoroacetabular impingement: part I. Techniques of joint preserving surgery. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 418, 61-66.
- Lerebours, F., Robertson, W., Neri, B., Schulz, B., Youm, T., & Limpisvasti, O. (2016). Prevalence of cam-type morphology in elite ice hockey players. *The American journal of sports medicine*, 44(4), 1024-1030.
- Leunig, M., Beaulé, P. E., & Ganz, R. (2009). The concept of femoroacetabular impingement: current status and future perspectives. *Clinical orthopaedics and related research*, 467(3), 616-622.
- Leunig, M. and R. Ganz (2005). Femoroacetabular impingement. A common cause of hip complaints leading to arthrosis. *Unfallchirurg* 108(1): 9-10, 12-17.

- Mamisch, T. C., Bittersohl, B., Hughes, T., Kim, Y. J., Welsch, G. H., Dudda, M., ... & Trattning, S. (2008, September). Magnetic resonance imaging of the hip at 3 Tesla: clinical value in femoroacetabular impingement of the hip and current concepts. In *Seminars in musculoskeletal radiology* (Vol. 12, No. 03, pp. 212-222). © Thieme Medical Publishers.
- Margo, K., Drezner, J., & Motzkin, D. (2003). Evaluation and management of hip pain: an algorithmic approach.(Applied evidence: new research findings that are changing clinical practice). *Journal of family practice*, 52(8), 607-618.
- Martin, H. D., Kelly, B. T., Leunig, M., Philippon, M. J., Clohisy, J. C., Martin, R. L., ... & Safran, M. R. (2010). The pattern and technique in the clinical evaluation of the adult hip: the common physical examination tests of hip specialists. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 26(2), 161-172.
- Martin, H. D. & Palmer, I. J. (2013). History and physical examination of the hip: the basics. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 6(3), 219-225.
- Martin, H. D., Savage, A., Braly, B. A., Palmer, I. J., Beall, D. P., & Kelly, B. (2008). The function of the hip capsular ligaments: a quantitative report. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 24(2), 188-195.
- Martin, R. L., Enseki, K. R., Draovitch, P., Trapuzzano, T., & Philippon, M. J. (2006). Acetabular labral tears of the hip: examination and diagnostic challenges. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(7), 503-515.
- Martin, R. L., Irrgang, J. J., & Sekiya, J. K. (2008). The diagnostic accuracy of a clinical examination in determining intra-articular hip pain for potential hip arthroscopy candidates. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 24(9), 1013-1018.
- Martin, R. L. & Sekiya, J. K. (2008). The interrater reliability of 4 clinical tests used to assess individuals with musculoskeletal hip pain. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 38(2), 71-77.
- Maslowski, E., Sullivan, W., Harwood, J. F., Gonzalez, P., Kaufman, M., Vidal, A., & Akuthota, V. (2010). The diagnostic validity of hip provocation maneuvers to detect intra-articular hip pathology. *Physical Medicine & Rehabilitation*, 2(3), 174-181.
- Matsuda, D. K., Carlisle, J. C., Arthurs, S. C., Wierks, C. H., & Philippon, M. J. (2011). Comparative systematic review of the open dislocation, mini-open, and arthroscopic surgeries for femoroacetabular impingement. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 27(2), 252-269.
- Murray, D. W. (1993). The definition and measurement of acetabular orientation. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 75(2), 228-232.

