

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
REGION GRAND EST
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**APPORT DE L'ÉCHOGRAPHIE DANS LE SYNDROME FÉMORO-PATELLAIRE
ÉVALUATION QUANTITATIVE DE LA POSITION PATELLAIRE EN CHARGE AVEC ADDUCTION
DE HANCHE CHEZ LE SUJET ASYMPTOMATIQUE**

Mémoire présenté par Sophie PETITFOUR,
Étudiante en 4^{ème} année de masso-
Kinésithérapie, en vue de l'obtention du
Diplôme d'État de Masseur-kinésithérapeute
2015-2019.



UE 28 - MÉMOIRE
DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e), PETITFOUR SOPHIE

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Nancy, le 30/04/2019

Signature

RÉSUMÉ

Apport de l'échographie dans le syndrome fémoro-patellaire :

Évaluation quantitative de la position patellaire en charge avec adduction de hanche chez le sujet asymptomatique

Introduction : La position patellaire est un paramètre à prendre en compte dans le Bilan Diagnostic Kinésithérapique (BDK) du Syndrome Fémoro-Patellaire (SFP) et le suivi de sa prise en charge. Ce mémoire a pour but d'étudier la position patellaire en charge par mesure échographique avec l'influence de l'adduction de la hanche et d'apprécier sa fiabilité. Ces mesures permettront une première ébauche de norme de la Distance Patella-Condyle (DPC), objectivant une latéralisation patellaire.

Matériel et méthode : Trente-neuf sujets asymptomatiques, mixtes, âgés en moyenne de 19,79 ans (+/- 1,42 ans), sportifs ou non, ont participé à l'étude. Les sujets ont effectué deux positions différentes. La position 1 (P1) était en demi-squat, genoux fléchis à 30° et hanche en adduction neutre. La position 2 (P2) était la P1 avec adduction de hanche à 10°. Les deux genoux étaient évalués pour chaque position en mesurant échographiquement la DPC.

Résultats : La DPC moyenne en P1 était de 0,75 (+/- 0,14) cm pour 0,58 (+/- 0,11) cm en P2 pour le membre inférieur dominant, montrant une latéralisation patellaire significative en P2 ($p < 0,001$). Aucune différence significative n'a été constatée entre les membres inférieurs dominant et non dominant ($p > 0,05$). Aucune différence significative n'a été constatée en P1 entre hommes et femmes ($p > 0,05$) mais une différence significative en P2 au membre inférieur non dominant ($p < 0,05$). La fiabilité des mesures intra-examineur était très forte, allant de 0,81 à 0,94 pour P1 et P2, avec des erreurs-types de mesure de 0,03 à 0,05 cm.

Conclusion : Chez les sujets asymptomatiques, l'échographie met en évidence une fréquente latéralisation patellaire par mesure de la DPC lors de l'adduction de hanche en charge, notamment chez les femmes. L'échographie est un outil fiable pour évaluer la position patellaire en charge et établir une norme de la DPC. Cet outil peut être intégré dans le BDK pour permettre une meilleure orientation du traitement kinésithérapique dans le SFP.

Mots clés : Adduction de hanche, Échographie, Position patellaire, Squat, Syndrome Fémoro-Patellaire

Contribution of Ultrasonography in the Patellofemoral syndrome :

Quantitative assessment of patellar position in weight-bearing condition with adduction in the asymptomatic subject

Introduction : The patellar position is a parameter to be taken into account in the physiotherapy assessment of the Patellofemoral Syndrome (PFS) and the follow-up of its care. The aim of this dissertation is to study the patellar position in the weight-bearing condition by ultrasound measurement with the influence of hip adduction and to assess its reliability. These measurements will allow a first draft of the Patella-Condyle Distance (PCD) standard, objectifying a patellar lateralization.

Material and method : Thirty-nine asymptomatic subjects, mixed, with a mean age of 19,79 years old (+/- 1,42 years old), athletic or not, participated in the study. The subjects performed two different positions. Position 1 (P1) was half squat, knees bent at 30° and hips in neutral adduction. Position 2 (P2) was P1 with hip adduction at 10°. Both knees were assessed for each position by ultrasonographically measuring the PCD.

Results : The mean PCD at P1 was 0,75 (+/- 0,14) cm for 0,58 (+/- 0,11) cm at P2 for the dominant lower limb, showing significant patellar lateralization in P2 ($p < 0,001$). No significant difference was found between dominant and non-dominant lower limbs ($p > 0,05$). No significant difference was found in P1 between men and women ($p > 0,05$) but a significant difference in P2 at the non-dominant lower limb ($p < 0,05$). The reliability of the intra-examiner measurements was excellent, ranging from 0,81 to 0,94 for P1 and P2, with a standard errors of measurement of 0,03 to 0,05 cm.

Conclusion : In asymptomatic subjects, ultrasonography shows frequent patellar lateralization by measuring the patella-condyle distance during hip adduction in the weight-bearing condition, especially in women. Ultrasonography is a reliable tool for assessing patellar position in the weight-bearing condition and establishing a patella-condyle distance standard. This tool can be integrated in the physiotherapy assessment to allow a better orientation of the physiotherapy treatment in the PFS.

Keywords : Hip adduction, Ultrasonography, Patellar position, Squat, Patellofemoral syndrome

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	
1. INTRODUCTION	1
1.1. Rappels sur l'anatomie et la biomécanique	3
1.1.1. Anatomie fonctionnelle fémoro-patellaire	3
1.1.2. Biomécanique fémoro-patellaire	5
1.1.3. Contraintes fémoro-patellaires en lien avec le syndrome fémoro-patellaire	6
1.2. Rappels sur le syndrome fémoro-patellaire	7
1.2.1. Définition	7
1.2.2. Bilans existants sur l'évaluation de la position patellaire	8
1.2.3. Biomécanique pathologique	8
1.2.4. Influence de la hanche dans le syndrome fémoro-patellaire	10
1.3. Rappels sur l'échographie	11
1.3.1. Généralités et principes de l'échographie	11
1.3.2. Échographie et kinésithérapie	12
1.3.3. Intérêts de la mesure échographique dans le syndrome fémoro-patellaire	14
2. MATÉRIEL ET MÉTHODE	15
2.1. Stratégie de recherche documentaire	15
2.2. Déroulement général de l'étude	16
2.3. Population	16
2.3.1. Population étudiée	16
2.3.1.1. Critères d'inclusion	16
2.3.1.2. Critères de non inclusion	16
2.3.1.3. Critères d'exclusion	17
2.3.2. Recrutement des participants : questionnaire	17
2.3.3. Inclusion des participants	18
2.4. Méthode du protocole	18
2.4.1. Déroulement général du protocole	18
2.4.2. Installation du patient pour la position 1	19
2.4.3. Installation du patient pour la position 2	20
2.4.4. Mesures de l'angle du genou et de la hanche	21

2.4.5. Réglage de l'appareil d'échographie	22
2.5. Critère d'évaluation	23
2.6. Matériel	24
2.7. Méthodologie d'analyse des statistiques de données	25
3. RÉSULTATS	26
3.1. Analyse descriptive des sujets	27
3.2. Analyse de l'influence de l'adduction de hanche sur la position patellaire	28
3.3. Analyse de la fiabilité intra-examineur	29
3.4. Analyse entre membre inférieur dominant et membre inférieur non dominant	29
3.5. Analyse entre hommes et femmes	30
4. DISCUSSION	30
4.1. Interprétation des résultats	30
4.1.1. Comparaison entre les deux positions : influence de l'adduction de hanche	30
4.1.2. Fiabilité intra-examineur de l'échographie	31
4.1.3. Comparaison entre membre inférieur dominant et membre inférieur non dominant	32
4.1.4. Comparaison entre hommes et femmes	32
4.2. Comparaison avec la littérature	33
4.3. Application clinique et intérêt pour la pratique professionnelle	35
4.3.1. Application dans la clinique	35
4.3.2. Intérêt pour la pratique professionnelle	36
4.4. Qualités et limites de ce travail de recherche	38
4.4.1. Qualités méthodologiques du protocole	38
4.4.2. Limites méthodologiques du protocole	38
4.4.2.1. Biais de sélection ou de recrutement	39
4.4.2.2. Biais de confusion	39
4.4.2.3. Biais de mesure	39
4.4.2.4. Biais de publication	40
4.5. Perspectives d'approfondissement et de réorientation du travail par rapport aux résultats obtenus	40
5. CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADD : Adduction

BDK : Bilan Diagnostique Kinésithérapique

CCI : Coefficient de Corrélation Intra-classe

DPC : Distance Patella-Condyle

IC_{95%} : Intervalle de Confiance à 95 %

ILFMK : Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

MID : Membre Inférieur Dominant

MIND : Membre Inférieur Non Dominant

P1 : Position 1

P2 : Position 2

SEM : Erreur-type de Mesure

SFP : Syndrome Fémoro-Patellaire

VL : Vaste Latéral

VM : Vaste Médial

VMIO : Vaste Médial Inférieur Oblique

1. INTRODUCTION

Selon une méta-analyse de 2018 (1), le syndrome fémoro-patellaire (SFP) a une prévalence de 22,7 % pour la population générale et de 28,9% pour la population des adolescents (1). Dans ces populations, la plupart des études affirment que les femmes sont deux fois plus susceptibles de développer un SFP par rapport aux hommes (1, 2). Le SFP touche plus particulièrement les adolescents et les jeunes adultes actifs mais aussi les athlètes tels que les coureurs. (2, 3) Les douleurs de genou, dont le SFP, sont une priorité en santé publique par leur prévalence importante, par leur pronostic à long terme générant des taux d'incapacité élevés et par leur coût de prise en charge (1, 2, 3, 4).

D'après une autre méta-analyse du SFP (5), il n'existe pas de facteurs de risque prédéfinis mais une origine multifactorielle (5). Les études s'intéressent à la relation entre le SFP et les facteurs étiologiques classés comme locaux (alignement patellaire et mécanique), distaux (mécanique du pied) et proximaux (force et mécanique de la hanche) (6). D'après plusieurs études, il existe une forte relation entre la mécanique des membres inférieurs et le SFP ; mettant en évidence des altérations cinésiologiques de l'articulation de la hanche dans les plans frontal (adduction) et transversal (rotation interne) avec un stress rétro-patellaire, aggravant les symptômes du SFP (6, 7, 8).

Dans le SFP, le déplacement latéral de la patella peut être considéré comme une cause de douleur et d'instabilité patellaire. Dans notre bilan Diagnostique Kinésithérapique (BDK), nous utilisons la classification de Dejour pour distinguer le type d'instabilité (9) et les tests validés pour l'évaluation de l'orientation patellaire médio-latéral tels que la méthode McConnell et la méthode Herrington (10). Ces méthodes d'évaluation ont un critère de validité modéré : la fiabilité intra-testeur est bonne et la fiabilité inter-testeur est variable (10). Ces dernières années, une autre technique d'évaluation du déplacement de la patella a été instituée et améliorée par le physiothérapeute Herrington. Depuis 2006, il quantifie le déplacement latéral de la patella par la mesure de la Distance Patella-Condyle (DPC) à l'aide de l'échographie en décharge (11, 12).

Depuis plus de 20 ans, les physiothérapeutes anglo-saxons sont autorisés à utiliser l'échographie dans leurs pratiques quotidiennes (13). L'avis du Conseil National de l'Ordre des masseurs-kinésithérapeutes (CNO) publié le 27 mars 2015 et modifié le 24 septembre 2015,

autorise le masseur-kinésithérapeute français à utiliser l'échographie dans « *le cadre de l'élaboration de son diagnostic kinésithérapique et de la mise en œuvre des traitements mentionnés à l'article R. 4321-5 du code de la santé publique, sous réserve d'y avoir été formé* » (14). Le fait de quantifier la latéralisation patellaire avec l'échographie est un outil complémentaire du bilan des déficiences en kinésithérapie permettant une meilleure orientation thérapeutique.

Les études dans le cadre du SFP avec mesure échographique menées uniquement en décharge avec Adduction (ADD) de hanche confirment une fréquente latéralisation patellaire chez des sujets asymptomatiques (15, 16). En est-il de même en charge avec l'implication de la hanche, où le déplacement est le plus fréquent comme confirmé par une étude avec Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) en squat unipodal (17) ? Une autre étude avec échographie affirme la fiabilité de l'échographie pour évaluer le déplacement patellaire en charge mais sans implication de la hanche (18). Actuellement, cette latéralisation en ADD de hanche mesurée par la DPC échographique n'a pas été évaluée en charge et n'a pas encore de norme. D'où notre question de recherche principale : lors de la mise en charge des genoux du sujet asymptomatique, l'ADD de hanche comparée à l'absence d'ADD entraîne-t-elle une latéralisation majeure de la patella évaluée par une mesure échographique fiable de la DPC ? En cas d'hypothèse de latéralisation en charge confirmée, l'échographie peut-elle être considérée comme un outil fiable et économique pour le BDK du masseur-kinésithérapeute. Ce mémoire a pour but d'étudier la position patellaire échographiquement en charge auprès de sujets asymptomatiques afin d'y attribuer une valeur « normale » en condition fonctionnelle avec ou sans implication de la hanche.

Ce mémoire comporte quatre parties. La première partie concerne les rappels sur l'anatomie et la biomécanique de l'articulation fémoro-patellaire, sur le SFP et sur l'échographie. La deuxième partie définit la méthode et le matériel de notre protocole mis en place pour étudier la position patellaire en charge avec et sans implication de l'ADD de hanche. La troisième partie analyse les résultats. La quatrième partie concerne l'interprétation et la discussion des résultats avec l'apport en kinésithérapie.

1.1. Rappels sur l'anatomie et la biomécanique

Le genou est une articulation importante et particulière de par sa situation intermédiaire au niveau du membre inférieur, l'asservissant aux articulations sus-jacentes et sous-jacentes. Son rôle de portance pour la transmission de la charge gravitaire du corps dépend de l'appui du pied au sol. Dolto le compare à « un valet soumis à deux maîtres ». Sa position expose le genou à des situations de vulnérabilité (19, 20).

Le genou est composé de deux articulations : la fémoro-tibiale et la fémoro-patellaire. Ces deux articulations sont indissociables et d'autant plus importantes dans la mobilité du genou (19). Dans le cadre de ce mémoire, nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'articulation fémoro-patellaire.

1.1.1. Anatomie fonctionnelle fémoro-patellaire

L'articulation fémoro-patellaire met en jeu la trochlée fémorale située à la face antérieure de l'extrémité inférieure du fémur en forme de poulie pleine transversale avec une gorge sagittale et 2 joues. La joue latérale est plus haute, plus large et plus saillante (20), faisant barrage à la subluxation patellaire (19). La face postérieure de la patella est grossièrement quadrangulaire, concave verticalement et séparée en 2 joues par une crête verticale. La patella a une joue latérale large et légèrement concave et une joue médiale plus étroite et légèrement convexe (20). Cette articulation est de type ginglyme, réputée pour sa mobilité sagittale et sa stabilité transversale. Elle est non congruente et flottante permettant au genou de réaliser des mouvements de rotation durant la flexion, pouvant exposer la patella à des déviations latérales et des bâillements de son interligne générant un SFP (19).

La patella est le plus gros os sésamoïde du corps humain. Elle assure la jonction entre le tendon quadricipital et le tendon patellaire, offrant une augmentation de bras de levier pour l'appareil extenseur antérieur. Elle a aussi un rôle d'anti-friction de par sa surface cartilagineuse plus résistante qu'une simple bourse synoviale (20).

Dans le plan sagittal, lors d'un mouvement actif, la patella parcourt la gorge trochléenne dans un mouvement linéaire servant ainsi de rail pour l'engagement patellaire lors de la flexion. Au cours de la flexion, elle procède à un déplacement linéaire équivalent au triple de sa

hauteur. Elle est soumise à l'influence de la traction du tendon patellaire vers le bas lors de la flexion et à l'influence de la traction quadricipitale vers le haut lors de l'extension (19).

En passif, lors de la rectitude du genou, la patella peut être mobilisée dans tous les sens comme une articulation de type surface plane avec des glissements sagittaux et frontaux, des bâillements et des mobilisations combinées (19).

La stabilité active de l'articulation fémoro-patellaire est assurée en partie par l'appareil extenseur : le muscle quadriceps et le tendon patellaire. Le quadriceps comprend le Vaste Latéral (VL) orienté en dehors de 10°, le vaste intermédiaire dans l'axe du fémur, le droit fémoral étant bi-articulaire et le Vaste Médial (VM) divisé en deux faisceaux, le vaste médial supérieur long orienté en dedans de 10° et le Vaste Médial Inférieur Oblique (VMIO) orienté en dedans de 60°. L'ensemble de ces faisceaux s'insère sur la partie supérieure de la patella et envoie des expansions directes et croisées, formant ainsi un pourtour fibreux pré-patellaire. Dans l'axe de l'appareil extenseur, le tendon patellaire va s'insérer sur la tubérosité tibiale antérieure. L'appareil extenseur forme l'angle Q dans le plan frontal, un angle ouvert en dehors de 167 à 172° en extension (21). Durant la flexion contrôlée par un travail excentrique du quadriceps, le VMIO exerce un rôle de « *ressort de rappel de la patella face à sa tendance subluxante en dehors* » (19). Les expansions des muscles rotateurs médiaux (sartorius, semi-tendineux, gracile et semi-membraneux) stabilisent la patella dans le plan frontal par un contrôle de la rotation latérale de l'articulation tibio-fémorale (19). Selon certaines études, les muscles abducteurs, rotateurs externes et extenseurs de la hanche exercent à distance un contrôle moteur dynamique du genou dans les plans frontal et transversal. Indirectement, ils contribuent à stabiliser la patella, lors d'activités fonctionnelles telles l'accroupissement et la course à pied (6, 7).

La stabilité passive de l'articulation fémoro-patellaire est assurée par les ailerons de la patella en médial et latéral. L'aileron médial est formé par le rétinaculum patellaire médial, le ligament ménisco-patellaire médial, les expansions directes du VM et les expansions croisées du VL. L'aileron latéral est formé par le rétinaculum latéral, les expansions directes du VL, les expansions croisées du VM, l'expansion du biceps fémoral, l'expansion du fascia lata et le ligament ménisco-patellaire latéral (20, 21). La plus grande largeur du rétinaculum patellaire médial, comparée au latéral, permet d'équilibrer la tendance subluxante latérale de la patella (19).

