

ÉVALUATION ÉCHOGRAPHIQUE (RUSI) DE L'ANGLE DE PENNATION LIÉ À LA FORCE DU MUSCLE LONG ADDUCTEUR CHEZ LES FOOTBALLEURS D'ÉLITE : UNE ÉTUDE OBSERVATIONNELLE TRANSVERSALE

ECOLE DE SCIENCES DU SPORT, DE L'ACTIVITÉ
PHYSIQUE ET KINÉSITHÉRAPIE



**Universidad
Europea** MADRID

Nom : Lou Kersalé / Tariq Aumjaud

Groupe : 69

Année: 2022-2023

Tuteur : Pedro Martinez Lozano

Area : Protocole d'une étude contrôlée observationnelle

3. Documento de apto por parte del tutor

Todo trabajo de fin de grado debe presentar los requisitos necesarios para ser presentado y defendido en base a los siguientes puntos:

- Asistencia y seguimiento
- Cumplimiento en tiempo y forma de las entregas establecidas por el tutor
- Formato y estructura
- Estilo y forma

Por tanto, el profesor Dr. Pedro Martínez Lozano, tutor de su trabajo de fin de grado, de la que son autores los alumnos Mohammad Tariq AUMJAUD y Lou KERSALÉ

AUTORIZA la presentación del referido trabajo de fin de grado.

Comentarios si proceden:

Firma y fecha del tutor/a del trabajo de fin de grado

Villaviciosa de Odón. 02/06/2023

Remerciements :

Nous remercions particulièrement notre tuteur et professeur, Dr. Pedro Martinez Lozano pour son implication, son professionnalisme, son temps et ses conseils avisés nécessaires à la conception de notre étude.

Nous tenons à remercier tous les professeurs du Curso de Experto en Ecografía Sonoanatomía de l'Université Européenne de Madrid pour nous avoir transmis leurs conseils et leurs savoir, particulièrement le Dr. Samuel Fernández CARNER pour avoir su nous orienter pendant l'élaboration du projet.

Nous remercions également camarades et professeurs de l'Université Européenne ayant partagé leurs expériences et leurs précieux conseils quant à la réalisation du TFG.

4. Resúmenes

4.1 Résumé en français

Résumé : L'imagerie par ultrasons (USI) est utilisée à des fins médicales depuis les années 1950. Plus tard, en 2006, s'est tenu le premier séminaire international du Rehabilitative ultrasound imaging (RUSI) à San Antonio au Texas. L'un des champs principaux de la technique RUSI est l'évaluation du système musculosquelettique, elle permet d'observer les fibres musculaires, qui sont généralement disposées de manière parallèle et forment une sorte de structure pennée. Celle-ci est très bien démontrée par échographie. Elle forme avec la jonction musculo-tendineuse l'angle de pennation (AP) qui est défini comme l'angle de la fibre par rapport à l'axe générateur de force. Lorsque la force, qui est générée par les muscles, est excessive, il y a des blessures. Cette étude s'intéresse aux blessures du groupe musculaire des adducteurs, qui représentent 8 à 25 % de toutes les blessures musculaires chez les footballeurs d'élite. Par

ailleurs, les lésions du groupe musculaire des adducteurs touchent le plus souvent le muscle long adducteur (AL). En effet, la faiblesse de l'adduction de la hanche est un facteur de risque de blessure à l'aine dans le football. Ainsi il sera mesuré, avec le Squeeze Test (ST), la force d'adduction isométrique de la hanche à l'aide d'un dynamomètre à main, le Smart Groin Trainer (SGT). Au même moment sera effectué une échographie de l'angle de pennation du muscle long adducteur. Il sera observé s'il existe une relation entre l'angle de pennation et la force du muscle long adducteur.

Objectifs : Observer la corrélation entre l'angle de pennation et la force musculaire du muscle long adducteur, que peut développer un joueur de football professionnel lors d'un mouvement d'adduction concentrique maximale ou pression maximale, effectuée lors d'un squeeze test, mesuré avec un dynamomètre portable, le Smart Groin Trainer.

Méthodologie : Réalisation d'une étude observationnelle analytique, transversale et prospective. Seront recrutés des footballeurs professionnels masculins entre 18 ans et 40 ans. Leur jambe dominante sera examinée car elle est plus sujette aux blessures. L'échographie et le squeeze test avec le SGT seront réalisés au polideportivo de l'Université Européenne de Madrid. Trois examinateurs seront nécessaires pour cette intervention, le premier supervisera l'échauffement. Le deuxième réalisera l'échographie. Le troisième recueille les données du SGT.