- Murray, R. O. (1965). The aetiology of primary osteoarthritis of the hip. *The British journal of radiology*, 38(455), 810-824.
- Nepple, J. J., Brophy, R. H., Matava, M. J., Wright, R. W., & Clohisy, J. C. (2012). Radiographic findings of femoroacetabular impingement in National Football League Combine athletes undergoing radiographs for previous hip or groin pain. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 28(10), 1396-1403.
- Nogier, A., onin, N., May, O., Gedouin, J. E., Bellaiche, L., Boyer, T., & Lequesne, M. (2010). Descriptive epidemiology of mechanical hip pathology in adults under 50 years of age. Prospective series of 292 cases: clinical and radiological aspects and physiopathological review. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 96(8), S53-S58.
- Nussbaumer, S., Leunig, M., Glatthorn, J. F., Stauffacher, S., Gerber, H., & Maffiuletti, N. A. (2010). Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. *BMC musculoskeletal disorders*, 11(1), 194.
- Oonishi, H., Isha, H., & Hasegawa, T. (1983). Mechanical analysis of the human pelvis and its application to the artificial hip joint—by means of the three dimensional finite element method. *Journal of biomechanics*, 16(6), 427-444.
- Philippon, M. J., Briggs, K. K., Yen, Y. M., & Kuppersmith, D. A. (2009). Outcomes following hip arthroscopy for femoroacetabular impingement with associated chondrolabral dysfunction: minimum two-year follow-up. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 91(1), 16-23.
- Philippon, M. J., Ho, C. P., Briggs, K. K., Stull, J., & LaPrade, R. F. (2013). Prevalence of increased alpha angles as a measure of cam-type femoroacetabular impingement in youth ice hockey players. *The American journal of sports medicine*, 41(6), 1357-1362.
- Philippon, M. J., Maxwell, R. B., Johnston, T. L., Schenker, M., & Briggs, K. K. (2007). Clinical presentation of femoroacetabular impingement. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15(8), 1041-1047.
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2009). *Foundations of clinical research: Applications to practice*. Upper Saddle River, N.J: Pearson/Prentice Hall
- Radin, E. L., Burr, D. B., Caterson, B., Fyhrie, D., Brown, T. D., & Boyd, R. (1991, December). Mechanical determinants of osteoarthrosis. In *Seminars in arthritis and rheumatism* (Vol. 21, No. 3, pp. 12-21). WB Saunders.

- Reichenbach, S., Jüni, P., Werlen, S., Nüesch, E., Pfirrmann, C. W., Trelle, S., ... & Leunig, M. (2010). Prevalence of cam-type deformity on hip magnetic resonance imaging in young males: a cross-sectional study. *Arthritis care & research*, 62(9), 1319-1327.
- Rousson, V., Gasser, T., & Seifert, B. (2002). Assessing intrarater, interrater and test-retest reliability of continuous measurements. *Statistics in medicine*, 21(22), 3431-3446.
- Santori, N. & Villar, R. N. (2000). Acetabular labral tears: result of arthroscopic partial limbectomy. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 16(1), 11-15.
- Shin, S. H., Lee, O. S., Oh, J. H., & Kim, S. H. (2012). Within-day reliability of shoulder range of motion measurement with a smartphone. *Manual therapy*, 17(4), 298-304.
- Siebenrock, K. A., Ferner, F., Noble, P. C., Santore, R. F., Werlen, S., & Mamisch, T. C. (2011). The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 469(11), 3229.
- Stafford, G. & Witt, J. (2009). The anatomy, diagnosis and pathology of femoroacetabular impingement. *British Journal of Hospital Medicine* (2005), 70(2), 72-77.
- Tannast, M., Siebenrock, K. A., & Anderson, S. E. (2007). Femoroacetabular impingement: radiographic diagnosis—what the radiologist should know. *American Journal of Roentgenology*, 188(6), 1540-1552.
- Telleria, J. J., Lindsey, D. P., Giori, N. J., & Safran, M. R. (2011). An anatomic arthroscopic description of the hip capsular ligaments for the hip arthroscopist. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 27(5), 628-636.
- Thomas, G. E., Palmer, A. J., Andrade, A. J., Pollard, T. C., Fary, C., Singh, P. J., ... & Glyn-Jones, S. (2013). Diagnosis and management of femoroacetabular impingement. *British Journal of General Practice*, 63(612), e513-e515.
- Tibor, L. M. & Sekiya, J. K. (2008). Differential diagnosis of pain around the hip joint. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 24(12), 1407-1421.
- Tijssen, M., van Cingel, R., Willemsen, L., & de Visser, E. (2012). Diagnostics of femoroacetabular impingement and labral pathology of the hip: a systematic review of the accuracy and validity of physical tests. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 28(6), 860-871.
- Tousignant-Laflamme, Y., Boutin, N., Dion, A. M., & Vallée, C. A. (2013). Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone™ to measure cervical range of



motion in healthy participants. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 10(1), 69.