1.1.2. Biomécanique fémoro-patellaire

La physiologie de l'articulation fémoro-patellaire est analysée en différentes phases, selon le mouvement du genou dans les plans sagittaux et frontaux : l'extension, la flexion entre 0 et 30°, la flexion à 30°, la flexion à 60°, la flexion entre 90° et au-delà (21). Pour rappel, l'articulation tibio-fémorale effectue une rotation médiale automatique associée à la flexion permettant de diminuer la tendance subluxante en latérale de la patella (19).

Lors de l'extension de genou, « *la patella est au-dessus et légèrement en dehors de la trochlée* » (19). Elle est soumise aux forces subluxantes latérales et aux moyens de stabilisation tels que le VMIO. Le versant latéral de la trochlée subit une force quadricepsitale de placage faible. L'appareil extenseur forme l'angle Q ouvert en dehors ; plus il est fermé, plus la patella est sollicitée en latéral (21).

Lors de la flexion du genou entre 0 et 30°, la patella commence à s'engager en glissant vers le bas et le dedans dans le rail trochléen (19). La patella est recentrée par la rotation médiale automatique du tibia (19), par l'augmentation de la force de placage quadricepsitale et par le rappel du VMIO (21). Durant cette phase, la patella doit être stabilisée dans le plan frontal et s'engager normalement dans la trochlée avec tous ses mouvements associés. En cas d'engagement incorrect, en raison de l'insuffisance des moyens de stabilisation médiale, il existe une instabilité frontale pouvant aller aux conflits fémoro-patellaires (21).

À 30° de flexion, la patella est dans son rail trochléen avec un contact sur son tiers inférieur. Pour le genou normal, l'appareil extenseur est aligné et il n'existe aucune force subluxante latérale. Le placage patellaire est plus important, représentant en moyenne 38% de la force quadricepsitale. La stabilisation de la patella dans la gorge trochléenne est amplifiée grâce à « *l'effet poulie de réflexion* » (21).

À 60° de flexion, la patella est totalement engagée dans la trochlée et il n'existe aucun déplacement dans le plan frontal. Dans le plan sagittal, le placage est augmenté, en moyenne 75% de la force quadricepsitale (21).

À 90° de flexion et au-delà, la patella rentre dans l'échancrure intercondylienne. Elle est en contact à son tiers supérieur avec la trochlée. Les pressions fémoro-patellaires sont très importantes de l'ordre de 110% de la force du quadriceps (21).

La patella est principalement soumise à l'appareil extenseur tout au long de son engagement dans le rail trochléen. Les moyens de stabilisation actif et passif sont particulièrement importants lors des premiers degrés de flexion de genou, notamment à 30°.

1.1.3. Contraintes fémoro-patellaires en lien avec le syndrome fémoro-patellaire

Lors des activités de la vie quotidienne, l'articulation fémoro-patellaire est soumise à différentes contraintes dans les plans sagittal, frontal et/ou transversal (19).

Les contraintes sagittales varient avec l'amplitude de flexion de genou en charge. L'augmentation de la flexion projette le centre articulaire fémoro-patellaire en avant de la ligne gravitaire avec une augmentation progressive des pressions articulaires. Les activités avec flexion de genou répétées génèrent plus de contraintes articulaires favorisant un SFP (19).

Les contraintes frontales sont dues à un problème de répartition des surfaces articulaires ou à une variation du valgus de genou. Lors de l'effort, la répartition des contraintes se fait de manière globalement équivalente sur les deux joues de la trochlée, avec une légère prédominance d'appui en latéral, compensée par une plus grande surface. La patella peut avoir une tendance subluxante en latéral, avec aggravation de la pression articulaire et générer un SFP. Une augmentation du valgus de genou, entraînée en partie par la hanche et/ou le pied (6), ferme l'angle Q et participe à l'aggravation de l'appui latéral de la patella et à son déplacement latéral dans le SFP (19).

Les contraintes transversales sont générées par une majoration de la rotation latérale tibiale, participant à fermer l'angle Q, avec pour conséquence une augmentation de pression sur le compartiment latéral : les joues latérales de la patella et de la trochlée (19).

1.2. Rappels sur le syndrome fémoro-patellaire

1.2.1. Définition

Dans la littérature, nous retrouvons plusieurs termes pour caractériser le SFP. Le terme générique est la douleur fémoro-patellaire avec ses synonymes : le SFP, la patella chondromalacia, la douleur ou le syndrome du genou antérieur et le genou du coureur (4). Le SFP se définit plus exactement par « *une affection musculo-squelettique chronique se manifestant par une douleur autour ou derrière la patella lors d'activités de chargement articulaire fémoro-patellaire* » (3). Mais aussi par « *une douleur diffuse sur la face antérieure du genou, généralement associée à des activités telles que s'accroupir, courir, monter et descendre des escaliers* » (4).

Le diagnostic médical du SFP s'appuie sur différents critères. Le critère principal est la douleur péri- ou postéro-patellaire. Cette douleur est aggravée par au moins une activité en charge de l'articulation fémoro-patellaire sur un genou fléchi (4). Les critères supplémentaires, non essentiels, sont : un crépitement ou une sensation de grincement venant de l'articulation pendant la flexion de genou, une sensibilité de la facette patellaire lors de la palpation, un épanchement intra-articulaire et/ou une douleur lors de la position assise prolongée (4).

Le tableau clinique du SFP s'appuie sur le diagnostic médical retrouvant : la douleur, les pseudo-blocages et la sensation d'instabilité de la patella. Cette sensation d'instabilité est liée, soit à un problème de réflexe à un stimulus nociceptif, soit à un problème mécanique secondaire à un mouvement anormal de la patella dans la trochlée fémorale. La classification de Dejour définit 3 types d'instabilité : les instabilités rotuliennes objectives, les instabilités rotuliennes potentielles et les syndromes rotuliens douloureux (9, 21, 22).

La sensation d'instabilité dans les Syndromes Rotuliens Douloureux (SRD) concerne la population la plus importante sans antécédents de luxation ni d'anomalie anatomique. Il existe trois types de SRD :

- La forme secondaire due à un antécédent de lésions,
- La forme primitive, observée chez les adolescents et plus particulièrement les femmes (21, 22).

1.2.2. Bilans existants sur l'évaluation de la position patellaire

Une revue systématique suggère l'existence de deux moyens d'évaluation du déplacement médial et latéral de la patella en décharge avec le genou à 20° de flexion : la technique de McConnell et celle de Herrington (10). En 1986, McConnell a décrit l'évaluation patellaire par une palpation et une estimation visuelle. La palpation évalue la distance des épicondyles fémoraux médial et latéral par rapport à la patella en disposant les index sur les épicondyles respectifs et les pouces sur les bords respectifs de la patella. L'estimation visuelle évalue la distance entre l'index et le pouce. En cas de patella latéralisée, la distance index-pouce du côté latéral est plus petite que la distance index-pouce du côté médial. En 2002, Herrington a décrit l'évaluation patellaire par la mesure de la distance décrite par McConnell en marquant les épicondyles fémoraux médial et latéral et la patella moyenne à l'aide d'un mètre ruban (10, 23, 24). La validité de ces évaluations est dite modérée avec la nécessité d'approfondir les recherches (10). Une autre technique de test de la mobilité patellaire évalue l'amplitude du mouvement médio-latéral patellaire en décharge avec une flexion à 20° de genou, avec la division de la patella en 4 quadrants longitudinaux. L'examineur mobilise la patella, en latéral et médial, pour évaluer l'hypermobilité de la patella (23, 24).

L'imagerie médicale non systématique, réservée au médecin, est utilisée à des fins diagnostiques afin de confirmer ou infirmer l'hypothèse du déplacement patellaire (21, 23). En France depuis 2015 (14), le MK peut utiliser l'échographie pour compléter son BDK en évaluant la position patellaire.

1.2.3. Biomécanique pathologique

Le 4^{ème} séminaire international de recherche sur la douleur fémoro-patellaire a défini plusieurs modèles biomécaniques pathologiques du SFP, générant un stress élevé au niveau de l'articulation fémoro-patellaire au cours de tâches fonctionnelles (Fig. 1) :

- Une diminution de la zone de contact articulaire entraîne un stress fémoro-patellaire élevé, elle dépend probablement de l'angle de flexion du genou,
- Une augmentation des contraintes sur l'articulation fémoro-patellaire,
- Une épaisseur réduite du cartilage patellaire peut participer à la surcharge articulaire (8).

La diminution de la zone de contact peut être due à un mauvais alignement de la patella et /ou une mauvaise trajectoire de la patella dans le rail trochléen observés seulement dans un sous-groupe du SFP. Cette diminution de la zone de contact s'explique par :

- Une altération de la fonction du quadriceps,
- Une augmentation excessive de la rotation interne du fémur lors d'une activité en charge,
- Une déficience des tissus mous en médial telle une lésion et/ou une hyperlaxité ligamentaire et/ou une augmentation des contraintes des tissus mous en latérale, telle une hypertension de la bandelette ilio-tibiale,
- Une influence de la géométrie osseuse du fémur distal ou de la hauteur de la patella.

La faiblesse du quadriceps est une constatation fréquente lors du SFP mais son rôle dans le mauvais alignement patellaire ou le détournement patellaire n'est pas clair (8). D'après de récentes études, l'augmentation de l'angle Q n'est pas un facteur de risque pour le SFP (8, 5).

Une augmentation des contraintes sur l'articulation fémoro-patellaire prédispose au SFP. Elle est due aux modifications de la cinésiologie articulaire, de la biomécanique musculaire et de l'extensibilité musculaire :

- Lors d'activités telles que le squat, le saut, la course à pied et la descente d'escaliers, une augmentation de 10° du valgus de l'articulation tibio-fémorale augmente la pression fémoro-patellaire de 45%, contribue à diminuer la zone de contact et subluxe latéralement la patella. L'ADD exagérée de hanche augmente les contraintes en aggravant le valgus de genou, générant une rotation médiale fémorale et une rotation latérale tibiale. Avec pour conséquence, une hyperpronation de l'arrière-pied. Ces modifications sont interdépendantes et s'auto-gènèrent en un cercle vicieux (8).
- Le moment d'activité des muscles valgisant est augmenté, ajoutant une contrainte supplémentaire. L'abaissement du bassin homolatéral, par une hypotrophie musculaire de la hanche homolatérale, participe à l'augmentation du moment d'activité des muscles valgisant (8).
- L'hypoextensibilité quadricipitale contribue à augmenter les contraintes (8).

Ces contraintes génèrent des stratégies de compensation pour minimiser la douleur en diminuant la flexion du genou, lors des activités (8).

Une diminution de l'épaisseur du cartilage patellaire associée à une déformation de l'os patellaire peut contribuer à la surcharge de l'articulation fémoro-patellaire pouvant conduire à l'arthrose fémoro-patellaire (8).

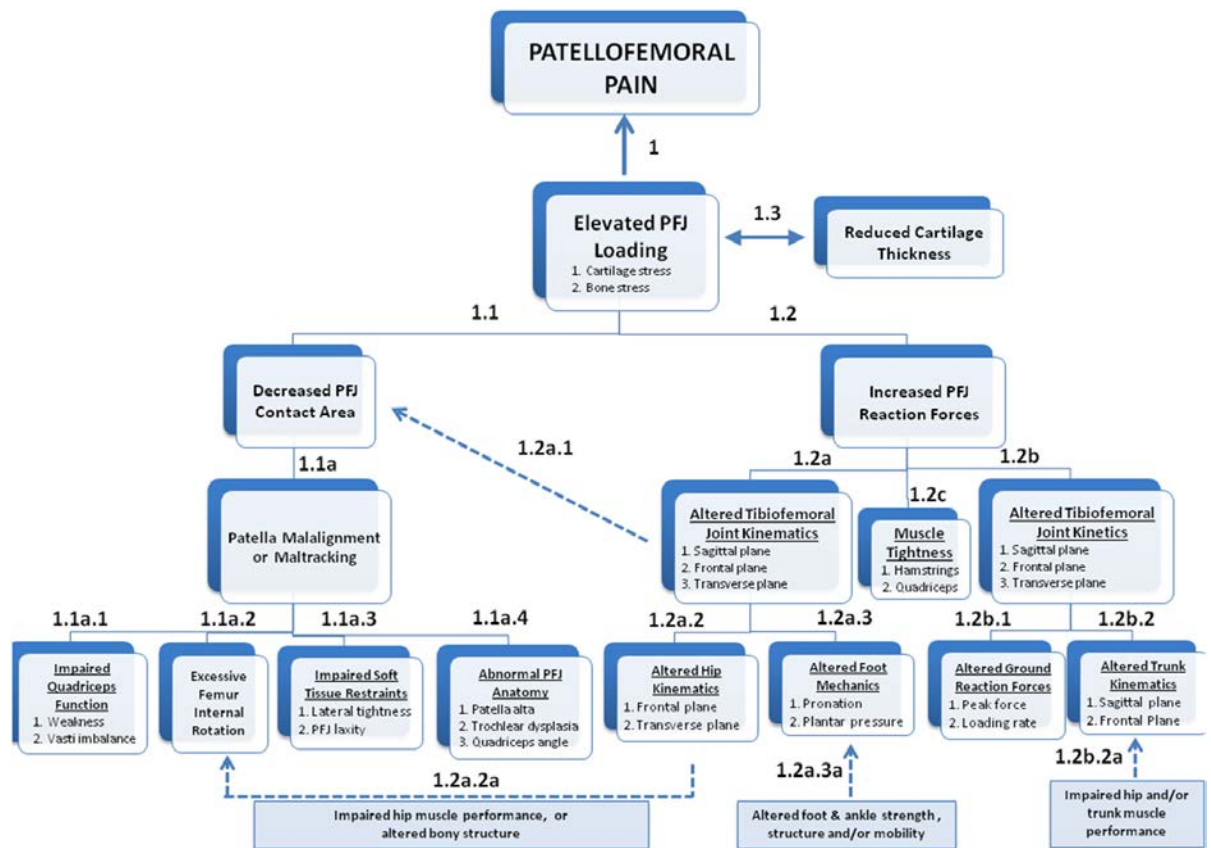


Figure 1 : « Vue d'ensemble schématique des voies potentielles du stress articulaire fémoro-patellaire élevé, les facteurs contribuant à la douleur fémoro-patellaire » ; Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, et collaborateurs (col.) (8)

1.2.4. Influence de la hanche dans le syndrome fémoro-patellaire

La modification cinésiologique de la hanche dans le SFP lors d'activités en charge telles la course, le saut et l'atterrissage, a été démontrée dans plusieurs études. Lors de ces activités, l'ADD excessive et la rotation interne de hanche peuvent affecter la cinésiologie du membre inférieur, dont les articulations fémoro-tibiale et fémoro-patellaire, entraînant une déficience fonctionnelle dans toutes les directions. Cette altération est majorée lors d'un squat unipodal : le bassin homolatéral s'élève, le bassin controlatéral s'abaisse, la hanche est en ADD et le genou est en valgus dynamique (Fig. 2). L'excès de valgus dynamique de genou, génère une augmentation du déplacement latéral de la patella aggravant la douleur. L'instabilité patellaire est aggravée, le stress articulaire augmente et l'état fonctionnel se dégrade comme dans d'autres lésions du genou (6, 7, 25).

La faiblesse de l'activité musculaire de la hanche peut être une cause et/ou une conséquence du SFP, surtout chez la femme. Elle concerne : les extenseurs, les abducteurs et les rotateurs externes de la hanche. Certaines études suggèrent que cette faiblesse résulterait de l'altération de la cinésiologie de la hanche (6, 25).

Le contrôle de la stabilité posturale de la hanche joue un rôle tout aussi important en induisant la stabilité du bassin, du tronc et du MI. Des études ont démontré une fatigabilité des muscles de la hanche, notamment les muscles fessiers abducteurs, induisant une altération de la stabilité posturale du MI en dynamique, plus importante au niveau du genou dans le plan frontal comparé aux muscles stabilisateurs de cheville et aux muscles extenseurs de genou (6).

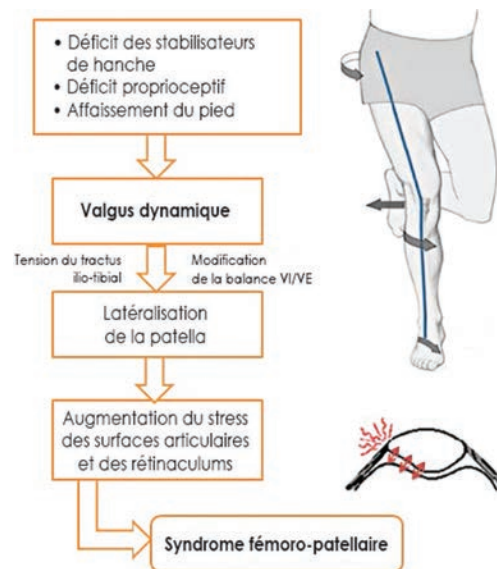


Figure 2 : « Mécanismes de développement du SFP d'après W. Pertersen » ; Branchard K. (26)

1.3. Rappels sur l'échographie

1.3.1. Généralités et principes de l'échographie

L'échographie est largement utilisée dans le domaine médical afin d'explorer les parties du corps (27). En kinésithérapie, elle est utilisée essentiellement dans les domaines de rééducation : musculo-squelettique, neuro-musculaire, pulmonaire et pelvi-périnéale (28). L'échographie est une technique d'imagerie visualisant en temps réel les différentes structures

du corps humain (27). Elle est fondée sur l'émission d'ultrasons dans une structure tissulaire réfléchissant une onde ultrasonore caractéristique du tissu rencontré (29). Les ultrasons sont « *des vibrations mécaniques provoquant des variations de pression dans les milieux traversés* » (29). Ils se caractérisent par la fréquence, mesurée en Hertz. La fréquence des ultrasons utilisée varie de 2 à 20 MHz (27). L'émission des ultrasons est créée par effet piézo-électrique, par mise en vibration mécanique d'une céramique, appelée transducteur, sous l'action du courant électrique (27). L'effet est inverse quand le transducteur reçoit une vibration, et sert de récepteur. La propagation des ultrasons dépend de la structure, de la masse musculaire et de l'élasticité des tissus : appelé l'impédance acoustique. La propagation des ultrasons se fait par la transmission, la propagation en profondeur, puis par la réflexion, le retour du faisceau ultrasonore à la traversée des structures. Cet effet de propagation permet de recueillir les informations sur les structures explorées après être converti en signal numérique afin d'avoir la formation de l'image échographique (27, 29).