Mots-clés : angle de pennation, échographie, force musculaire, long adducteur, footballeurs professionnels.

4.1 Summary in english

Abstract : Ultrasound imaging (USI) has been used for medical purposes since the 1950s. Later, in 2006, the first Rehabilitative Ultrasound Imaging (RUSI) international seminar was held in San Antonio, Texas. One of the main fields of the RUSI technique is

the evaluation of the musculoskeletal system; it allows us to observe the muscle fibers, which are generally arranged in parallel and form a kind of pennate structure. This is very well demonstrated by ultrasound. It forms with the musculotendon junction the pennation angle (AP) which is defined as the angle of the fiber in relation to the force-generating axis. When the force, which is generated by the muscles, is excessive, there are injuries. This study focuses on injuries to the adductor muscle group, which account for 8-25% of all muscle injuries in elite footballers. In addition, lesions of the adductor muscle group most often affect the long adductor muscle (AL). Indeed, the isometric adduction force of the hip will be measured using a hand dynamometer: the Smart Groin Trainer (SGT). At the same time, an ultrasound scan of the angle of pennation of the adductor longus muscle will be performed. It will be observed whether there is a relationship between the pennation angle and the strength of the adductor longus muscle.

Methodology : Conducting an analytical, cross-sectional and prospective observational study. Male professional footballers will be recruited between the ages of 18 and 40. Their dominant leg will be examined as it is more prone to injury. The ultrasound and squeeze test with the SGT will be performed at polideportivo of the European University of Madrid. Three examiners will be needed for this procedure, the first will supervise the heating. The second will perform the ultrasound. The third collects SGT data.

Objectives : To observe the correlation between the angle of pennation and the muscular strength of the long adductor muscle, which can develop a professional football player during a maximum concentric adduction movement or maximum pressure, performed during a squeeze test, measured with a portable dynamometer, the Smart Groin Trainer.

Key-Words : pennation angle, ultrasound, muscle strength, long adductor, professional football players.

5 . Table des matières

6. Introduction.	9
7. Justification.	11
8. Hypothèses et objectifs	13
9. Méthodologie	14
9.1. Design de l'étude	14
9.2. Sujets de l'étude	15
9.3. Groupes	16
9.4. Variables	17
9.4.1 Variables dépendantes	17
9.4.2 Variables médiatrices	17
9.4.3 Facteurs confondants	18
9.5. Description prises de données	18
9.6. Recueil et analyse de données	20
9.7. Limites de l'étude	22
9.8. Biais de l'étude	23
10. Plan de travail	23
10.1 Étapes de déroulement	23
10.2 Équipe investigatrice	24
10.3 Distribution des tâches	25
11. Bibliographie	25
12. Annexes, Figures et Tableaux	29
Annexe 1 : Document d'information sur le sujet d'étude	29
Annexe 2 : Formulaire de consentement éclairé	36
Annexe 3 : Checklist for cross-sectional studies	39
Figure 1 : Les champs médicaux de l'imagerie par ultrason	41
Figure 2 : Les catégories d'utilisation de l'imagerie par ultrason par les kinésithérapeutes.....	42
Figure 3 : Exploration par Ultrason du long adducteur au $\frac{1}{3}$ proximal de la	

cuisse.....	43
Figure 4 : Adductor squeeze test réalisé avec un dynamomètre à main	48
Tableau 1 : Statistiques descriptives des participants	48
Tableau 2 : Niveau Sportif des participants	48
Tableau 3 : Résumé collecte des données	49
Tableau 4 : AP et FM en relation avec l'âge des patients	49
Tableau 5 : Matrice de corrélation entre l'angle de pennation et la force musculaire du long adducteur	50

Évaluation échographique (RUSI) de l'angle de pennation lié à la force du muscle long adducteur chez les footballeurs d'élite : une étude observationnelle transversale.