- Tveit, M., B. E., Nilsson, J. Å., & Karlsson, M. K. (2012). Former male elite athletes have a higher prevalence of osteoarthritis and arthroplasty in the hip and knee than expected. *The American journal of sports medicine*, 40(3), 527-533.
- Weir, A., de Vos, R. J., Moen, M., Hölmich, P., & Tol, J. L. (2009). Prevalence of radiological signs of femoroacetabular impingement in patients presenting with long standing adductor related groin pain. *British journal of sports medicine*.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231-240.
- Zhang, C., Li, L., Forster, B. B., Kopec, J. A., Ratzlaff, C., Halai, L., ... & Esdaile, J. M. (2015). Femoroacetabular impingement and osteoarthritis of the hip. *Canadian Family Physician*, 61(12), 1055-1060.

## ANNEXES

### Annexe 1 - Certificat éthique (N° du certificat : CER-17-236-07.16)

**UQTR**  
Savoir.  
Surprendre.

**CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS**

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

**Titre :** Fidélité de tests de provocation servant au diagnostic du conflit fémoro-acétabulaire: étude préliminaire sur une population saine

**Chercheur(s) :** Karine Bolvin  
Département des sciences de l'activité physique


**Organisme(s) :** Fonds de recherche clinique UQTR

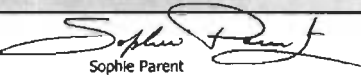
**N° DU CERTIFICAT :** CER-17-236-07.16

**PÉRIODE DE VALIDITÉ :** Du 17 juillet 2017 au 17 juillet 2018

**En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :**

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

  
Bruce Maxwell  
Président du comité

  
Sophie Parent  
Secrétaire du comité

*Décanat de la recherche et de la création*      Date d'émission : 17 juillet 2017

## Annexe 2 - Questionnaire téléphonique



Fidélité de tests de provocation servant au diagnostic du conflit fémoro-acétabulaire : étude préliminaire sur une population saine

Questionnaire en voie d'approbation par le comité d'éthique institutionnel : CER-

### QUESTIONNAIRE TÉLÉPHONIQUE ET VALIDÉ EN PERSONNE

- Date de passation du questionnaire (jj/mm/aaaa) : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Section 1 – Informations biométriques			
Questions	Précisions	Admission	
		Oui	Non
1. Quelle est votre âge et votre date de naissance ?	Âge : _____ (18 à 30 ans) Date : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La personne est de sexe :	Féminin : <input type="checkbox"/> (continuez à la question 2.2) Masculin : <input type="checkbox"/> (continuez à la question 3)		
2.2 Est-elle enceinte ?	Réponse : OUI NON	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Section 2 – Informations relatives à la discipline sportive			
Questions	Précisions	Admission	
		Oui	Non
4. Pratiquez-vous ou avez-vous pratiqué dans le passé une des disciplines sportives : hockey, soccer, football. Si oui, à quelle fréquence hebdomadaire et sur quelle période ?	a) Fréquence hebdomadaire Nombre d'heures/semaine en moyenne : _____ heures  b) Période : Moins d'un an : <input type="checkbox"/> Plus d'un an : <input type="checkbox"/> <i>si &gt; 5 heures par semaine et plus d'un an : exclusion</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Pratiquez-vous ou avez-vous pratiqué dans le passé plus d'une discipline sportive parmi les suivantes : hockey, soccer ou football. Si oui, à quelle fréquence hebdomadaire et sur quelle période ?	a) Fréquence hebdomadaire Nombre d'heures/semaine en moyenne : _____ heures  b) Période : Moins d'un an : <input type="checkbox"/> Plus d'un an : <input type="checkbox"/> <i>si &gt; 7 heures par semaine et plus d'un an : exclusion</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Section 3 – Conditions reliées à l'état musculosquelettique**