L'image échographique varie avec la nature des différentes structures du corps humain. Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés aux structures osseuses. Elles réfléchissent totalement les ultrasons et leurs surfaces osseuses apparaissent hyperéchogènes, blanches sur l'image échographique (27, 29).

1.3.2. Échographie et kinésithérapie

L'une des principales utilisations de l'échographie en kinésithérapie est l'apport au Bilan Diagnostique Kinésithérapique (BDK). Elle est utilisée comme un outil complémentaire de bilan et n'est pas utilisée à but de diagnostic médical, réservé aux médecins. Le BDK, dans le cadre d'une pathologie diagnostiquée, comporte un examen clinique avec l'évaluation de l'ensemble des fonctions de la région à analyser et l'histoire de la maladie du patient. Le masseur-kinésithérapeute formule des hypothèses cliniques à confirmer ou infirmer à l'aide de l'échographie (Fig. 3). En effet, l'échographie peut identifier et analyser les structures responsables des signes cliniques observés lors du bilan. Une fois le BDK complet, le masseur-kinésithérapeute orientera sa stratégie thérapeutique avec plus de vigueur. L'échographie, par sa précision complémentaire et sa reproductibilité, améliore le processus décisionnel pour optimiser le traitement et le suivi kinésithérapiques (30, 31, 32, 33).

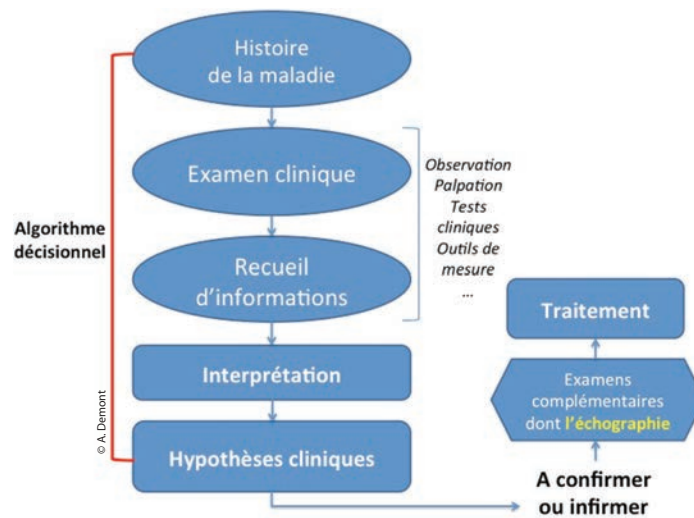


Figure 3 : « *Algorithme décisionnel pour la formulation d'une ou plusieurs hypothèses cliniques et intégration de l'échographie dans un but d'évaluation* » ; Demont A, Lemarinel M (31)

L'échographie peut intervenir à plusieurs stades de la rééducation (bilan initial, intermédiaire et final). Comme tout outil de bilan, il permet d'évaluer la pertinence de la rééducation avec possible réévaluation du plan de traitement par rapport aux stades de la pathologie. L'absence de résultat nécessite la réorientation du patient à son médecin (30, 32, 33).

L'échographie peut être aussi utilisée comme un outil à visée de biofeedback lors des exercices donnés durant la rééducation. Grâce à l'image donnée, l'échographie visualise en temps réel un déplacement osseux ou une activité musculaire. Par exemple, pendant un exercice de renforcement, le patient peut observer directement une modification de la forme et/ou de l'épaisseur d'un muscle pendant sa contraction et sa décontraction permettant une meilleure compréhension et reproductibilité de l'exercice (30, 32, 33).

L'avis du Conseil National de l'ordre relatif à l'échographie, habilite le masseur-kinésithérapeute à utiliser l'échographie, sous-réserve d'avoir au préalable suivi une formation validant son utilisation. L'utilisation de cet appareil doit être régulièrement pratiquée (13, 14). Pour ce mémoire, nous avons fait appel à un masseur-kinésithérapeute confirmé, ayant fait une formation continue en échographie.

1.3.3. Intérêts de la mesure échographique dans le syndrome fémoro-patellaire

Dans le cadre du SFP, les mesures échographiques sont actuellement utilisées pour étayer le diagnostic médical. Elles permettent d'objectiver la dysplasie patellaire. Ces mesures concernent :

- L'angle trochléen, sachant qu'une mesure supérieure à 141° , est considérée comme anormale,
- Le décalage de la pointe de la patella par rapport au fond de la gorge trochléenne, est considéré hors norme si supérieur à 10 mm,
- La forme de la trochlée est considérée hors norme si plate ou à 3 segments (34, 35).

Le masseur-kinésithérapeute n'est pas habilité à poser le diagnostic, mais peut évaluer ces mesures pour orienter son traitement.

Certains chercheurs ont étudié l'influence du quadriceps et plus exactement la mesure de l'angle des fibres du VMIO (36). Chez le sportif, une corrélation entre une activité musculaire quadricipitale élevée et un angle supérieur à 60° des fibres du VMIO permet une meilleure stabilisation patellaire en médial contrairement aux sédentaires. Le renforcement du muscle quadriceps est un facteur important dans le traitement kinésithérapique du SFP (37, 38).

Pour le SFP, Herrington et Shih ont étudié le déplacement patellaire asymptomatique en mesurant la DPC avec l'échographie mais uniquement en décharge et seulement à 20° de flexion de genou. Cette mesure échographique a été validée et quantifiée par un critère allant de bon à excellent en comparaison aux mesures faites par IRM (11). La mesure du déplacement patellaire permet d'améliorer l'évaluation du patient pour mieux orienter son plan de traitement de kinésithérapie et de suivre l'évolution en cas de déplacement (11, 39). Dans ce travail, nous avons utilisé la mesure échographique de la DPC en charge, décrite dans la partie matériel et méthode.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Stratégie de recherche documentaire

Les stratégies de recherches ont été effectuées sur les bases de données de référence : Pubmed (medline), PEDro et Cochrane mais aussi sur des ouvrages et des revues scientifiques telles que Kinésithérapie la Revue, Kinésithérapie Scientifique et Kinésithérapie Actualité.

Les mots clés de la recherche utilisés sont : « syndrome fémoro-patellaire », « échographie », « suivi patellaire » ou « déplacement patellaire » ou « position patellaire », « adduction de la hanche » ou « contrôle moteur » ou « valgus dynamique », « squat » ou « en charge » et « kinésithérapie ». En anglais, les mots de recherches sont : « patellofemoral pain », « ultrasound » ou « ultrasonography », « patella tracking » ou « patella displacement » ou « patella position », « hip adduction » ou « motor control » ou « dynamic valgus », « squat » ou « weight-bearing » et « physiotherapy ».

La période de recherche s'étend de 2009 à 2019 pour les publications les plus récentes concernant le SFP et l'échographie. Ces dix dernières années voient un essor des recherches dans ce domaine. Pour les publications de référence, nous avons étendu nos recherches à des études plus anciennes car l'échographie est utilisée depuis plus de 20 ans dans d'autres pays. Des études sur les modalités de la position standard du squat ont été recherchées.

La recherche s'est effectuée en ciblant progressivement le thème du sujet : le SFP et ses facteurs de risque, ses conséquences, ses bilans et ses traitements ; plus précisément sur le déplacement patellaire dans le cas de l'implication de la hanche ; puis l'étude de ce déplacement dans le cadre du bilan et du traitement ; ensuite sur l'utilisation de l'échographie dans le SFP en kinésithérapie ; et enfin, plus spécifiquement, sur l'utilisation de l'échographie dans le déplacement patellaire.

La recherche générale a donné de nombreux résultats. La sélection primaire s'est basée sur les titres et les types d'étude, en effectuant une lecture détaillée des résumés et des mots clefs. La sélection secondaire a consisté à la lecture des articles dans leur globalité. Certaines études nous intéressaient davantage pour ce travail et nous avons consulté les

articles similaires et leurs bibliographies. Les publications des auteurs pionniers de l'échographie du déplacement patellaire ont été recherchées.

2.2. Déroulement général de l'étude

Le déroulement de l'étude s'est composé en deux temps :

- Un premier temps pour le recrutement,
- Un second temps pour la réalisation des mesures.

Une semaine a été consacrée au recrutement avec remplissage du questionnaire pour la sélection des sujets répondant aux critères d'inclusion. Deux autres semaines ont été nécessaires pour la réalisation des mesures. Ce mémoire est une initiation à la recherche : il s'agit d'une étude transversale. La réalisation de ce protocole a duré trois semaines.

L'étude a eu lieu au sein de l'Institut Lorrain de Formation de Masso-Kinésithérapie (ILFMK) au 57 bis, rue Nabécor 54000 Nancy.

2.3. Population

2.3.1. Population étudiée

La population cible a été recrutée parmi les étudiants de première année de l'ILFMK. Elle concerne une population jeune et répondant aux critères de notre étude. Le recrutement a été effectué par un questionnaire.

2.3.1.1. Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion sont les suivants : les sujets sains, homme ou femme, âgés entre 18 et 25 ans, ne présentant aucune lésion ni douleur aux genoux, n'ayant aucun antécédent de pathologie au niveau des genoux ou des articulations sus- et sous-jacentes et pratiquant une activité sportive ou non.

2.3.1.2. Critères de non inclusion

Les critères de non inclusion sont les suivants : les sujets ayant des antécédents de pathologie articulaires fémoro-patellaires ou d'autres pathologies de genou tels qu'un

traumatisme (fracture, rupture ou entorse de ligament ou atteinte neurologique) ou une maladie inflammatoire, un antécédent chirurgical et/ou de douleur de genou (39).

Les sujets ayant d'autres pathologies du membre inférieur pouvant être susceptibles d'influencer les mesures n'ont pas été inclus dans l'étude : entorse de cheville récente, troubles neuromusculaires des MI, douleurs importantes à la cheville et à la hanche lors de l'activité...

2.3.1.3. Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion sont les suivants : les sujets ayant refusés de participer à l'étude suite au questionnaire, et les absents aux créneaux horaires proposés.

2.3.2. Recrutement des participants : questionnaire

Pour recruter les sujets, nous avons réalisé un questionnaire (Annexe I). Ce questionnaire comporte différentes parties : renseignements personnels, sports / activités physiques, antécédents et douleurs. Pour construire ce questionnaire, nous nous sommes basés sur les critères d'inclusion et de non inclusion.

Le questionnaire comporte :

- Les informations personnelles du sujet : nom, prénom, adresse mail, sexe et date de naissance pour recontacter les sujets et connaître leurs âges pour intégration à un groupe de moyenne d'âge homogène ;
- Les données anthropométriques : taille, poids et membre inférieur dominant pour alimenter la base de données sur les sujets et pour comparaison au genou non dominant ;
- La pratique sportive et/ou l'activité physique pour déterminer leur activité ;
- Les algies du genou sont demandées pour exclusion ;
- Les autres algies et les antécédents pathologiques des membres inférieurs et/ou du rachis sont demandées pour exclusion car pouvant poser un problème de reproductibilité des tests de notre étude.

2.3.3. Inclusion des participants

Suite aux réponses du questionnaire, nous avons exclu les personnes ayant des douleurs et/ou des antécédents médico-chirurgicaux aux genoux tels qu'un SFP, une entorse du ligament collatéral tibial, une rupture totale ou partielle du ligament croisé antérieur avec ou sans ligamentoplastie, une maladie d'Osgood-Schlatter, une arthralgie et une rupture du ménisque. Nous avons également exclu les sujets ayant une pathologie récente du membre inférieur tel qu'une entorse de cheville de moins d'1 mois, un syndrome des loges de moins 6 mois et les sujets ayant une douleur de la cheville ou une douleur aux lombaires lors de l'activité.

2.4. Méthode du protocole

2.4.1. Déroulement général du protocole

Suite au questionnaire, un mail a été adressé aux personnes incluses pour leur proposer un créneau horaire afin d'effectuer le protocole des mesures avec les explications complémentaires sur le déroulement de la future séance. Un second mail a été envoyé confirmant la date du rendez-vous. Nous avons effectué une séance par personne sur une durée de 15 minutes. La séance s'est déroulée dans un premier temps par des explications du but de l'étude avec production d'un formulaire de consentement éclairé (Annexe II) et dans un second temps les mesures ont été effectuées.

Concernant le premier temps, nous avons expliqué oralement le but de l'étude et le déroulement du protocole de mesure afin d'optimiser la reproductibilité du protocole. Les mêmes explications ont été données aux participants. Les sujets ont signé le formulaire de consentement éclairé contenant les explications écrites de l'étude afin de leur assurer la protection et la confidentialité des données recueillies. Nous avons fait la démonstration des deux positions à adopter par le sujet pendant les tests. Le participant effectue trois essais pour se familiariser avec chaque position afin de garantir la reproductibilité des tests inter-sujets, en charge.

Dans un second temps, le protocole des mesures a été effectué en charge. Le participant adopte la première position (Position 1) durant une minute, suivi d'une minute de pause, puis il adopte la deuxième position (Position 2) durant une minute, suivi d'un nouveau

temps de pause. Les mesures avec l'appareil d'échographie ont été effectuées à trois reprises sur chaque genou pendant que le sujet adoptait chacune des deux positions.

2.4.2. Installation du patient pour la position 1

Les participants ont été invités à se tenir en charge bipodale en position de demi-squat appelée Position 1 (P1). La P1 est définie par une flexion de genou de 30° et à une ADD de hanche neutre, correspondant à $P1 = F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ (Fig. 4). Afin de garantir la reproductibilité du test inter-sujet, la position a été standardisée et respectée par chaque sujet (40) :

- L'écartement des pieds : la distance entre les épines iliaques antéro-supérieures est reportée à la distance entre les malléoles médiales,
- L'orientation des pieds : les axes des 2^{ème} métatarsiens étaient parallèles. Nous avons disposé des « T » inversés, collés au sol pour respecter l'orientation des pieds (Fig. 4),
- Les genoux étaient fléchis à 30°, contrôlés par une mesure goniométrique, avec pour consigne de ne pas dépasser les orteils,
- Les cuisses devaient rester parallèles,
- Les hanches ont été contrôlées par une mesure goniométrique pour maintenir une ADD neutre,
- Le rachis devait rester droit. Nous avons demandé au sujet de garder le dos droit et de regarder droit devant lui (18, 40),
- Les membres supérieurs pendaient de chaque côté du corps (40).

Le maintien de cette position était d'une minute afin d'effectuer les mesures avec l'appareil d'échographie sur les deux genoux. La descente du demi-squat a été effectuée de manière lente et contrôlée avec des consignes verbales afin d'atteindre progressivement les 30° de flexion des genoux (40).

Le choix de la position en charge a été défini car fonctionnelle. Les patients, ayant un SFP, présentent des douleurs lors des activités fonctionnelles, en charge. Le demi-squat est couramment utilisé dans la rééducation des patients atteints de SFP (17, 18, 40).

La flexion à 30° du genou a été choisie car comprise dans la plage fonctionnelle de 0 à 50° du genou où la force de compression fémoro-patellaire et le stress sont moindres. Les facettes médiale et latérale de la partie inférieure de la patella sont en contact avec la trochlée

fémorale entre 20° et 30° (40). Entre 0° et 30°, la patella n'est pas encore totalement confinée dans la trochlée, elle est donc régie par les structures statiques et dynamiques environnantes (41).



Figure 4 : Position 1 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ pour mesure de la distance patella-condyle

a. Vue de face b. Vue de profil

2.4.3. Installation du patient pour la position 2

Les sujets ont été invités à reproduire la P1, avec une ADD bilatérale de hanche de 10°, contrôlée par une mesure goniométrique, appelé Position 2 (P2). La P2 est définie par une flexion de genou de 30° et une ADD de hanche de 10°, correspondant à $P2 = F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ (Fig. 5). Le maintien de cette position était également d'une minute afin d'effectuer les mesures avec l'appareil d'échographie sur les deux genoux. La descente du demi-squat a été encore effectuée de manière lente et contrôlée avec des consignes verbales afin d'atteindre progressivement les 30° de flexion des genoux (40). Puis, nous avons donné la consigne de ramener les genoux vers l'intérieur lentement et de manière contrôlée afin d'obtenir l'ADD de hanche de 10°.

Selon une étude utilisant l'IRM avec 30° de flexion de genou en squat, l'ADD et la rotation interne de hanche entraîne un valgus dynamique du genou influençant un déplacement patellaire en latéral sans préciser le degré d'ADD de hanche (17). Une autre étude analysant le stress du cartilage patellaire indique qu'à 10° d'ADD de hanche, le stress est augmenté (42). Nous avons donc opté pour 10° d'ADD de hanche. Cependant, il existe deux autres études étudiant le déplacement patellaire à 20° de flexion de genou et 20° d'adduction de hanche, en décharge (15, 16). Mais les essais faits avant la réalisation de l'étude avec application des 20° d'ADD de hanche en charge, étaient irréalizable en charge pour une majorité de personne en raison de leur morphologie. Une activité quotidienne en charge, telle la marche lente, génère une légère ADD inférieure à 20° due à un mouvement discret d'abaissement de l'hémibassin controlatéral nécessitant une légère translation latérale du bassin vers le côté non portant (19).



Figure 5 : Position 2 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ pour mesure de la distance patella-condyle

a. Vue de face, b. Vue de profil

2.4.4. Mesures de l'angle du genou et de la hanche

La flexion du genou de 30° a été déterminée avec un goniomètre de Houdre : le centre du goniomètre sur l'épicondyle latéral du fémur, la branche fixe en projection du grand trochanter et la branche mobile en projection de la malléole fibulaire (24).

La neutralité de 0° et l'ADD de 10° des hanches ont été déterminées avec un goniomètre de Houdre : le centre du goniomètre sur l'épine iliaque antéro-supérieure (EIAS), la branche fixe en projection de l'EIAS controlatérale et la branche mobile en projection du condyle fémoral latéral (24, 44).

Les mesures goniométriques ont été effectuées par le même investigateur. Pour veiller aux 30° de flexion des genoux lors de l'ajout de l'ADD des hanches, l'investigateur faisant les mesures d'échographie a veillé au maintien des 30° avec un deuxième goniomètre.