Lexique des abréviations :

AL : long adducteur

AP : angle de pennation

FM : force musculaire

RUSI : Rehabilitative ultrasound imaging

SD : écart type

SEEFI (Sociedad Española de Ecografía en Fisioterapia)

SGT : Smart Groin Trainer

ST : Squeeze Test

USI : imagerie par ultrason

6. Introduction

D'un point de vue historique, l'imagerie par ultrason (USI) est utilisée à des fins médicales depuis les années 1950 (1,2). D'un point de vue clinique, en 2006, s'est tenu le premier séminaire international du Rehabilitative ultrasound imaging (RUSI) à San Antonio au Texas. Il aura permis d'établir que l'évaluation par image échographique peut être utilisée comme un outil, de par sa capacité à fournir un retour d'information visuel en temps réel sur la morphologie et la fonction musculaire sous-jacente, tant pour le patient que pour le kinésithérapeute (3). Dans ce premier séminaire, les participants se sont mis d'accord sur l'utilisation du terme RUSI, qui est connu, comme l'évaluation de la morphologie, de la fonction et de l'influence sur les tissus mous au cours de différents tests. (voir figure 1) (3,4). Dix ans plus tard, en 2016, a eu lieu la deuxième édition du séminaire international du RUSI, a Pozuelo de Alarcón, Madrid (4). Durant celui-ci, les intervenants ont défini trois catégories supplémentaires d'utilisation de la technique RUSI, notamment la réalisation de travaux de recherche. (voir figure 2) (3). Plus en détail, durant ce séminaire à été confirmé que les mesures grâce à la technique RUSI peuvent permettre de prévoir et d'orienter la réhabilitation (4).

De nos jours, la Sociedad Española de Ecografía en Fisioterapia (SEEFI), a pour but d'introduire et développer la méthode RUSI en Espagne, intégrant cette méthode dans la physiothérapie espagnole comme dans la physiothérapie internationale. La SEEFI définit la méthode RUSI comme le moyen d'évaluer la morphologie et la fonctionnalité du tissu musculaire squelettique afin de répondre aux symptômes rapportés par le patient sans émettre d'hypothèses (5).

L'un des champs principaux de la technique RUSI est l'évaluation du système musculosquelettique, elle permet d'observer les fibres musculaires qui sont généralement disposées de manière parallèle et forment une sorte de structure pennée (de part et d'autre d'un axe central). La structure pennée est très

bien démontrée par échographie (6). Elle forme avec la jonction musculo-tendineuse l'angle de pennation (AP) qui est défini comme l'angle de la fibre par rapport à l'axe générateur de force. (7)

Cette génération de force par les muscles, lorsqu'elle est excessive, entraîne des blessures. Cette étude s'intéresse aux blessures du groupe musculaire des adducteurs, qui chez les athlètes représentent 5 à 23 %, selon les différentes études, de toutes les blessures sportives (8-10). Suite à une blessure ou de manière spontanée, apparaissent des douleurs liées au groupe musculaire des adducteurs qui sont dues à des mécanismes de coups du pied ou de torsion (9-11), sous la forme d'un épisode aigu unique ou à des microtraumatismes répétitifs (9). Ces mouvements répétitifs entraînent des lésions du groupe musculaire des adducteurs qui surviennent le plus souvent chez les sportifs d'élite (12) et sont plus fréquentes chez les footballeurs. (9,10). Le groupe musculaire des adducteurs est le deuxième groupe le plus susceptible d'être blessé dans ce sport (13), représentant 8 à 25 % de toutes les blessures musculaires dans le football, avec le taux de re-blessure le plus important (17,7%) (10,13).

De par cette incidence et ce taux de re-blessure, il est important d'augmenter la disponibilité des joueurs, à travers la recherche et la réduction des facteurs de risques des blessures. Aujourd'hui cela est un centre d'attention principale de la recherche médicale sportive, notamment parce que les blessures à l'aine peuvent avoir de graves conséquences sur la carrière d'un athlète, entraînant une perte de temps de jeu ou un arrêt précoce de la carrière (9,14). Plus précisément, dans le football, d'élite, les lésions des adducteurs se traduisent par une absence moyenne (\pm SD) de 14 ± 24 jours et une absence de 8 jours pour 1000 heures d'exposition (13). Suite à cette absence, la décision relative au retour à l'entraînement est toutefois très complexe et plusieurs facteurs différents doivent être pris en compte (13).