Questions	Réponses		Précisions	Admission		
	Oui	Non		Oui	Non	
<p>5. Lors de votre enfance, avez-vous été atteint par l'un des problèmes suivant, à la hanche :</p> <p>a) Maladie de Legg-Calves-Perthes ;</p> <p>b) Épiphysiolyse fémorale ;</p> <p>c) Tout autre problème pouvant causer une déformation articulaire ou osseuse au niveau du rachis, du bassin, hanche ou du genou.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p><i>Si oui, préciser :</i></p> <p>_____</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p>6. Avez-vous subi une blessure ligamentaire à une hanche dans les 12 derniers mois ?</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p><i>Si oui, préciser le(s) ligament(s) et la latéralité :</i></p> <p>_____</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>7. Avez-vous subi une blessure ligamentaire à un genou dans les 3 derniers mois ?</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p><i>Si oui, préciser le(s) ligament(s) et la latéralité :</i></p> <p>_____</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<p>9. Avez-vous subi une intervention chirurgicale au niveau du rachis et/ou du membre inférieur ?</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<p><i>Si oui, préciser l'endroit et la latéralité :</i></p> <p><u>Colonne Vertébrale</u> <input type="checkbox"/></p> <p><u>Bassin</u> <input type="checkbox"/></p> <p><u>Hanche</u> <input type="checkbox"/></p> <p><u>Genou</u> <input type="checkbox"/></p> <p><u>Cheville</u> <input type="checkbox"/></p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>10. Au cours des trois derniers mois, avez-vous ressenti des douleurs à une hanche ou à l'aîne lors des AVQ ou pendant la pratique d'activités sportives.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<p><i>Si oui, quand :</i></p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>11. Au cours des trois derniers mois, avez-vous ressenti une douleur à une hanche lorsque vous étiez assis pendant plus de 30 minutes ?</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<p><i>Si oui : <u>exclusion</u></i></p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>12. Au cours des trois derniers mois, avez-vous ressenti une raideur matinale à une hanche sur une période de moins de 60 minutes ?</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<p><i>Si oui : <u>exclusion</u></i></p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>13. Au cours des trois derniers mois, avez-vous eu une certaine difficulté à entrer ou sortir d'un véhicule à cause d'une limitation à une hanche ?</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>


14. Avez-vous déjà perçu un « pop » ou un « clic » à la hanche, dans n'importe quel contexte ?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<b>Section 4 - Autres questions</b>					
Questions	Réponses		Précisions	Admission	
	Oui	Non		Oui	Non
15. Effectuez-vous quelconque exercices d'étirement soutenu au quotidien?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	# de séance : _____ Durée d'une séance : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Annexe 3 - Critères d'inclusions et d'exclusions

### Critères d'inclusion et d'exclusion

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<b>Adressé à l'ensemble des participants sains</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Être en mesure de juger sciemment de son adhésion au projet et de répondre aux questionnaires en français.</li> <li>• Être âgé(e) entre 18 et 30 ans.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoir pratiqué dans le passé ou présentement une discipline sportive reconnue dans la littérature comme étant à risques du développement du CFA (hockey, soccer, football) 5 heures ou plus par semaine pendant au moins un an. (L'objectif ici est d'exclure les athlètes de haut niveau très à risque du développement du CFA pour maximiser les chances de valider les tests sur un échantillon de personnes saines en regard du CFA.)</li> <li>• Avoir pratiqué dans le passé ou présentement plus d'une discipline sportive parmi les suivantes : (hockey, soccer, football) à raison de plus de 7 heures par semaine pendant au moins un an. (L'objectif ici est d'exclure les sportifs multidisciplinaires à haut risque du développement du CFA.)</li> <li>• Avoir été atteint, lors de l'enfance, de l'un des problèmes suivants : Maladie de Legg-Calves-Perthes, d'épiphysiolyse fémorale ou tout autre problème pouvant causer une déformation articulaire ou osseuse au niveau des membres inférieurs.</li> <li>• Avoir subi une blessure ligamentaire au niveau d'une hanche ou d'un genou.</li> <li>• Avoir subi une intervention chirurgicale au niveau de la colonne vertébrale, du bassin, d'une hanche, d'un genou et/ou d'une cheville.</li> <li>• Au cours des trois derniers mois, avoir ressenti une douleur à une des articulations de la hanche ou à l'aîne lors des activités de la vie quotidienne ou lors de la pratique d'activités sportives.</li> <li>• Au cours des trois derniers mois, avoir ressenti une douleur à une hanche lors du maintien de la position assise, sur une période de plus de 30 minutes.</li> <li>• Au cours des trois derniers mois, avoir eu de la difficulté à entrer et/ou sortir d'un véhicule due à une limitation à une hanche.</li> <li>• Au cours des trois derniers mois, avoir ressenti des raideurs matinales au niveau d'une hanche sur une période de temps inférieur à 60 minutes</li> <li>• Avoir perçu un « pop » ou un « clic » au niveau de la hanche dans n'importe quel contexte.</li> <li>• Avoir tout autre condition pouvant affecter l'évaluation (p. ex. être enceinte).</li> </ul>