2.4.5. Réglage de l'appareil d'échographie

Selon les études ultérieures, les réglages de l'appareil d'échographie ont été faits sur le mode Bidimensionnel (B) en temps réel (11, 12, 15, 16, 18, 39, 43). Le mode B permet la visualisation des structures en 2D. La focalisation de la profondeur, en mm, a été définie selon la zone de pénétration des ultrasons dépendant du sujet. La fréquence définie était de 8 à 10 MHz (29). Le réglage du gain global, en dB, dépendait de l'échogénicité de chaque sujet (29).

Le choix d'un transducteur linéaire de 4 cm a été utilisé pour les mesures. La sonde a été placée perpendiculairement sur la surface cutanée avec un gel de transmission hydrosoluble sur la tête de balayage. Le gel génère une interface liquidienne transmettant parfaitement les ultrasons alors que l'air véhicule très mal les ultrasons (27, 29). La sonde était alignée avec le bord supéro-latéral de la patella et le condyle latéral du fémur (Fig. 6). Au préalable, nous avons marqué à l'aide d'un crayon dermographique la peau des sujets : bord supéro-latéral de la patella (11, 12, 15, 16, 18, 39, 43). Après chaque mesure, la sonde a été enlevée puis remise en place au même endroit grâce aux marquages des repères osseux. Cette méthode a été répétée trois fois pour le genou du Membre Inférieur Dominant (MID) et trois fois pour le genou du Membre Inférieur Non Dominant (MIND) pour P1 puis pour P2.

Les mesures ont été effectuées par le même investigateur, placé à chaque fois du côté du genou à étudier. L'examineur est un masseur-kinésithérapeute diplômé d'état expérimenté dans le domaine de l'échographie ayant effectué une formation et pratiquant régulièrement son utilisation au cabinet.



Figure 6 : Positionnement de la sonde linéaire en regard du bord supéro-latéral de la patella et du condyle latéral fémoral

2.5. Critère d'évaluation

Notre critère d'évaluation est la position patellaire évaluée par la mesure de la DPC. La DPC a été définie comme la plus petite distance entre le bord supéro-latéral de la patella et le condyle latéral du fémur lors de l'échographie (Fig. 7) (11, 12, 15, 16, 18, 39, 43). Cette mesure présente une excellente fiabilité intra-évaluateur et inter-session, avec une validité comparée à l'IRM (11). La DPC a été utilisée dans plusieurs études (11, 12, 15, 16, 18, 39, 43). La DPC a été mesurée sur l'image figée de l'écran échographique puis reportée dans un tableau (Annexe III) par l'investigateur faisant les mesures goniométriques.

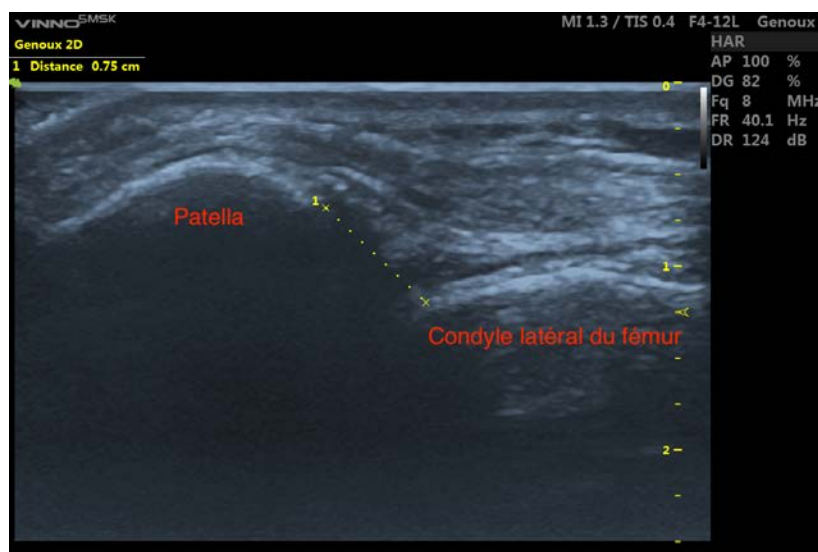


Figure 7 : Mesure de la distance patella-condyle avec l'échographie

2.6. Matériel

La réalisation du protocole a nécessité : deux goniomètres de Houdre, une règle, un mètre, deux « T » autocollant en papier plastifié pour l'orientation des pieds, visibles sur la figure 4 et 5, un appareil d'échographie Vinno MSK 5, une sonde linéaire de 8 à 12 Mhz mesurant 4 cm et un tube de gel de contact.

L'appareil d'échographie comporte (Fig. 8) :

- La console de commande avec un clavier permettant de choisir le type d'examen, de régler certains paramètres pour optimiser l'image et d'enregistrer les données du patient. Par son intermédiaire, l'image peut être figée et enregistrée via un système de stockage informatique,
- Le système informatique gérant l'émission et la réception des ultrasons analyse les signaux électriques induits par les échos réfléchis et traite le signal numérique pour former l'image en temps réel,
- L'écran de visualisation permet d'effectuer les mesures sur l'image figée,
- La sonde adaptée pour l'exploration musculo-squelettique est de type linéaire (27, 29).

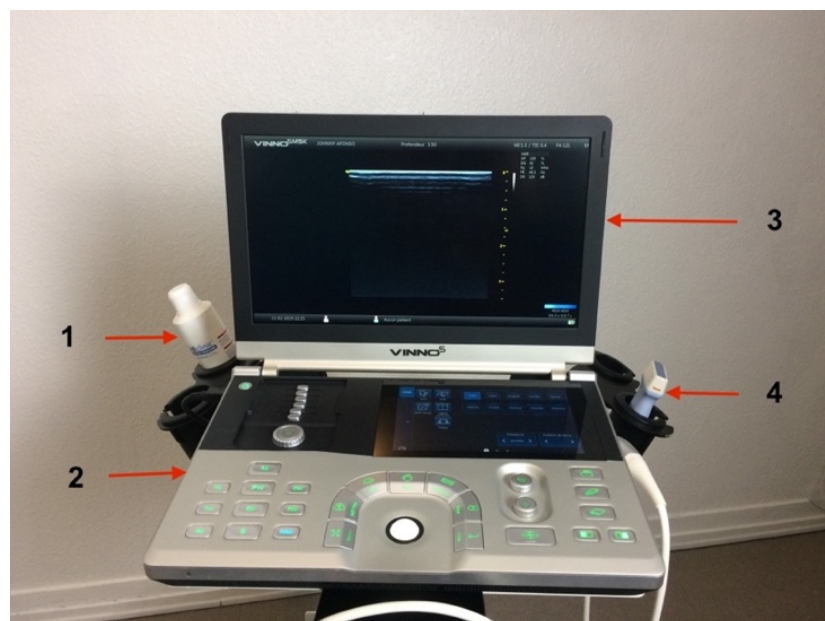


Figure 8 : L'appareil d'échographie

*1. Gel de contact 2. Console de commande 3. Écran 4. Sonde

2.7. Méthodologie d'analyse des statistiques de données

Les données descriptives des sujets recueillies grâce au questionnaire ont été répertoriées dans un tableau (Annexe III) et enregistrées dans le logiciel Microsoft® Excel. Les données ont été analysées en moyennes et écart-types pour les variables quantitatives ; et en pourcentages pour les variables qualitatives.

Les données mesurées lors du protocole, correspondantes à chaque sujet, ont été répertoriées dans un tableau (Annexe IV) et enregistrées dans le logiciel Microsoft® Excel. Nous avons effectué 3 séries de mesures pour chaque position (P1 et P2) et sur chaque genou (MID et MIND) de chaque sujet. Pour chacun des sujets, nous avons effectué une moyenne des 3 séries de mesures, pour effectuer les moyennes des 39 sujets :

- Moyenne du DPC P1 MID,
- Moyenne du DPC P2 MID,
- Moyenne du DPC P1 MIND,
- Moyenne du DPC P2 MIND.

Nous avons également fait des sous-groupes pour l'analyse de l'implication des variables du sexe :

- Moyenne du DPC P1 MID femmes,
- Moyenne du DPC P1 MIND femmes,
- Moyenne du DPC P2 MID femmes,
- Moyenne du DPC P2 MIND femmes,
- Moyenne du DPC P1 MID hommes,
- Moyenne du DPC P1 MIND hommes,
- Moyenne du DPC P2 MID hommes,
- Moyenne du DPC P2 MIND hommes.

Préalablement à l'analyse statistique, nous avons vérifié la normalité de la distribution des moyennes des sujets dans chaque position et dans chaque sous-groupe. Cette vérification a été effectuée à l'aide du test de Shapiro-Wilk, fourni gratuitement par le site internet « AnaStat » (45). Suite à cette étape, le test paramétrique t de Student a été utilisé pour les moyennes suivant une loi normale et le test non paramétrique de Wilcoxon a été utilisé pour les moyennes ne suivant pas une loi normale, afin de comparer deux séries de moyenne d'un même groupe apparié ou non apparié (sous-groupes). Ces tests sont fournis gratuitement sur

le site « BiostaTGV » (46). Comme dans la majorité des études, le seuil de significativité de la valeur-p ou le p-value (p) a été fixé à 0,05 :

- Si $p < 0,05$, la différence est significative entre les deux séries de moyenne,
- Si $p > 0,05$, la différence n'est pas significative entre les deux séries de moyenne.

L'analyse statistique permet l'évaluation d'éventuelles différences significatives :

- Entre les positions $P1 = F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ et $P2 = F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$,
- Entre le MID et le MIND,
- Entre les hommes et les femmes.

La fiabilité intra-examineur a été analysée par l'utilisation du Coefficient de Corrélation Intra-Classe (CCI) avec un Intervalle de Confiance de 95 % ($IC_{95\%}$), permettant également de calculer l'Erreur-type de Mesure (SEM) avec le logiciel Microsoft® Excel. Le SEM a permis d'objectiver la précision de la mesure en déterminant l'écart-type théorique des erreurs de mesure. Le CCI a permis l'évaluation de la fiabilité et de la précision de reproductibilité de la mesure pour un même opérateur (47). L'interprétation du CCI est :

- $CCI < 0,4$: fiabilité faible,
- $0,4 < CCI < 0,75$: fiabilité de moyenne à bonne,
- $CCI > 0,75$: fiabilité très bonne (47).

3. RÉSULTATS

Ce mémoire a débuté par la distribution d'un questionnaire auprès de 99 étudiants de première année de l'IFMK de Nancy. 49 sujets asymptomatiques ont été inclus dans l'étude grâce à ce questionnaire de recrutement (Annexe I). 10 sujets ont été exclus de l'étude par leur refus de poursuivre l'étude ou par leur absence lors de la session de la réalisation du protocole. Un diagramme de flux de sélection des sujets a été effectué (Fig. 9). Lors de la réalisation du protocole, les sujets n'ont signalé aucune gêne, ni douleur pendant et après les tests. L'analyse statistique a donc été effectuée sur les 39 sujets ayant effectués le protocole.

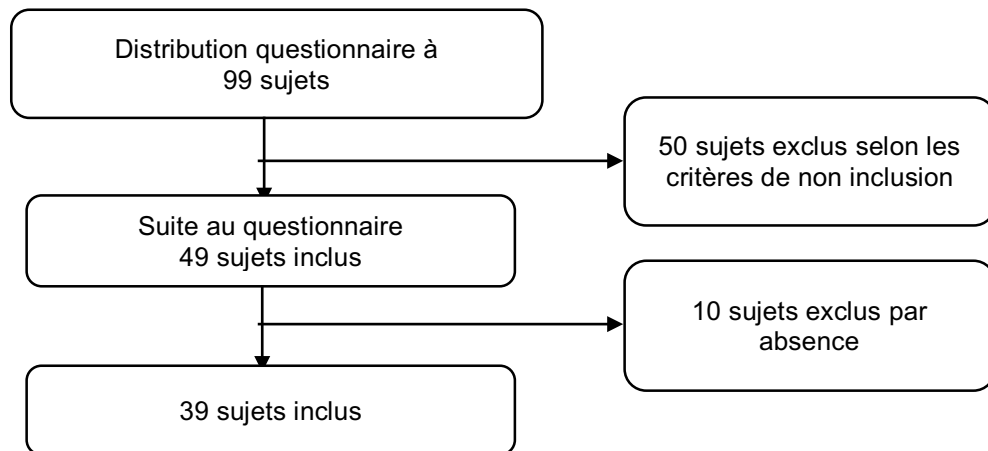


Figure 9 : Diagramme de flux de sélection des sujets pour l'étude

3.1. Analyse descriptive des sujets

L'analyse des caractéristiques des sujets est présentée dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques générales des sujets

Variables		Moyennes et écart-types <i>n</i> =39 Pourcentages
Âge (ans)		19,79 +/- 1,42
Sexe :	Femmes	49% (n=19)
	Hommes	51% (n=20)
Taille (cm)		173,05 +/- 11,30
Poids (kg)		65,38 +/- 10,60
IMC		21,8 +/- 2,76
MI dominant :	D	87% (n=34)
	G	13% (n=5)
Pratique sport :	Oui	87% (n=34)
	Non	13% (n=5)
Niveau d'exercice :	Non	13% (n=5)
	Loisir	72% (n=28)
	Compétition	13% (n=5)
	Loisirs et compétition	2% (n=1)
Fréquence sportive (heures/semaine)		3,26 +/- 2,84

3.2. Analyse de l'influence de l'adduction de hanche sur la position patellaire

Pour P1, les distributions des moyennes de la DPC des sujets pour le MID et pour le MIND suivent une loi normale (Annexe V, Fig. 14 et 16). Pour P2, les distributions des moyennes de la DPC des sujets pour le MID et pour le MIND ne suivent pas une loi normale (Annexe V, Fig. 15 et 17). L'analyse statistique des moyennes de la DPC des sujets, selon le degré d'ADD de la hanche (0° et 10°), objective une différence significative entre la position P1 : $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ et la position P2 : $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ avec un p de $2,34 \cdot 10^{-7}$ pour le MID (Fig. 10) et un p de $1,02 \cdot 10^{-7}$ pour le MIND (Fig. 11).

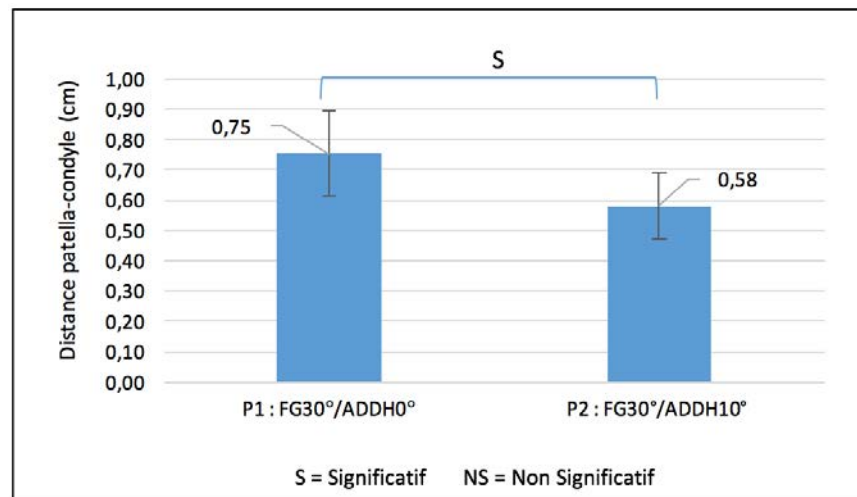


Figure 10 : Distances patellaires moyennes des 2 positions
– Comparaison entre P1 et P2 du MID

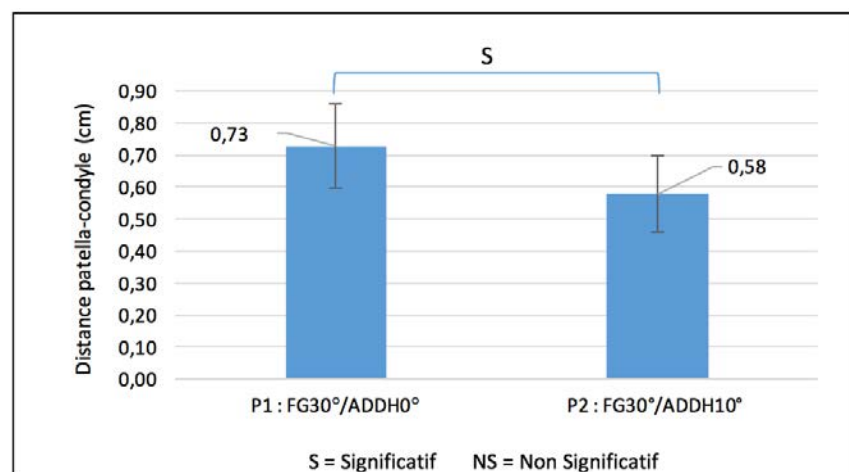


Figure 11 : Distances patellaires moyennes des 2 positions
– Comparaison entre P1 et P2 du MIND

3.3. Analyse de la fiabilité intra-examineur

Les valeurs du CCI avec son $IC_{95\%}$ dans les positions P1 et P2 pour le MID et le MIND sont présentées dans le tableau II, de même pour les valeurs de la SEM.

Tableau II : Test de la fiabilité intra-examineur

	Entre les mesures	CCI	$IC_{95\%}$	SEM (cm)
DPC en P1 MID	1 - 2	0,92	[0,86 ; 0,96]	0,04
	2 - 3	0,94	[0,89 ; 0,97]	0,04
	1 - 3	0,90	[0,82 ; 0,95]	0,05
DPC en P2 MID	1 - 2	0,87	[0,76 ; 0,93]	0,04
	2 - 3	0,94	[0,89 ; 0,97]	0,03
	1 - 3	0,91	[0,84 ; 0,95]	0,04
DPC en P1 MIND	1 - 2	0,91	[0,84 ; 0,95]	0,04
	2 - 3	0,92	[0,86 ; 0,96]	0,04
	1 - 3	0,92	[0,84 ; 0,95]	0,04
DPC en P2 MIND	1 - 2	0,81	[0,67 ; 0,90]	0,05
	2 - 3	0,92	[0,85 ; 0,96]	0,04
	1 - 3	0,84	[0,72 ; 0,91]	0,05

3.4. Analyse entre membre inférieur dominant et membre inférieur non dominant

L'analyse statistique des moyennes de la DPC des sujets n'objective aucune différence significative entre le MID et le MIND, avec un p de 0.074 pour P1 et un p de 0.655 pour P2 (Fig. 12).