7. Justification

L'USI est une méthode en temps réel rapide, facile, sûre, non invasive et peu coûteuse, fréquemment utilisée pour évaluer la morphologie musculaire (1,6,15,16). Cela favorise et facilite grandement son utilisation dans le domaine du sport professionnel, l'USI est devenue un outil essentiel dans les soins de médecine sportive (10). Avec une sensibilité de 77% pour les lésions non structurelles et de 93% pour les lésions structurelles (15). L'USI permet d'étudier et d'évaluer les muscles qui sont parmi les tissus mous, l'un des mieux adaptés à l'examen par ultrasons environ 30 % des blessures sportives sont des blessures musculaires, l'échographie joue un rôle majeur dans la traumatologie sportive, en aidant le médecin à décider si l'athlète doit ou non reprendre l'entraînement et la compétition.(6) La fiabilité de la technique USI, RUSI pour l'usage appliqué aux kinésithérapeutes, a grandement montré son utilité pour la recherche scientifique fondamentale (4), appliquée et clinique sur la rééducation afin d'éclairer la pratique clinique (2, 4). Son utilisation dans la médecine sportive est majoritairement pour évaluer la structure ou morphologie du muscle, ce qui inclut la longueur, l'épaisseur, le diamètre, la surface transversale, le volume, la longueur des fascicules et l'angle de pennation (4).

AP est l'un des deux principales caractéristiques de l'architecture musculaire (17). Il est souligné de plus en plus l'utilité et la fiabilité des mesures des paramètres échographiques tel que AP (2, 3, 18, 19), comme outil d'évaluation sur le lieu de soins pour les programmes de rééducation individualisés, faciliter la prise de décision (3, 20), pour générer des normes de référence, étudier la relation entre la taille et la force musculaire (FM) spécifiques dans des populations variées (2). Également pour l'évaluation dans les troubles associés à des modifications de la morphologie et du comportement musculaires (3). AP a été considérée comme une stratégie permettant au muscle d'accumuler plus de matériel contractile le long de l'aponévrose tendineuse profonde (17). Dans la dernière revue systématique sur ce sujet, il a été identifié que trois études

sur un total de sept ont trouvé une association entre AP et la FM. Les quatre autres études ont obtenu des résultats mitigés (21). Ils ont également trouvé qu'un AP plus grand augmenterait la capacité du muscle à produire de la force et que AP est probablement associé à FM (21). Ainsi, l'hypertrophie des muscles pennés peut souvent s'accompagner d'une augmentation significative de AP (17).

La force musculaire est essentielle à la performance et à la prévention des blessures (11). Afin de minimiser le risque d'incidence des blessures, l'identification des facteurs de risque associés à la survenue d'une blessure à l'aine est cruciale (22). La faiblesse de l'adduction de la hanche a déjà été identifiée comme un facteur de risque de blessure à l'aine dans le football. (11, 23, , 25). Ainsi que pour estimer la probabilité de souffrir d'une blessure de l'aine pendant la saison (11, 22) et devrait être inclus dans le dépistage d'avant-saison ou plus régulièrement au cours de la saison (11). Moren et al. ont révélé que des valeurs de force maximale isométrique des adducteurs inférieures à 465,33 Newton augmentent de 72 % la probabilité de souffrir d'une blessure à l'aine (22). Les valeurs normales de la force, obtenues à l'aide de tests fiables présentant une faible erreur de mesure, sont donc essentielles pour le dépistage et la prise en charge (25). Par conséquent, il est essentiel de mesurer la force d'adduction de la hanche pendant la saison pour examiner les besoins de l'athlète et prescrire des stratégies préventives afin d'éviter les blessures à l'aine. (23) Le Squeeze Test (ST) à été démontré avec une fiabilité bonne, voire excellente (25).

L'un des outils les plus couramment utilisés pour l'évaluation musculo-squelettique est le dynamomètre isocinétique et les dynamomètres portatifs (7, 23), comme le Smart Groin Trainer (SGT) (11, 23). Les dynamomètres portatifs sont facilement transportables, faciles à utiliser et moins chers que les dynamomètres isocinétiques (23). Sousa et al ont calculer un intra-class correlation coefficient ICC meilleure avec les dynamomètres portatifs, ICC de 0,76 à 0,98 lors de l'utilisation de dynamomètres portatifs et ICC de 0,79 à 0,93 lors de l'utilisation d'un dynamomètre isocinétique (23). Dans une des 2 dernières études sur l'utilisation du SGT, l'analyse intra-device a montré une excellente fiabilité

relative et absolue chez les joueurs de football testés (23). Ils ont conclu que le SGT est un dispositif valide, fiable et précis pour mesurer la force d'adduction isométrique de la hanche (23). Moreno et al. ont démontré une grande fiabilité et une erreur de mesure relativement faible lors de l'utilisation du dispositif SGT pour évaluer la force d'adduction de la hanche par le biais d'un test spécifique au football le ST (22, 23). En outre, les caractéristiques du SGT (portable, petit et facile à utiliser) en font un appareil adapté aux entraîneurs et aux chercheurs dans le domaine du sport (23).