## Annexe 4 - Affiche informative



**PROJET DE RECHERCHE DANS LE  
DOMAINE DE LA SANTÉ**

Visant à déterminer la fidélité de tests cliniques servant au diagnostic d'un problème articulaire à la hanche (nommé le conflit fémoro-acétabulaire) : étude préliminaire sur une population saine

Cette étude ne vise pas à évaluer l'état de santé de vos hanches, mais plutôt à évaluer la validité de certains test cliniques pour les améliorer

**Implications**

- Un questionnaire téléphonique (15 min)
- Validation des trois tests cliniques sur 2 rencontres distinctes (environ 30 à 40 minutes par rencontre)

**Lieu**

- Université du Québec à Trois-Rivières

**Compensation financière : 10\$ par participant**

**LQTRA**  
Université du Québec  
à Trois-Rivières

Vous êtes âgé(e)s entre 18 et 30 ans et n'êtes pas engagé(e)s dans un sport à titre d'élite (ou impliquant haut volume de pratique)

Vous n'avez aucune douleur aux genoux et/ou aux hanches et/ou au bassin

Nous vous invitons donc à participer à cette étude et à nous aider à développer une méthode d'évaluation qui soit prometteuse au dépistage précoce des personnes prises avec un problème articulaire pouvant conduire à l'arthrose de la hanche

Pour plus d'informations  
Marc-Olivier St-Pierre  
marc-olivier.st-pierre@uqtr.ca

Directrice de recherche  
Karine Boivin Ph.D.  
Département des sciences de  
l'activité physique



## Annexe 5 - Courriel confirmant la réception de la soumission de l'article

Successfully received: submission Validation of a quantification approach for the assessm...



Musculoskeletal Science and Practice <Evisesupport@elsevier.com>

Ven 2018-05-18, 17:33

marc-olivier.st-pierre@uqtr.ca; ☼



*This message was sent automatically. Please do not reply.*

Ref: YMATH\_2018\_91

Title: Validation of a quantification approach for the assessment of two usual clinical tests for hip pain management using a built-in smartphone compass application

Journal: Musculoskeletal Science and Practice

Dear Mr. St-Pierre,

Thank you for submitting your manuscript for consideration for publication in Musculoskeletal Science and Practice. Your submission was received in good order.

To track the status of your manuscript, please log into EVISE® at:

[http://www.evise.com/evise/faces/pages/navigation/NavController.jsp?JRNL\\_ACR=YMATH](http://www.evise.com/evise/faces/pages/navigation/NavController.jsp?JRNL_ACR=YMATH)

and locate your submission under the header 'My Submissions with Journal' on your 'My Author Tasks' view.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Musculoskeletal Science and Practice

### Have questions or need assistance?

For further assistance, please visit our [Customer Support](#) site. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about EVISE® via interactive tutorials. You can also talk 24/5 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email.

-----  
Copyright © 2018 Elsevier B.V. | [Privacy Policy](#)

Elsevier B.V., Radarweg 29, 1043 NX Amsterdam, The Netherlands, Reg. No. 33156677.