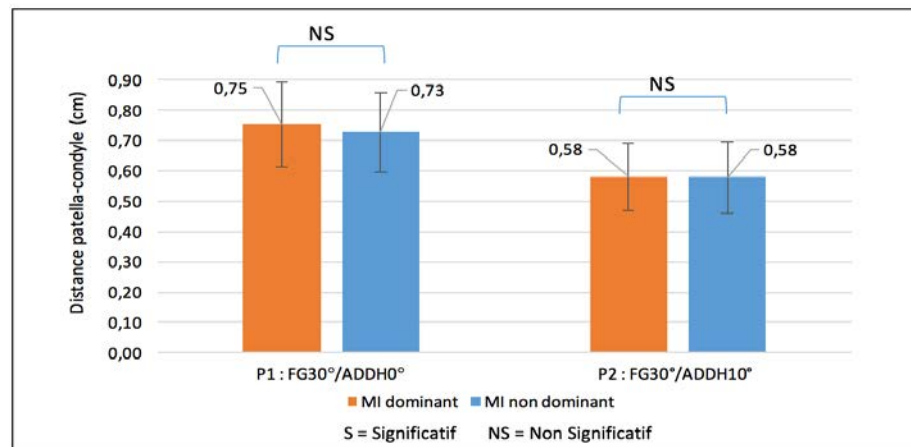


Figure 12 : Distances patellaires moyennes des 2 positions
– Comparaison entre MID et MIND

3.5. Analyse entre hommes et femmes

Les distributions des moyennes de la DPC pour les sous-groupes femmes (Annexe V, Fig. 18, 20, 21) et hommes (Annexe V, Fig. 22, 23, 24, 25) suivent toutes une loi normale sauf pour le sous-groupe des femmes en P2 du MID (Annexe V, Fig. 19). L'analyse statistique des moyennes de la DPC objective une différence significative entre les hommes et les femmes en P2 pour le MID ($p = 0,005$) mais il n'existe pas de différence significative pour le MID ($p = 0,097$). Il n'existe pas de différence significative en P1 avec la hanche en ADD neutre ($p = 0,413$ pour le MID et $p = 0,186$ pour le MIND) (Fig. 13).

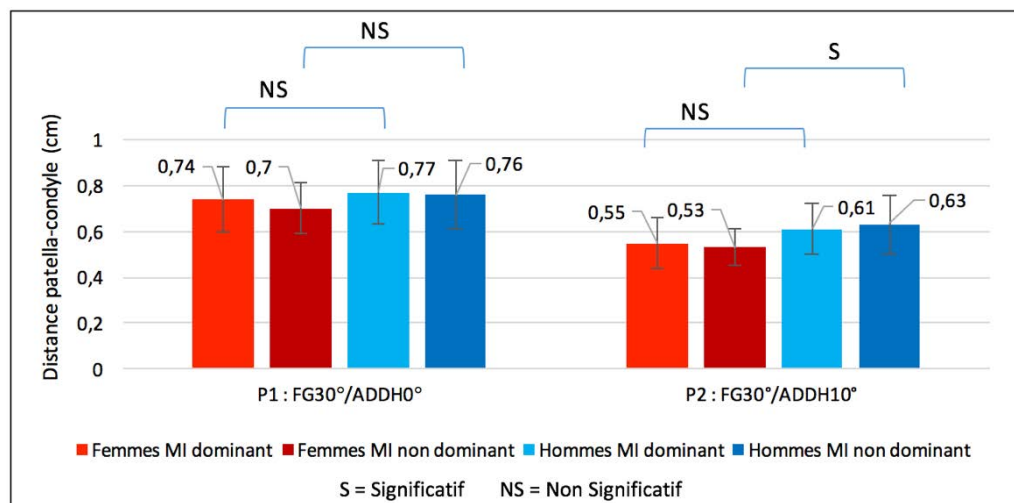


Figure 13 : Distances patellaires moyennes des 2 positions
– Comparaison entre hommes et femmes

4. DISCUSSION

4.1. Interprétation des résultats

4.1.1. Comparaison entre les deux positions : influence de l'adduction de hanche

Notre travail de recherche évalue l'influence de l'ADD de la hanche sur la position patellaire en charge, pour tenter de définir une norme de la DPC entre une flexion de genou à 30° en charge avec ADD neutre de la hanche (P1) et avec une ADD de hanche de 10° (P2). Les résultats des mesures de la position patellaire moyenne sont présentés dans les figures 10 et 11 :

- La DPC moyenne en P1 avec ADD de hanche à 0° est de :
 - o 0,75 (+/- 0,14) cm pour le MID,

- 0,73 (+/- 0,13) cm pour le MIND ;
- Après ADD de la hanche de 10° en position P2, la distance DPC moyenne est de :
 - 0,58 (+/- 0,11) cm pour le MID,
 - 0,58 (+/- 0,12) cm pour le MIND.

Lors de la flexion de genou avec ADD de la hanche en P2, nous observons une diminution significative de la distance moyenne de la DPC pour le MID ($p < 0,001$) et pour le MIND ($p < 0,001$) témoin d'une augmentation du déplacement patellaire latéral. Le mouvement d'ADD de la hanche influence un déplacement latéral plus important de la patella dans le plan frontal. L'hypothèse est confirmée ; l'échographie est capable d'objectiver et de quantifier la latéralisation patellaire en charge. Nous pouvons également définir une norme de cette mesure en charge pour une population jeune, âgée en moyenne de 19,79 ans (+/- 1,42 ans). Pendant l'ADD de hanche, ces résultats peuvent s'expliquer par la sollicitation des facteurs latéralisateurs de la patella tels :

- La tension passive de la bandelette ilio-tibiale,
- L'activation du muscle VL prédominant sur le VM,
- La fermeture accentuée de l'angle Q,
- La rotation latérale tibiale.

4.1.2. Fiabilité intra-examineur de l'échographie

La reproductibilité des mesures effectuées par un même examinateur est un élément important dans notre travail de recherche afin de valider cette méthode de mesure en charge. Pour un même examinateur, les mesures de la DPC sont reproductibles en charge avec une fiabilité très forte pour les positions P1 et P2 (CCI > 0,75) (Tab. II). En P2, le CCI a montré des valeurs légèrement plus faibles quand P1, en raison d'une réduction millimétrique de la DPC. La précision des mesures pour un même examinateur est très bonne avec un SEM de 0,03 à 0,05 cm. En charge, la fiabilité intra-examineur de la mesure échographique de la DPC est confirmée. Cette mesure peut être incorporée dans le BDK et dans suivi de la prise en charge. Cette fiabilité des mesures est favorisée par un marquage du repère osseux de la patella pour le repositionnement de la sonde à chaque mesure sur un sujet en statique pendant la même session de test. Nous rappelons l'utilisation relativement récente de l'échographie pour les masseurs-kinésithérapeutes français (2015) contrairement aux physiothérapeutes anglo-saxons et asiatiques (avant 2000). La mesure de la DPC est encore peu utilisée dans le cadre du SFP.

4.1.3. Comparaison entre membre inférieur dominant et membre inférieur non dominant

Dans notre travail de recherche, nous avons effectué des mesures sur chaque genou afin de rechercher une éventuelle différence entre le MID et le MIND. Nous n'objectivons pas de différence significative entre le MID et MIND quel que soit le mouvement de la hanche entre les positions P1 ($p > 0,05$) et P2 ($p > 0,05$) (Fig. 12). En P2, nous ne retrouvons pas de différence de latéralisation patellaire entre les membres inférieurs dominant et non dominant. Ces résultats peuvent s'expliquer par nos positions P1 et P2 effectuées en demi-squats statiques, symétriques, en charge doublement contrôlées par une mesure goniométrique dans le plan sagittal (flexion genou) et dans le plan frontal (ADD hanche). Ces positions ne peuvent prendre en compte l'asymétrie des mouvements de la vie quotidienne.

4.1.4. Comparaison entre hommes et femmes

Le SFP est une pathologie touchant plus particulièrement les femmes ; 2 femmes pour un homme. Notre travail de recherche évalue une éventuelle différence de déplacement de la patella, avec ou sans l'influence de la hanche entre les hommes et les femmes chez les sujets asymptomatiques. Les résultats des mesures de la position patellaire moyenne sont présentés dans la figure 13 :

- La DPC moyenne en P1 avec ADD de hanche à 0° est de :
 - o 0,74 (+/- 0,14) cm pour le MID pour les femmes,
 - o 0,7 (+/- 0,11) cm pour le MIND pour les femmes,
 - o 0,77 (+/- 0,14) cm pour le MID pour les hommes,
 - o 0,76 (+/- 0,15) cm pour le MIND pour les hommes ;
- Après ADD de la hanche de 10° en P2, la DPC moyenne est de :
 - o 0,55 (+/- 0,11) cm pour le MID pour les femmes,
 - o 0,53 (+/- 0,08) cm pour le MIND pour les femmes,
 - o 0,61 (+/- 0,11) cm pour le MID pour les hommes,
 - o 0,63 (+/- 0,13) cm pour le MIND pour les hommes.

Sans ADD de hanche (P1), nous constatons l'absence de différence significative de la position patellaire entre les hommes et les femmes qu'il s'agisse du MID ($p > 0,05$) ou du MIND ($p > 0,05$) (Fig. 13). Avec une hanche en ADD à 10° (P2), nous constatons :

- Au MID, une différence non significative ($p > 0,05$) entre les hommes et les femmes,

- Au MIND, nous observons une différence significative ($p < 0,05$) entre les hommes et les femmes (Fig. 13).

Nos résultats ne permettent pas d'affirmer une latéralisation plus importante chez les femmes comparées aux hommes en raison d'une seule différence significative retrouvée au MIND uniquement. Cette augmentation de la latéralisation patellaire au MIND chez la femme, si elle se confirmait dans un échantillon de sujets plus important, pourrait être secondaire :

- À une hyperlaxité musculo-ligamentaire féminine mais cette différence morphologique féminine devrait être retrouvée aussi au MID,
- Ou à un déséquilibre musculaire féminin au MIND favorisant une latéralisation patellaire ?

4.2. Comparaison avec la littérature

Dans la littérature, il existe d'autres études similaires utilisant la mesure échographique de la DPC. La comparaison à nos résultats n'est pas directement comparable en raison de protocoles différents. Ces études sont réalisées en décharge et n'étudient pas la différence entre MID et MIND et la différence entre hommes et femmes. Contrairement aux études existantes en décharge, notre évaluation en charge se rapproche davantage de la biomécanique fonctionnelle du genou.

Herrington et ses collaborateurs (col.) mesurent par échographie la DPC de 12 hommes asymptomatiques, âgés de 20 à 27 ans et retrouvent une position patellaire moyenne de $0,81 \pm 0,17$ cm lorsque la hanche est en position neutre et de $0,73 \pm 0,18$ cm lorsque la hanche est à 20° d'ADD (15). Ces valeurs ne sont pas identiques à notre travail de recherche en raison d'un protocole sensiblement différent car il inclut uniquement des hommes, des mesures en décubitus, une flexion du genou moins importante à 20° et une ADD de hanche plus importante à 20° . Herrington indique une différence significative de la position patellaire entre la position de hanche neutre et la position en ADD de hanche à 20° ($p = 0,009$) (15) comme dans notre étude ($p_{MID} = 2,34 \cdot 10^{-7}$ et $p_{MIND} = 1,02 \cdot 10^{-7}$).

Une deuxième étude de Herrington réalisée avec Pearson, a pour but d'étudier l'effet de la stimulation musculaire du VM et du VL sur la position patellaire, avec mesures échographiques de la DPC, en position assise, genou fléchi à 20° sur 10 sujets mixtes asymptomatiques, âgés de $21,1 \pm 1,2$ ans. Lors de la contraction tétanique maximale du VM, la patella subit un déplacement médial (DPC moyen de $0,68 \pm 0,29$ cm comparable à nos

mesures en position P1). Alors que pour le VL, celle-ci subit un déplacement latéral (DPC moyen de 0,56 +/- 0,27 cm comparable à nos mesures en position P2). Ce changement de position patellaire est statistiquement significatif ($p < 0,05$) (12). Ces résultats sont comparables à notre étude malgré l'utilisation d'une autre méthode de contraction quadricipitale en décharge.

L'étude de Kang et col. analyse l'implication de la bandelette ilio-tibiale et l'influence de l'ADD de la hanche sur la position patellaire avec le test d'Ober en latérocubitus auprès de 40 sujets mixtes asymptomatiques. Ils mesurent une DPC moyenne de 0,701 cm lorsque la hanche est en position neutre et une DPC moyenne de 0,625 cm lorsque la hanche est à 20° d'ADD. Kang rapporte des résultats similaires aux travaux de Herrington (16). Ces valeurs sont similaires à notre étude alors que sa méthode est effectuée en latérocubitus avec 20° de flexion de genou et 20° d'ADD de hanche mais avec un nombre de sujets mixtes similaire à notre étude (16).

Ota et Ohko étudient la mobilité patellaire latérale et médiale en décubitus et de façon passive auprès de 205 sujets mixtes asymptomatiques. Ils montrent une différence significative ($p < 0,001$) entre les hommes et les femmes à 30° de flexion de genou avec les hanches en position neutre. Les femmes ont un déplacement plus important de la patella. Les auteurs expliquent cette différence par une laxité plus importante des genoux féminins (48). Nous ne retrouvons pas cette différence significative entre les hommes et les femmes dans notre étude lors de la flexion du genou à 30° avec la hanche à 0° d'ADD ($p_{MID} = 0.413$ et $p_{MIND} = 0.186$) mais seulement lors de l'ADD de hanche à 10° ($p_{MIND} = 0.005$). Ceci peut s'expliquer par la différence de technique : utilisation d'un arthromètre fémoro-patellaire, sujets en décubitus et nombre plus important de sujet dans l'étude de Ota (48).

Dans une autre étude, Herrington et col. évaluent la fiabilité intra-testeur de la mesure du DPC par échographie et par IRM, en décharge avec genou fléchi à 20°. Le critère de validité de l'échographie est évalué. Son CCI objective une mesure intra-examineur très bonne et significative (CCI = 0,99, SEM = 0,01 cm) comme dans notre travail (CCI > 0,75, SEM entre 0,03 et 0,05 cm). Mais l'étude d'Herrington évalue cette fiabilité en décharge et sur un petit échantillon de 10 sujets (11). Une étude menée par Chen évalue cette fiabilité intra-testeur en charge monopodale à 0° et 20° de flexion de genou. Le CCI objective aussi une excellente fiabilité à 20° de flexion en charge (CCI = 0,83, SEM = 0,07 cm) (18).

Au final, l'analyse de la littérature objective de multiples études corroborant nos résultats, malgré l'utilisation fréquente d'un faible échantillonnage, des protocoles en décharge, des flexions de genou plus faibles, des ADD de hanche plus importantes, des contractions quadricipitales toniques en décharge et pour une étude, l'absence de mixité.

4.3. Application clinique et intérêt pour la pratique professionnelle

4.3.1. Application dans la clinique

Selon la Haute Autorité de Santé, le BDK est constitué de mesures cliniques englobant les déficiences, les incapacités et les problèmes de participation au rôle social. Le BDK est un acte intellectuel du masseur-kinésithérapeute, il se doit d'être complet tant dans les déficiences structurelles que fonctionnelles ; menant aux objectifs et à la proposition thérapeutique la plus adaptée. (24)

Dans le SFP, le déplacement patellaire peut favoriser un stress articulaire engendrant la douleur. Ce déplacement est actuellement évalué grâce à 2 techniques décrites par McConnell et Herrington. Ces tests sont qualitatifs avec observation et palpation chez McConnell ou quantitatifs avec mesure centimétrique sur la peau chez Herrington. Ces mesures, avec une validité modérée, sont pratiqués en décharge et de manière passive (10). Le complément par mesure millimétrique échographique de la DPC a une validité de très bonne à excellente et permet de compléter le bilan des déficiences intégré dans notre BDK (11). Le masseur-kinésithérapeute est habilité à utiliser l'échographie pour apporter davantage d'information au BDK en infirmant ou en confirmant son hypothèse sur l'existence d'un déplacement patellaire. L'échographie est économique, non invasive, précise, reproductible et validée (30, 31).

Le SFP est caractérisé par des douleurs lors des activités fonctionnelles du quotidien. Le déplacement patellaire en latéral peut être essentiellement perçu durant ces tâches : la marche, la montée-descente des escaliers, la course à pied, le saut... (24) Les activités quotidiennes génèrent constamment une ADD de hanche associée à une flexion du genou en charge (4, 8). Le genou de par sa situation intermédiaire est soumis lors de l'ADD de hanche à des contraintes pouvant induire une latéralisation patellaire (6, 8, 26). Un test en demi-squat avec ADD de 10° de hanche associé à la mesure échographique de la DPC permet

d'objectiver, ou non, une latéralisation patellaire et de la quantifier. Ce test en position fonctionnelle évalue la latéralisation au plus près des activités quotidiennes. Ce test, nous a permis d'établir une norme de la DPC, avec et sans ADD de hanche, chez les sujets asymptomatiques.

D'après nos résultats et ceux de la littérature (18), la mesure échographique de la DPC est reproductible et fiable pour objectiver la latéralisation patellaire en charge. Cette mesure fiable, associée à notre test fonctionnel en demi-squat, permet de compléter le BDK dans le cadre du SFP et le suivi de son traitement.

4.3.2. Intérêt pour la pratique professionnelle

Le SFP est une affection multifactorielle, il n'existe pas de description définitive. L'étiologie est différente d'un sujet à un autre. Le 4^{ème} séminaire de la recherche internationale sur la douleur fémoro-patellaire, datant de 2016, propose 6 recommandations :

- La thérapie par l'exercice,
- La combinaison d'exercices de la hanche et du genou,
- Les interventions combinées,
- Les orthèses de pied,
- La non recommandation des mobilisations de la fémoro-patellaire, du genou et des lombaires,
- La non recommandation de la physiothérapie (51).

Ces recommandations sont générales et la personnalisation du traitement interviendra selon la présence ou non d'une latéralisation patellaire dans le BDK (49, 51). Ce bilan complémentaire démontre l'existence, ou non, d'une latéralisation patellaire. Par sa quantification échographique, une norme peut être établie auprès de sujets asymptomatiques.

La norme de la DPC en P2 du sujet sain permettra de caractériser, qualitativement, le SFP par la présence ou l'absence de latéralisation patellaire. En cas de latéralisation patellaire, la mesure de la DPC permettra de la quantifier, quantitativement, pour apprécier son importance dans le SFP. L'identification du sous-groupe, SFP avec déplacement latéral de la patella, nous permettra d'orienter et d'optimiser le traitement kinésithérapique en suivant le recentrage patellaire.

En cas de déplacement patellaire objectivé, le masseur-kinésithérapeute, en plus du traitement global du SFP, pourra orienter son traitement sur la correction de la latéralisation, en utilisant les techniques combinées suivantes :

- La genouillère ou orthèse de stabilisation patellaire afin de maintenir la patella,
- Le taping patellaire afin de limiter le déplacement latéral de la patella durant les exercices,
- Le renforcement des muscles médialisateurs et stabilisateurs de la patella en facilitant l'activation du VM par rapport au VL,
- Le renforcement global des muscles de la hanche et de la cheville (21, 23, 50).

Lors des bilans (primaire, intermédiaires et final), un suivi échographique de la DPC pourra contrôler l'efficacité du traitement et plus spécifiquement les techniques combinées décrites ci-dessus. Durant la rééducation, le masseur-kinésithérapeute peut améliorer sa pratique professionnel en appréciant la qualité de ses techniques correctrices et objectiver de manière quantitative la progression de son patient (24). Durant les séances de rééducation, l'échographie pourra être utilisée comme outil de biofeedback pour guider le patient sur le positionnement de son genou afin d'éviter le déplacement patellaire en latéral, lors des différents exercices en charge. Le biofeedback permettra, au patient, une meilleure compréhension de sa douleur en fonction de sa position patellaire visualisée sur l'écran échographique. Par cette technique visuelle et les directives du masseur-kinésithérapeute, le patient sera apte à recentrer sa patella durant les séances pour intégrer et automatiser cette auto-correction au quotidien.

En l'absence de déplacement patellaire, le masseur-kinésithérapeute va s'intéresser aux autres facteurs biomécaniques pathologiques, aux facteurs étiologiques et aux facteurs psycho-sociaux. Il pourra orienter son traitement spécifiquement sur un ou plusieurs de ces facteurs et/ou sur une prise en charge globale. Le traitement global visera à réduire la douleur et à améliorer la fonction, par plusieurs moyens :

- Les étirements des structures passives et actives,
- Le renforcement musculaire global du genou, hanche et cheville,
- La proprioception,
- L'éducation du patient : l'adaptation des activités sportives, la perte de poids... (21, 23, 49, 50, 51),
- La prise en compte de l'aspect psycho-social (52).

4.4. Qualités et limites de ce travail de recherche

4.4.1. Qualités méthodologiques du protocole

Notre travail de recherche a débuté par un questionnaire distribué aux élèves de 1^{ère} année de l'ILFMK de Nancy, permettant d'homogénéiser la population cible de 18 à 25 ans, pratiquant une activité sportive ou non, sachant que le SFP peut affecter l'ensemble de la population (1). Sachant que l'étude portait sur des individus, déontologiquement, nous avons respecté leur anonymat tout le long de notre étude.

Notre choix de la position, en charge, en demi-squat, avec mesures goniométriques et repérage au sol a permis un repositionnement fiable des 39 sujets entre les positions 1 et 2. La mise en charge bipodale a permis d'éviter le risque de déséquilibre du bassin, garantissant la reproductibilité positionnelle contrairement au squat unipodal utilisé dans d'autres études (17, 18). Le demi-squat est une position en charge, fonctionnelle par la contraction du quadriceps. Cette position est propice à l'étude du déplacement patellaire (18). Les sujets ont pu la mémoriser à trois reprises avant de procéder au test.

Les mesures échographiques de la DPC ont été effectuées par le même opérateur expérimenté permettant une meilleure reproductibilité. Le repère osseux du bord supéro-latéral de la patella a été marqué sur la peau afin de repositionner la sonde au même endroit pour les 3 mesures.

Le protocole s'est déroulé sur 3 semaines afin de limiter le risque de perdre des sujets dans ce court laps de temps.

L'analyse statistique a permis un traitement précis des résultats, grâce à la vérification des moyennes des données mesurées, en vérifiant leur rapport à une loi normale ou non, afin d'utiliser les tests les plus adaptés pour l'évaluation de la significativité de nos résultats (Annexe V).

4.4.2. Limites méthodologiques du protocole

La fiabilité de notre protocole est conditionnée par de nombreux paramètres tels que le mode de recrutement, la population, les positions de test, la méthode d'évaluation et

l'évaluateur. Les limites de notre étude sont décrites selon les biais de sélection, les biais de confusion, les biais de mesure et les biais de publication.

4.4.2.1 Biais de sélection ou de recrutement

Notre population est constituée de 39 sujets ; nombre faible pour une étude transversale.

Notre recrutement a été essentiellement effectué à l'aide d'un questionnaire. Nous n'avons pas considéré les variations morphologiques des sujets tels : un varus, un valgus de genou par mesure de l'angle Q ou la laxité des genoux pouvant apporter des différences de mesures entre les sujets.

4.4.2.2 Biais de confusion

Seuls les sujets asymptomatiques ont été retenus, en raison de la difficulté à recruter un nombre suffisamment représentatif de sujets symptomatiques avec un SFP diagnostiqué. Les mesures effectuées ne sont pas représentatives des sujets souffrant d'un SFP.

Nous avons collecté les informations concernant leurs activités sportive et/ou physique mais nous ne les avons pas utilisées en raison d'un faible recrutement. Elles auraient pu être analysées afin de comparer les sportifs aux sédentaires.

4.4.2.3 Biais de mesure

Pour le respect des positions, les mesures ont été effectuées par le même évaluateur avec un goniomètre de Houdre, non fixé pendant la durée du test avec possibilité d'un biais de changement de position du patient.

Certains sujets ont exprimé un inconfort, lors des mesures de la DPC, en P2 (ADD hanches 10°) avec parfois un redressement des genoux, nous obligeant à remesurer l'angle de flexion des genoux.

Les mesures échographiques de la DPC ont été effectuées par le même investigateur et la fiabilité intra-testeur a été évaluée comme très bonne sans pouvoir la comparer à une fiabilité inter-testeur.

Nous avons effectué la mesure en demi-squat, en charge, avec contraction des quadriceps sans quantifier cette force variable selon la morphologie du sujet.

Nous avons utilisé l'ADD de hanche à 10° pour la P2, qui associée à un demi-squat, induit une rotation interne de hanche que nous n'avons pu quantifier. Cette rotation interne influence également le déplacement patellaire.

Concernant la biomécanique pathologique du SFP, seule l'ADD de hanche est étudiée dans notre étude, sachant que la cheville, la rotation tibiale et les mouvements du rachis sont aussi à prendre en compte dans le déplacement patellaire.

Seule la mesure de la DPC est utilisée dans notre travail pour quantifier la position patellaire. La patella effectue un déplacement latéral mais peut aussi subir des mouvements d'inclinaison ou de rotation pouvant augmenter ou diminuer la mesure du DPC, rendant celle-ci moins fiable.

4.4.2.4 Biais de publication

Certaines études utilisées pour élaborer notre protocole viennent du même auteur, Herrington, avec de nombreuses recherches dans le domaine du déplacement patellaire. L'utilisation de plusieurs articles d'un même auteur peut générer un biais dans notre étude par un risque de récurrence de biais entre les études d'un même auteur.

4.5. Perspectives d'approfondissement et de réorientation du travail par rapport aux résultats obtenus

En raison des limites et des biais de notre étude, nous pouvons indiquer des axes d'approfondissement de notre travail :

- Étudier un groupe de sujets plus important (minimum 100 sujets),

- Étudier la population générale (adolescents, adultes et seniors) afin d'y attribuer une norme générale ou par classe d'âge,
- Effectuer un bilan supplémentaire de la statique et de la laxité pouvant avoir une influence sur les mesures de la DPC et pouvant expliquer une latéralisation de la patella chez certains sujets,
- Utiliser les autres items de notre questionnaire tels que la pratique sportive, son intensité, sa durée,
- Veiller au maintien de la flexion de genou à 30° en fixant un goniomètre sur le coté médial du genou, ou impliquer un 3^{ème} évaluateur pour tenir le goniomètre le temps de la mesure,
- Mesurer l'activité de la force musculaire des différents chefs du quadriceps en charge avec et sans ADD de hanche,
- Mesurer la rotation interne de hanche (étude du mouvement en 3 dimensions) afin de garantir une meilleure reproductibilité du test.

Ce mémoire définit une première ébauche de norme de la DPC en charge pour être reproduite avec des modalités minimisant les biais rencontrés dans notre travail pour une éventuelle validation par un comité éthique.

Ce protocole pourra être proposé avec d'autres modalités :

- Évaluer également les autres variables indépendamment ou avec l'ADD de hanche pouvant engendrer un déplacement de la patella comme la rotation latérale du tibia, la pronation de la cheville...,
- Étudier le déplacement patellaire en dynamique, surtout lors d'activités où la douleur et le déplacement sont les plus importants,
- Comparer les mesures de la DPC des sujets asymptomatiques (groupe témoin) aux sujets ayant un SFP avec et sans déplacement patellaire latéral (groupe contrôle),
- Comparer l'efficacité de techniques de traitement de correction de la latéralisation de la patella (taping...),
- Utiliser l'échographie comme outil de biofeedback à des fins de correction patellaire et d'optimisation du geste sportif.

5. CONCLUSION

La production d'une norme de la position patellaire avec et sans implication de l'ADD de hanche, en charge, par mesures échographiques de la DPC, permet d'identifier et d'objectiver la latéralisation de la patella auprès des sujets asymptomatiques. Dans le SFP, cette technique permettra d'identifier deux sous-groupes : avec ou sans déplacement patellaire. L'utilisation de la mesure échographique de la DPC évalue la position patellaire et apporte un complément d'information bénéfique à la pratique du BDK. En confirmant ou en infirmant l'hypothèse de la latéralisation patellaire, elle oriente vers un traitement plus spécifique du SFP d'un sujet à un autre. En cas de latéralisation patellaire, cette technique quantifie son importance et suit son évolution pendant le traitement. L'échographie est aussi un outil utile pour effectuer un biofeedback lors de la rééducation des patients.

Notre étude est un travail personnel de recherche concernant une pathologie complexe, le SFP. Cette étude est une recherche expérimentale et doit initier d'autres études complémentaires afin de mieux comprendre cette pathologie plurifactorielle.

BIBLIOGRAPHIE

1. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, Rathleff MS, Smith TO, Logan P. Incidence and prevalence of patellofemoral pain : A systematic review and meta-analysis. PLOS ONE. 2018 ; 13 (1) : p.e0190892.
2. Witvrouw E, Callaghan MJ, Stefanik JJ, Noehren B, Bazett-Jones DM, Willson JD, Earl-Boehm JE, Davis IS, Powers CM, McConnell J, Crossley KM. Patellofemoral pain: consensus statement from the 3rd International Patellofemoral Pain Research Retreat held in Vancouver, September 2013. Br J Sports Med. 2014 Mar ; 48 (6) : 411-414.
3. Collins NJ, Barton CJ, van Middelkoop M, Callaghan MJ, Rathleff MS, Vicenzino BT, Davis IS, Powers CM, Macri EM, Hart HF, de Oliveira Silva D, Crossley KM. 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017. Br J Sports Med. 2018 Sep ; 52 (18) : 1170-1178.
4. Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers CM, McConnell J, Vicenzino B, Bazett-Jones DM, Esculier JF, Morrissey D, Callaghan MJ. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 1 : Terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. Br J Sports Med. 2016 Jul ; 50 (14) : 839-843.
5. Neal BS, Lack SD, Lankhorst NE, Raye A, Morrissey D, van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain : a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2019 Mar ; 53 (5) : 270-281.
6. Mirzaie G, Kajbafvala M, Rahimi A, Manshadi FD, Kalantari KK. Altered Hip Mechanics and Patellofemoral Pain. A Review of Literature. Ortop Traumatol Rehabil. 2016 May 5 ; 18 (3) : 215-221.
7. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. J Orthop Sports Phys Ther. 2010 Feb ; 40 (2) : 42-51.
8. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, Crossley KM. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain : 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK : part 3. Br J Sports Med. 2017 Dec ; 51 (24) : 1713-1723.

9. Dorie P, Hauke C. Pathologies fémoro-patellaires : rôle et place de la kinésithérapie et de la chirurgie. *KS*. 2010 Oct ; n°514 : p.35-41.
10. Smith TO, Davies L, Donell ST. The reliability and validity of assessing medio-lateral patellar position : a systematic review. *Man Ther*. 2009 Aug ; 14 (4) : 355-362.
11. Herrington L, McEwan I, Thom. Quantification of patella position by ultrasound scanning and its criterion validity. *Ultrasound Med Biol*. 2006 Dec ; 32 (12) : 1833-1836.
12. Herrington L, Pearson S. The applicability of ultrasound imaging in the assessment of dynamic patella tracking : a preliminary investigation. *Knee*. 2008 Mar ; 15 (2) : 125-127.
13. Demont A, Le Neindre A. Échographie : Les standards de formation et de pratique en échographie : un gage de crédibilité pour le kinésithérapeute utilisant l'échographie. Mai 2016 ; n° 576 : p.43-48
14. Conseil National de l'Ordre des Masseurs-Kinésithérapeutes. Avis du Conseil National de l'Ordre du 27 mars 2015 modifié le 24 septembre 2015 et relatif à l'échographie. Mars 2015. [Page consultée le 15/09/2017]. URL : <http://www.ordremk.fr/wp-content/uploads/2017/05/AVIS-CNO-n2015-01.pdf>
15. Herrington L, Law J. The effect of hip adduction angle on patellar position measured using real time ultrasound scanning. *Knee*. 2012 Oct ; 19 (5) : 709-712.
16. Kang SY, Choung SD, Park JH, Jeon HS, Kwon OY. The relationship between length of the iliotibial band and patellar position in Asians. *Knee*. 2014 Dec ; 21 (6) : 1135-1138.
17. Noehren B, Barrance PJ, Pohl MP, Davis IS. A comparison of tibiofemoral and patellofemoral alignment during a neutral and valgus single leg squat : an MRI study. *Knee*. 2012 Aug ; 19 (4) : 380-386.
18. Chen CL, Lo CL, Huang KC, Huang CF. Intrarater reliability of measuring the patella position by ultrasonography in weight-bearing condition. *J Phys Ther Sci*. 2017 Oct ; 29 (10) : 1865-1868.
19. Dufour M, Pillu M. Biomécanique fonctionnelle : Membres – Tête – Tronc. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2006. 592 p. ISBN : 2-294-08877-8
20. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur : Tome 1 membre inférieur. 2^{ème} édition. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2007. 480 p. ISBN : 978-2-294-08055-5
21. Fantino O, Ravey JN, Thelen P, Hauger O, Vande Berg B, Courroy JB, Neyret P, Cohen M, Sans N, Cotten A. Le genou : SIMS OPUS 44. Montpellier : Sauramps Medical, 2017. 616 p. ISBN : 979-10-303-0120-5
22. Dejour D. Douleur et instabilité rotulienne : classification. Chambat P, Neyret PH, Deschamps G, Bonnin M, Dejour D, Aït Si Selmi T, Badet R. Le genou du sportif.

- Montpellier : Sauramps médical, Octobre 2002. p.13-19. 10èmes journées Lyonnaise de chirurgie du genou.
23. Dutton RA, Khadavi MJ, Fredericson M. Patellofemoral Pain. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2016 Feb ; 27 (1) : 31-52.
 24. Viel E. Bien rédiger le bilan-diagnostic kinésithérapique : Mise en œuvre des recommandations de la haute Autorité de Santé. Issy-lès-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2006. 216 p. ISBN : 978-2-294-05114-2
 25. Meira EP, Brumitt J. Influence of the hip on patients with patellofemoral pain syndrome : a systematic review. *Sports Health*. 2011 Sep ; 3 (5) : 455-465.
 26. Branchard K. Sport : Intérêt du squat unipodal dans la prise en charge du syndrome fémoro-patellaire. *KS*. Janvier 2016 ; n°572 : p. 45-47
 27. Hartmann S. L'échographie en médecine, de la théorie à la pratique. *KR*. 2017 ; N°182 (17) : p.12-19.
 28. Demont A, Le Neindre A. L'échographie en réhabilitation, une émergence anglo-saxonne. *KR*. Février 2017 ; 182 (17) : p.20-27.
 29. Dillenseger JP. Bases physiques de l'échographie et du mode Doppler. Legmann P, Bonnin-Fayet P. Guide d'échographie. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2017. P.1-52. Imagerie médicale pratique ; 5^{ème} édition.
 30. Demont A, Lemarinel M. Échographie en rééducation musculo-squelettique et neuro-musculaire. *KR*. Février 2017. N°182 (17) : p.28-40.
 31. Demont A, Lemarinel M. ÉCHOGRAPHIE : Enjeux des limites et erreurs potentielles d'interprétation lors de l'utilisation de l'échographie musculo-squelettique en rééducation. *KS*. Décembre 2016. N° 582 : p.44-47.
 32. Demont A, Wormser J. L'échographie en kinésithérapie : intérêts dans les champs musculo-squelettique et cardiorespiratoire. *KA*. Octobre 2016. N°1463 : p.20-24.
 33. Demont A, Le Neindre A. Échographie en kinésithérapie : effet de mode ou réel outil d'avenir en rééducation ? *KS*. Octobre 2015. N° 569 : p.43-47.
 34. Sans N, Lapègue F, Jacob D. Genou. Sans N, Lapègue F, Jacob D. Echographie musculosquelettique. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2014. P. 233-270. Imagerie Médicale pratique ; 2^{ème} édition.
 35. Lapègue F, Ponsot A, Barcelo C, Fourati M, Labarre D, Vial J, Chiavassa H, Railhac JJ, Sans N. Approche échographique du syndrome fémoropatellaire. Brasseur JL, Zeitoun-Eiss D, Renoux J, Mercy G, Grenier P. Echographie de l'appareil locomoteur. Montpellier : Sauramps médical, 2011. P. 219-234. Actualités en ; Tome 8.

36. Engelina S, Robertson CJ, Moggridge J, Killingback A, Adds P. Using ultrasound to measure the fibre angle of vastus medialis oblique: A cadaveric validation study. *Knee*. 2014 Jan ; 21 (1) : 107-111.
37. Benjafield AJ, Killingback A, Robertson CJ, Adds PJ. An investigation into the architecture of the vastus medialis oblique muscle in athletic and sedentary individuals: an in vivo ultrasound study. *Clin Anat*. 2015 Mar ; 28 (2) : 262-268.
38. Khoshkhoo M, Killingback A, Robertson CJ, Adds PJ. The effect of exercise on vastus medialis oblique muscle architecture : An ultrasound investigation. *Clin Anat*. 2016 Sep ; 29 (6) : 752-758.
39. Shih YF, Bull AM, McGregor AH, Amis AA. Active patellar tracking measurement : a novel device using ultrasound. *Am J Sports Med*. 2004 Jul-Aug ; 32 (5) : 1209-1217.
40. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2001 Jan ; 33 (1) : 127-141.
41. Zhang LK, Wang XM, Niu YZ, Liu HX, Wang F. Relationship between Patellar Tracking and the "Screw-home" Mechanism of Tibiofemoral Joint. *Orthop Surg*. 2016 Nov ; 8 (4) : 490-495.
42. Liao TC, Yin L, Powers CM. The influence of isolated femur and tibia rotations on patella cartilage stress : a sensitivity analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2018 May ; 54 : 125-131.
43. Shih YF, Bull AM, McGregor AH, Humphries K, Amis AA. A technique for the measurement of patellar tracking during weight-bearing activities using ultrasound. *Proc Inst Mech Eng H*. 2003 ; 217 (6) : 449-457.
44. Bassin JP, G. Christe G, Demeulenaere P. Evaluation et traitement des fonctions musculo-squelettiques du membre inférieur : Goniométrie de la Hanche. [2009 ; Consulté le 09/08/2018. Disponible : https://cyberlearn.hes-so.ch/pluginfile.php/146165/mod_resource/content/0/0301_Hanche_Goniometrie.pdf.
45. AnaStats. [2015 ; consulté le 23/02/2019]. Disponible : <http://www.anastats.fr/outils.php>
46. BiostaTGV. [2000 ; consulté le 23/02/2019]. Disponible : <https://biostatgv.sentiweb.fr/?module=tests>
47. Vaucher P. Méthodologie : Fiabilité d'un test, d'une mesure ou d'une procédure d'évaluation. Juin 2017. [Consulté le 24/02/2019]. Disponible : https://www.researchgate.net/publication/317426648_Fiabilite_d'un_test_d'une_mesure_ou_d'une_procedure_d'evaluation

48. Ota S, Ohko H. Sex differences in passive lateral and medial patellar mobility in healthy young adults. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2018 Feb 6 ; 31 (1) : 127-132.
49. Saltychev M, Dutton RA, Laimi K, Beaupré GS, Virolainen P, Fredericson M. Effectiveness of conservative treatment for patellofemoral pain syndrome : A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med.* 2018 May 8 ; 50 (5) : 393-401.
50. Rothermich MA, Glaviano NR, Li J, Hart JM. Patellofemoral pain : epidemiology, pathophysiology, and treatment options. *Clin Sports Med.* 2015 Apr ; 34 (2) : 313-327.
51. Crossley KM, van Middelkoop M, Callaghan MJ, Collins NJ, Rathleff MS, Barton CJ. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 2: recommended physical interventions (exercise, taping, bracing, foot orthoses and combined interventions). *Br J Sports Med.* 2016 Jul ; 50 (14) : 844-852.
52. Vicenzino B, Maclachlan L, Rathleff MS. Taking the pain out of the patellofemoral joint : articulating a bone of contention. *Br J Sports Med.* 2019 Mar ; 53 (5) : 268-269

ANNEXES

ANNEXE I : Questionnaire de recrutement

ANNEXE II : Formulaire de consentement éclairé

ANNEXE III : Tableau des données descriptives des sujets, recueillies par questionnaire

ANNEXE IV : Tableaux des mesures de la distance patella-condyle recueillies par échographie

ANNEXE V : Tableau et graphiques témoignant des tests de la normalité des moyennes de la distance patella-condyle

ANNEXE I : Questionnaire de recrutement

QUESTIONNAIRE DE RECRUTEMENT Pour des mesures échographiques (A remplir recto-verso)

Thème = Apport de l'échographie dans le syndrome fémoro-patellaire :
Évaluation quantitative de la position patellaire en charge avec adduction de hanche

1. Renseignements personnels :

Groupe de TP : _____

Adresse mail : _____

NOM : _____

PRENOM : _____

Date de naissance : ___/___/___

Sexe : Homme Femme

Taille : _____ cm

Poids : _____ Kg

Membre inférieur dominant : D G

2. Sports / Activités Physiques :

Pratiquez-vous une(des) activité(s) physique(s)* ou un(des) sport(s) ? OUI NON

Si NON, passez directement à la partie 3.

- Quel(s) sport(s) ou activité(s) physique(s) pratiquez-vous ? _____

- A quelle fréquence l'exercez-vous ? _____ heure(s)/semaine

- A quel niveau l'exercez-vous ? Loisir Compétition

3. Antécédents : Citez vos antécédents avec si possible une date de survenue

Antécédent(s) lié(s) au genou (exemple : syndrome fémoro-patellaire, rupture ligament croisé, maladie rhumatismale...)	Autre(s) antécédent(s) non lié(s) au genou : concernant les membres inférieurs et le rachis (exemple : pathologie de cheville, pathologie de hanche, pathologie musculaire ...)

*Exemples d'activités physiques : Bricolage (mécanique), jardinage...

4. Douleurs :

4.1. Douleurs au GENOU

Au cours des 6 derniers mois, avez-vous eu des douleurs au **genou** ?

OUI NON

Si NON, passez directement à la partie 4.2.

- A quel genou se situent ces douleurs ? : D G

→ Précisez la localisation exacte de la douleur : _____

- Quel a été le facteur déclenchant ? :

Accident (choc) Survenue spontanée Apparition progressive sans facteur déclenchant
 Autres : _____

▪ Si accident, ressentez-vous encore des douleurs ? OUI NON

- A quel moment de la journée ressentez-vous ces douleurs ? :

au repos à l'activité au cours de la nuit

▪ Si au repos, dans quel position/ situation ? _____

▪ Si à l'activité, à quel type d'activité ? _____

▪ Si au cours de la nuit, précisez insomnie, réveil nocturne ?

- A combien cotez-vous ces douleurs ? : (précisez votre cotation au repos et/ou à l'activité)

Pas de douleur 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **Douleur insupportable**

- Comment décririez-vous votre douleur ? _____

4.2. Autres douleurs aux membres inférieurs (MI) et/ou aux rachis

Avez-vous des douleurs ailleurs qu'au genou (MI et/ou rachis) ? OUI NON

Si NON, vous avez fini.

Où se situent ces douleurs ?

Lombaire Hanche Cheville Autres : _____

A quel moment de la journée ressentez-vous ces douleurs ?

au repos à l'activité au cours de la nuit

- A combien cotez-vous ces douleurs ? : (précisez votre cotation au repos et/ou à l'activité)

Pas de douleur 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **Douleur insupportable**

- Comment décririez-vous vos douleurs ? _____

Merci beaucoup de votre collaboration.

ANNEXE II : Formulaire de consentement éclairé

Formulaire de consentement éclairé

Je, soussigné déclare accepter, librement, et de façon éclairer, de participer comme sujet à ce mémoire d'initiation à la recherche en Masso-kinésithérapie, intitulé :

Apport de l'échographie dans le Syndrome Fémoro-Patellaire : Évaluation quantitative de la position patellaire en charge avec adduction de hanche chez le sujet asymptomatique

Responsables du projet :

Investigatrice principale : Mlle Petitfour Sophie

Directeur de mémoire : Mr Afonso Johnny

Lieu : ILFMK de Nancy : 57 Bis, rue Nabécor, 54000 Nancy

Les objectifs et les modalités de l'étude m'ont été clairement expliqués par Mlle Petitfour Sophie.

⇒ But de l'étude :

Ce mémoire a pour but d'étudier la position patellaire en charge par mesure échographique avec l'influence de l'adduction de la hanche et d'apprécier sa fiabilité. Ces mesures permettront d'obtenir une première ébauche de norme de la distance patella-condyle, objectivant une latéralisation patellaire. Cette latéralisation est un paramètre à prendre en compte dans le syndrome fémoro-patellaire (SFP) dans le bilan diagnostic kinésithérapique (BDK) et dans le suivi de la prise en charge de cette pathologie. L'étude va être réalisée en une séance auprès de sujets asymptomatiques hommes et femmes, âgées de 18 à 25 ans.

- Engagement du participant :

Lors de la séance, le sujet s'engage à adopter 2 positions en squat, en charge, avec et sans adduction de la hanche, entrecoupé de pauses. Nous mesurons par échographie la position patellaire par rapport au condyle latéral du fémur. Le participant s'engage à accepter une éventuelle prise de photo, respectant l'anonymat.

- Engagement de l'investigatrice principale :

En tant qu'investigatrice principale, elle s'engage à mener cette recherche selon les dispositions éthiques et déontologiques, à protéger l'intégrité physique, psychologique et sociale des personnes tout au long de la recherche et à assurer la confidentialité des informations recueillies.

- **Liberté du participant :**

Le consentement pour poursuivre la recherche peut être retiré à tout moment sans donner de raison et sans encourir aucune responsabilité ni conséquence.

- **Information du participant :**

Le participant a la possibilité d'obtenir des informations supplémentaires concernant cette étude auprès de l'investigatrice principale, et ce dans les limites des contraintes du plan de recherche.

- **Confidentialité des informations :**

Toutes les informations concernant les participants seront conservées de façon anonyme et confidentielle. Le traitement informatique n'est pas nominatif, il n'entre pas de ce fait dans la loi Informatique et Liberté (le droit d'accès et de rectification n'est pas recevable). La transmission des informations concernant le participant pour l'expertise ou pour la publication scientifique sera elle aussi anonyme.

- **Déontologie et éthique :**

L'investigatrice principale et le directeur de mémoire s'engagent à préserver absolument la confidentialité et le secret professionnel pour toutes les informations concernant le participant.

J'ai bien compris que ma participation à l'étude est volontaire.

Mon consentement ne décharge en rien les promoteurs de cette étude de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Après discussion et obtention des réponses à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à cette étude.

Nom et signature de l'investigatrice principale

Fait à

Le

Signature du Volontaire

ANNEXE III : Tableau des données descriptives des sujets, recueillies par questionnaire

Sujet	Sexe (H/F)	Âge (ans)	Taille (cm)	Poids (kg)	IMC	Sports	Type de sports	Niveau sportif	Fréquence (Heures/semaine)
1	H	23	185	83	24,3	Oui	Musculation	Loisir	3
2	H	20	192	86	23,3	Oui	Football / Course à pied	Loisir	5
3	F	20	155	75	31,2	Oui	Équitation / Escalade	Loisir	3
4	F	20	158	55	22	Oui	Musculation / Danse	Loisir	14
5	H	19	195	80	21	Non	Non	Non	0
6	F	20	170	60	20,8	Oui	Tennis / Exercices	Loisir	3
7	H	19	182	65	19,6	Oui	Pompes / Football	Loisir	2,33
8	H	20	198	76	19,4	Oui	Basket	Loisir	2
9	F	19	170	59	20,4	Oui	Zumba / Course à pied / Musculation / Natation	Loisir	6
10	H	24	173	72	24,1	Oui	Course à pieds / Football / Vélo	Compétition	6
11	H	20	180	70	21,6	Oui	Marche / Vélo	Loisir	1
12	H	20	170	65	22,5	Oui	Football	Loisir	8
13	H	20	188	88	24,9	Oui	Taekwondo	Loisir	2
14	F	20	159	60	23,7	Oui	Tennis	Compétition	1,5
15	H	19	187	60	17,2	Oui	Vélo / Course à pied	Loisir	2
16	F	19	158	55	22	Non	Non	Non	0
17	H	20	180	64	19,8	Oui	Basket	Loisir	4
18	F	20	172	63	21,3	Oui	Yoga / Step	Loisir	2
19	F	18	167	70	25,1	Oui	Course à pieds	Compétition	4
20	F	19	164	60	22,3	Oui	VTT	Loisir	2
21	H	25	177	65	20,7	Oui	Gymnastique	Compétition	6
22	H	19	187	77	22	Oui	Course à pieds / Équitation	Loisir	6
23	F	19	170	57	19,7	Oui	Danse	Loisir	1,5
24	H	20	171	73	25	Oui	Course à pieds / Musculation	Loisir	5
25	H	19	180	65	20,1	Oui	Vélo	Loisir	5
26	F	20	158	48	19,2	Oui	Musculation / Tennis / Course à pied	Loisir	7
27	H	20	172	70	23,7	Non	Non	Non	0
28	F	19	168	56	19,8	Oui	Zumba	Loisir	2
29	H	19	180	82	25,3	Oui	Course à pieds / Badminton	Loisir	2
30	F	20	158	44	17,6	Non	Non	Non	0
31	F	19	163	53	19,9	Oui	Équitation	Loisir	1
32	H	20	177	64	20,4	Oui	Cyclisme	Loisir / Compétition	6
33	F	21	163	54	20,3	Oui	Vélo	Loisir	2
34	H	18	185	64	18,7	Oui	Vélo / Trail / Triathlon	Compétition	6
35	F	19	170	58	20,1	Oui	Course à pieds	Loisir	1
36	F	18	164	63	23,4	Oui	Handball / Badminton	Loisir	4
37	F	19	162	70	26,7	Oui	Course à pied	Loisir	1
38	H	20	179	73	22,8	Oui	Course à pieds	Loisir	1
39	F	19	162	48	18,3	Non	Non	Non	0

Légende :

- H : Homme

- F : Femme

- IMC : Indice de Masse Corporelle

ANNEXE IV : Tableaux des mesures de la distance patella-condyle recueillies par échographie

Sujet	MI Dominant	P1 = F _{630°/ADD_{H0°}} (cm)			P2 = F _{630°/ADD_{H10°}} (cm)		
		1 ^{ère} mesure	2 ^{ème} mesure	3 ^{ème} mesure	1 ^{ère} mesure	2 ^{ème} mesure	3 ^{ème} mesure
1	D	0,91	0,9	0,82	0,48	0,47	0,5
2	D	0,82	0,82	0,89	0,57	0,53	0,51
3	D	0,64	0,71	0,64	0,51	0,53	0,51
4	D	0,67	0,7	0,64	0,66	0,54	0,51
5	D	0,69	0,71	0,63	0,61	0,6	0,6
6	D	0,8	0,91	0,73	0,51	0,51	0,54
7	D	0,63	0,65	0,65	0,43	0,44	0,43
8	G	0,71	0,75	0,78	0,4	0,51	0,48
9	D	0,58	0,65	0,7	0,46	0,49	0,45
10	D	0,83	0,81	0,76	0,68	0,59	0,63
11	D	0,81	0,79	0,76	0,56	0,44	0,55
12	D	0,67	0,62	0,62	0,7	0,73	0,71
13	D	0,97	0,91	0,98	0,84	0,83	0,8
14	D	0,8	0,71	0,78	0,5	0,54	0,53
15	D	0,8	0,85	0,86	0,8	0,73	0,71
16	D	0,93	0,97	1	0,79	0,8	0,85
17	D	1,01	1,07	1,08	0,71	0,64	0,67
18	G	0,69	0,66	0,66	0,53	0,47	0,55
19	D	0,82	0,84	0,88	0,64	0,6	0,64
20	D	0,95	1,12	1,1	0,8	0,79	0,84
21	D	0,8	0,83	0,83	0,47	0,65	0,62
22	D	0,7	0,78	0,79	0,69	0,71	0,73
23	D	0,86	0,84	0,83	0,58	0,7	0,64
24	G	0,58	0,54	0,52	0,47	0,49	0,51
25	D	0,54	0,56	0,58	0,5	0,54	0,54
26	D	0,52	0,5	0,51	0,54	0,55	0,55
27	D	0,75	0,72	0,72	0,48	0,53	0,54
28	D	0,56	0,49	0,51	0,46	0,51	0,54
29	D	1,06	1,01	0,93	0,59	0,6	0,62
30	D	0,7	0,69	0,73	0,48	0,51	0,54
31	D	0,84	0,82	0,81	0,45	0,45	0,46
32	D	0,65	0,65	0,69	0,63	0,62	0,71
33	G	0,75	0,79	0,78	0,48	0,49	0,48
34	G	0,78	0,64	0,63	0,62	0,67	0,65
35	D	0,85	0,8	0,86	0,54	0,43	0,5
36	D	0,65	0,65	0,64	0,52	0,49	0,51
37	D	0,57	0,61	0,62	0,36	0,35	0,44
38	G	0,79	0,8	0,8	0,79	0,71	0,76
39	D	0,61	0,56	0,69	0,63	0,62	0,65

Légende : - D : Droit - G : Gauche

Sujet	MI NON Dominant	P1 = F _{G30°/ADD_{H0°}} (cm)			P2 = F _{G30°/ADD_{H10°}} (cm)		
		1 ^{ère} mesure	2 ^{ème} mesure	3 ^{ème} mesure	1 ^{ère} mesure	2 ^{ème} mesure	3 ^{ème} mesure
1	G	0,98	1,04	0,94	0,7	0,66	0,71
2	G	0,61	0,7	0,62	0,66	0,64	0,67
3	G	0,61	0,64	0,57	0,57	0,45	0,48
4	G	0,75	0,66	0,73	0,54	0,5	0,49
5	G	0,7	0,68	0,71	0,53	0,58	0,6
6	G	0,67	0,69	0,7	0,44	0,48	0,49
7	G	0,47	0,5	0,5	0,42	0,47	0,46
8	D	0,75	0,75	0,85	0,61	0,63	0,7
9	G	0,56	0,56	0,65	0,44	0,5	0,45
10	G	0,91	0,86	0,82	0,9	0,85	0,84
11	G	0,69	0,66	0,63	0,46	0,37	0,46
12	G	0,78	0,8	0,79	0,5	0,47	0,45
13	G	0,96	0,87	0,96	0,98	0,72	0,84
14	G	0,79	0,82	0,83	0,5	0,51	0,51
15	G	0,7	0,77	0,72	0,8	0,7	0,76
16	G	0,77	0,72	0,72	0,57	0,5	0,57
17	G	0,98	1,01	1	0,75	0,73	0,78
18	D	0,69	0,68	0,67	0,55	0,58	0,59
19	G	0,9	0,99	0,84	0,54	0,56	0,53
20	G	0,89	0,9	0,88	0,69	0,61	0,69
21	G	0,75	0,8	0,85	0,71	0,8	0,78
22	G	0,71	0,78	0,76	0,68	0,65	0,69
23	G	0,65	0,79	0,78	0,69	0,63	0,67
24	D	0,46	0,56	0,52	0,47	0,45	0,45
25	G	0,61	0,6	0,59	0,46	0,51	0,5
26	G	0,5	0,59	0,57	0,67	0,47	0,42
27	G	0,65	0,73	0,75	0,59	0,54	0,66
28	G	0,54	0,51	0,54	0,45	0,44	0,43
29	G	0,91	0,98	0,97	0,56	0,55	0,68
30	G	0,62	0,66	0,69	0,41	0,46	0,42
31	G	0,79	0,85	0,83	0,4	0,45	0,41
32	G	0,58	0,62	0,6	0,63	0,53	0,54
33	D	0,54	0,63	0,65	0,53	0,48	0,53
34	D	0,88	0,82	0,79	0,58	0,55	0,67
35	G	0,81	0,72	0,77	0,6	0,52	0,48
36	G	0,72	0,66	0,72	0,53	0,69	0,71
37	G	0,56	0,54	0,59	0,44	0,4	0,45
38	D	0,77	0,81	0,75	0,71	0,72	0,71
39	G	0,65	0,75	0,75	0,6	0,64	0,67

Légende : - D : Droit - G : Gauche

ANNEXE V : Tableau et graphiques témoignant des tests de la normalité des moyennes de la distance patella-condyle

	TEST SHAPIRO-WILK	P-VALUE
DPC en P1 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ MI DOMINANT	Normale	0,35638
DPC en P2 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ MI DOMINANT	Pas Normale	0,02632
DPC en P1 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ MI NON DOMINANT	Normale	0,67738
DPC en P2 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ MI NON DOMINANT	Pas Normale	0,04470
DPC en P1 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ MI DOMINANT - FEMMES	Normale	0,60431
DPC en P2 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ MI DOMINANT FEMMES	Pas Normale	0,01125
DPC en P1 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ MI NON DOMINANT - FEMMES	Normale	0,71449
DPC en P2 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ MI NON DOMINANT FEMMES	Normale	0,08937
DPC en P1 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ MI DOMINANT - HOMMES	Normale	0,81700
DPC en P2 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ MI DOMINANT HOMMES	Normale	0,76645
DPC en P1 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H0^\circ}$ MI NON DOMINANT - HOMMES	Normale	0,79570
DPC en P2 = $F_{G30^\circ}/ADD_{H10^\circ}$ MI NON DOMINANT HOMMES	Normale	0,48890

Légende :

- Normale : la distribution suit une loi normale
- Pas normale : la distribution ne suit pas une loi normale

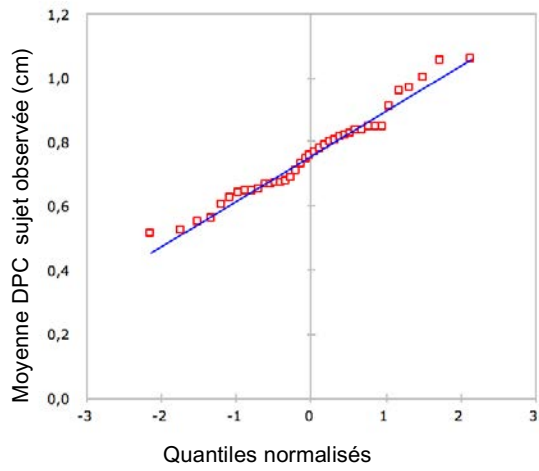


Figure 14 : Vérification de la normalité pour le MID en P1

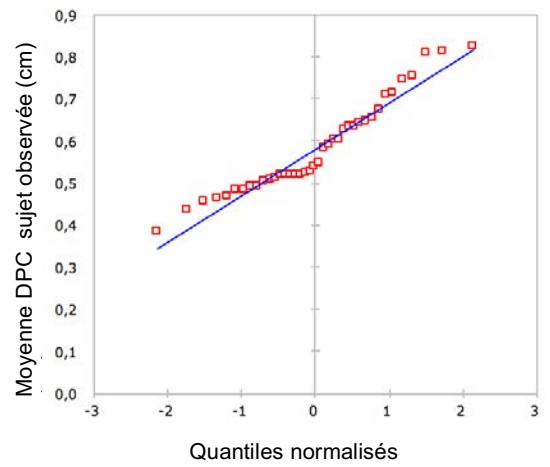


Figure 15 : Vérification de la normalité pour le MID en P2

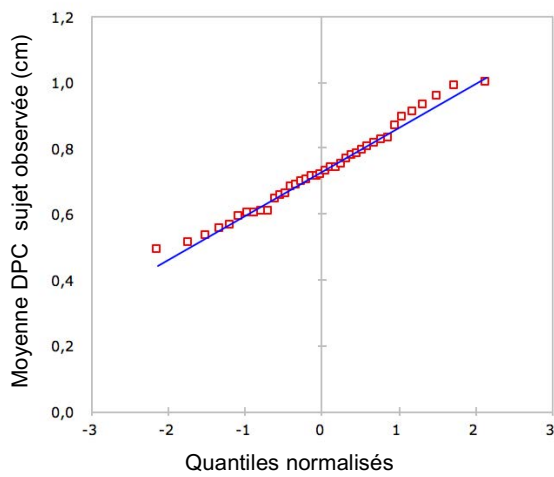


Figure 16 : Vérification de la normalité pour le MIND en P1

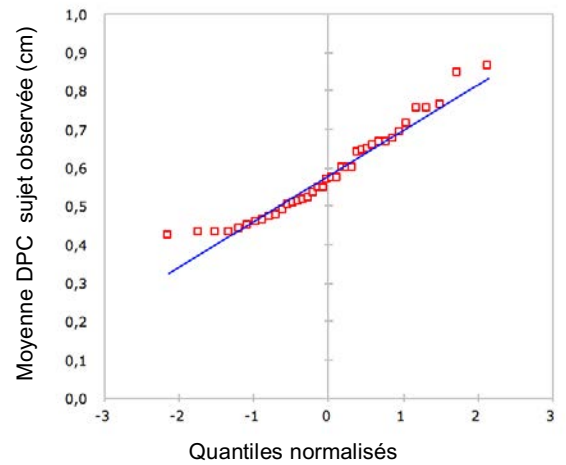


Figure 17 : Vérification de la normalité pour le MIND en P2

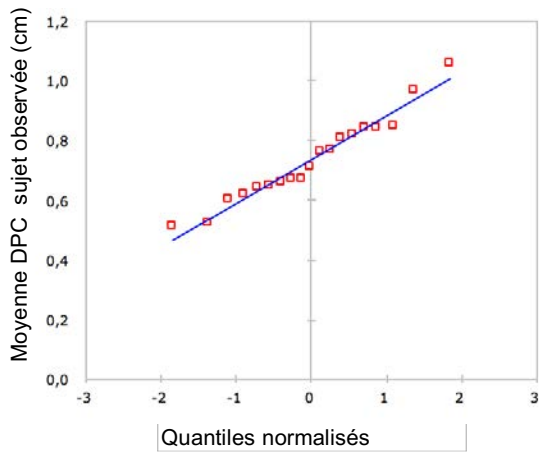


Figure 18 : Vérification de la normalité pour les femmes au MID en P1

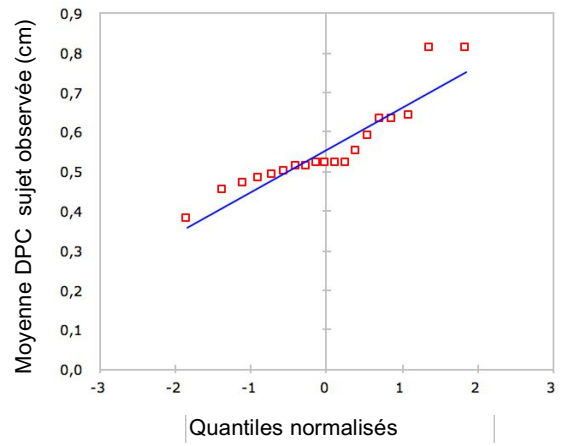


Figure 19 : Vérification de la normalité pour les femmes au MID en P2

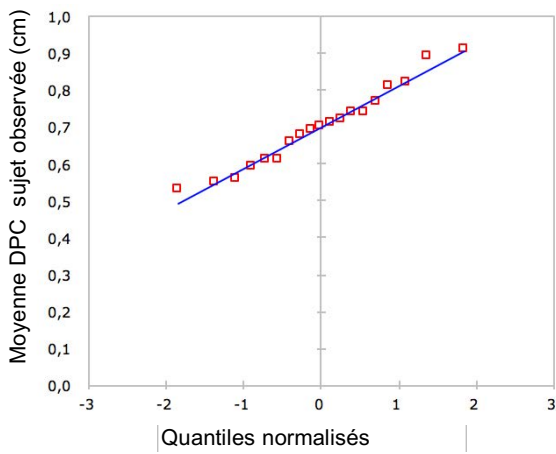


Figure 20 : Vérification de la normalité pour les femmes au MIND en P1

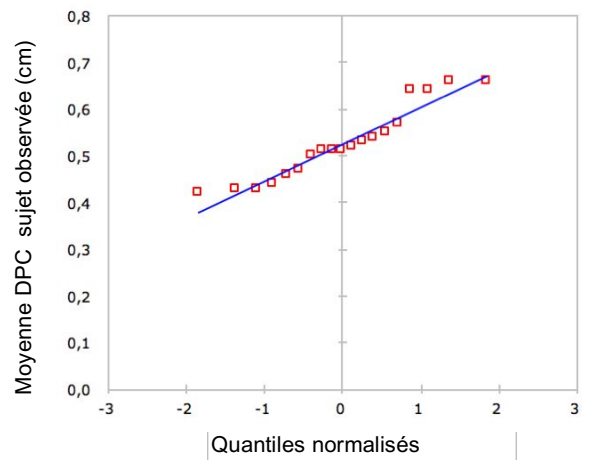


Figure 21 : Vérification de la normalité pour les femmes au MIND en P2

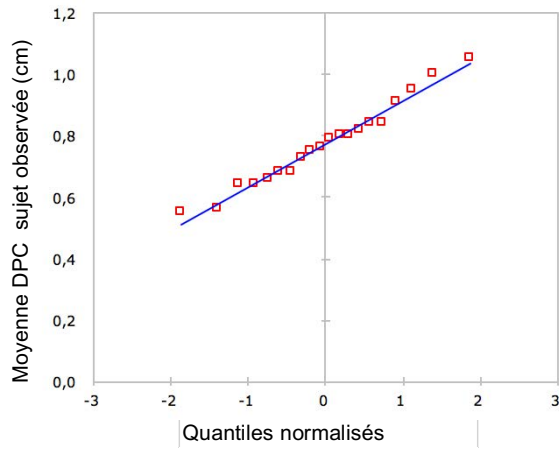


Figure 22 : Vérification de la normalité pour les hommes au MID en P1

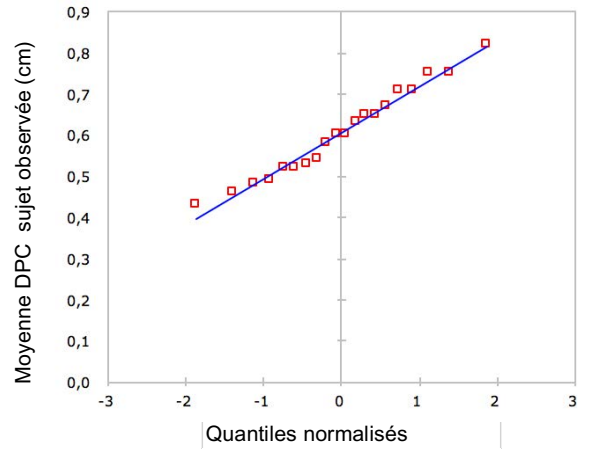


Figure 23 : Vérification de la normalité pour les hommes au MID en P2

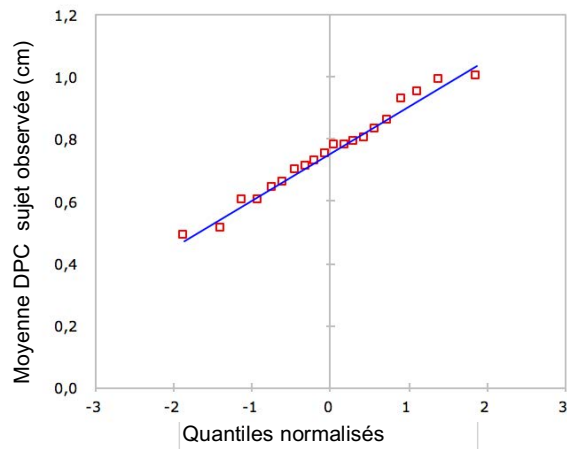


Figure 24 : Vérification de la normalité pour les hommes au MIND en P1

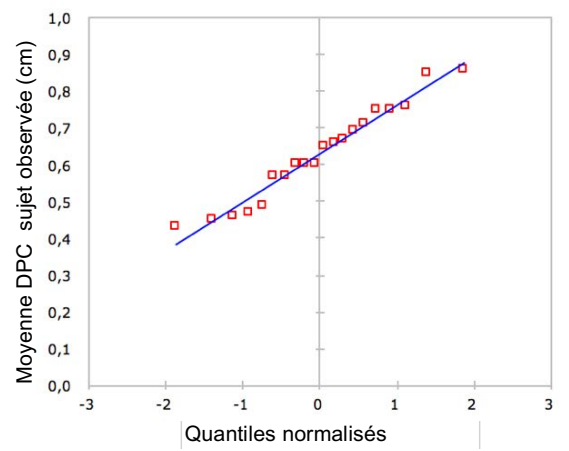


Figure 25 : Vérification de la normalité pour les hommes au MIND en P2

RÉSUMÉ

Apport de l'échographie dans le syndrome fémoro-patellaire :

Évaluation quantitative de la position patellaire en charge avec adduction de hanche chez le sujet asymptomatique

Introduction : La position patellaire est un paramètre à prendre en compte dans le Bilan Diagnostic Kinésithérapique (BDK) du Syndrome Fémoro-Patellaire (SFP) et le suivi de sa prise en charge. Ce mémoire a pour but d'étudier la position patellaire en charge par mesure échographique avec l'influence de l'adduction de la hanche et d'apprécier sa fiabilité. Ces mesures permettront une première ébauche de norme de la Distance Patella-Condyle (DPC), objectivant une latéralisation patellaire.

Matériel et méthode : Trente-neuf sujets asymptomatiques, mixtes, âgés en moyenne de 19,79 ans (+/- 1,42 ans), sportifs ou non, ont participé à l'étude. Les sujets ont effectué deux positions différentes. La position 1 (P1) était en demi-squat, genoux fléchis à 30° et hanche en adduction neutre. La position 2 (P2) était la P1 avec adduction de hanche à 10°. Les deux genoux étaient évalués pour chaque position en mesurant échographiquement la DPC.

Résultats : La DPC moyenne en P1 était de 0,75 (+/- 0,14) cm pour 0,58 (+/- 0,11) cm en P2 pour le membre inférieur dominant, montrant une latéralisation patellaire significative en P2 ($p < 0,001$). Aucune différence significative n'a été constatée entre les membres inférieurs dominant et non dominant ($p > 0,05$). Aucune différence significative n'a été constatée en P1 entre hommes et femmes ($p > 0,05$) mais une différence significative en P2 au membre inférieur non dominant ($p < 0,05$). La fiabilité des mesures intra-examineur était très forte, allant de 0,81 à 0,94 pour P1 et P2, avec des erreurs-types de mesure de 0,03 à 0,05 cm.

Conclusion : Chez les sujets asymptomatiques, l'échographie met en évidence une fréquente latéralisation patellaire par mesure de la DPC lors de l'adduction de hanche en charge, notamment chez les femmes. L'échographie est un outil fiable pour évaluer la position patellaire en charge et établir une norme de la DPC. Cet outil peut être intégré dans le BDK pour permettre une meilleure orientation du traitement kinésithérapique dans le SFP.

Mots clés : Adduction de hanche, Échographie, Position patellaire, Squat, Syndrome Fémoro-Patellaire

Contribution of Ultrasonography in the Patellofemoral syndrome :

Quantitative assessment of patellar position in weight-bearing condition with adduction in the asymptomatic subject

Introduction : The patellar position is a parameter to be taken into account in the physiotherapy assessment of the Patellofemoral Syndrome (PFS) and the follow-up of its care. The aim of this dissertation is to study the patellar position in the weight-bearing condition by ultrasound measurement with the influence of hip adduction and to assess its reliability. These measurements will allow a first draft of the Patella-Condyle Distance (PCD) standard, objectifying a patellar lateralization.

Material and method : Thirty-nine asymptomatic subjects, mixed, with a mean age of 19,79 years old (+/- 1,42 years old), athletic or not, participated in the study. The subjects performed two different positions. Position 1 (P1) was half squat, knees bent at 30° and hips in neutral adduction. Position 2 (P2) was P1 with hip adduction at 10°. Both knees were assessed for each position by ultrasonographically measuring the PCD.

Results : The mean PCD at P1 was 0,75 (+/- 0,14) cm for 0,58 (+/- 0,11) cm at P2 for the dominant lower limb, showing significant patellar lateralization in P2 ($p < 0,001$). No significant difference was found between dominant and non-dominant lower limbs ($p > 0,05$). No significant difference was found in P1 between men and women ($p > 0,05$) but a significant difference in P2 at the non-dominant lower limb ($p < 0,05$). The reliability of the intra-examiner measurements was excellent, ranging from 0,81 to 0,94 for P1 and P2, with a standard errors of measurement of 0,03 to 0,05 cm.

Conclusion : In asymptomatic subjects, ultrasonography shows frequent patellar lateralization by measuring the patella-condyle distance during hip adduction in the weight-bearing condition, especially in women. Ultrasonography is a reliable tool for assessing patellar position in the weight-bearing condition and establishing a patella-condyle distance standard. This tool can be integrated in the physiotherapy assessment to allow a better orientation of the physiotherapy treatment in the PFS.

Keywords : Hip adduction, Ultrasonography, Patellar position, Squat, Patellofemoral syndrome