Selon les dernières littératures, les lésions du groupe musculaire des adducteurs touchent le plus souvent le muscle long adducteur (AL) (10, 12, 24, 26). Farrell et al. rapportent que le AL représente 72% des lésions des adducteurs (24).

Cette étude s'inclut dans la littérature actuelle et à pour but de lancer des études expérimentales sur l'exploration de AP et FM dans le groupe de muscle adducteurs. Pour illustrer le fait que les muscles peuvent être "conçus" pour accomplir des fonctions assez spécifiques, l'architecture musculaire peut changer en cas de modification de l'utilisation du muscle ou face à un nouvel environnement (7). Ainsi, l'intention est de contribuer à créer un nouvel outil de mesure que ce soit en terme de prévention, de diagnostic ou de rééducation chez le footballeur professionnel.

À la lumière de ses données, il est important d'observer la corrélation entre différents paramètres, afin de donner aux joueurs et aux personnels médical, toujours plus de données utiles quant à l'évaluation du sportif d'élite.

8. Hypothèses et objectifs

L'objectif principal de l'étude est d'observer la corrélation entre l'angle de pennation et la force musculaire du muscle long adducteur, que peut développer un joueur de football professionnel lors d'un mouvement d'adduction concentrique

maximale ou pression maximale, effectuée lors d'un squeeze test, mesuré avec un dynamomètre portatif, le Smart Groin Trainer.

Le premier objectif secondaire de l'étude est d'étudier AP du muscle AL chez les footballeurs professionnels.

Le second objectif secondaire de l'étude est d'étudier la FM du long adducteur chez les footballeurs professionnels.

- Hypothèse conceptuelle : Il existe une corrélation entre l'angle de pennation et la force du muscle long adducteur chez les footballeurs professionnels.
- Hypothèse alternative : Il existe une corrélation statistiquement significative entre l'angle de pennation et la force du muscle long adducteur chez les footballeurs professionnels.
- Hypothèse nulle : Il n'existe pas une corrélation statistiquement significative entre l'angle de pennation et la force du muscle long adducteur chez les footballeurs professionnels.

9. Méthodologie

9.1. Design de l'étude

Cette étude observationnelle est analytique, transversale et prospective au cours du 3ème trimestre 2023, ce qui correspond au premier trimestre de la saison de football 2023-2024, afin d'observer l'association entre l'angle de pennation et la force musculaire du muscle long adducteur chez les footballeurs d'élites de la Liga Santander y de la Liga SmartBank. L'étude répond aux critères

de recommandations du guide STROBE (27, 28) et a été conduite en accord avec la déclaration d'Helsinki.

9.2. Sujets de l'étude

Seront recrutés des footballeurs professionnels masculins de plus de 18 ans. Une fiche d'explication (Annexe 1) sera distribuée aux joueurs souhaitant participer à l'étude. Après acceptation, un formulaire de consentement éclairé leur sera fourni (Annexe 2). Le document de consentement éclairé est basé sur la loi 41/2002 du 14 novembre 2002 (29) et à été rédigé d'après le Guía para la correcta elaboración de un modelo de hoja de información al paciente y consentimiento informado (29). Un numéro interne à l'étude leur sera attribué afin de limiter le risque d'identification. Pour être éligible ils devront se présenter en tenue de sport 5 min avant l'heure de convocation.

Seront inclus :

- Des joueurs professionnels masculins entre 18 et 40 ans (8)
- Des joueurs qui participent aux compétitions, aux entraînements, et qui sont officiellement enregistrés dans une fédération de football nationale (8). Pour l'étude participeront des joueurs enregistrés dans LaLiga.

Seront exclus les joueurs qui :

- Ont été blessés aux adducteurs ou à la hanche au cours des 6 derniers mois avant l'échographie. Ce qui correspond aux 2 mois de préparation pour la nouvelle saison et 3 mois de compétition de la saison antérieure, car il a été observé qu'un temps de 3 mois est nécessaire pour un retour au

rendement sportif égale ou supérieur à la suite d'une blessure des adducteurs (8). Selon Moreno et al. les joueurs de football qui ont subi des blessures à l'aine pendant la période de compétition ont montré une force isométrique des adducteurs plus faible au début de la saison. (22)

- Présentent des symptômes de maladies ou de pathologie. (30)
- Pendant l'étude, présentent une anomalie à l'échographie, une image hors de la normalité.
- Des joueurs qui, suite à l'échauffement, souffriront d'une douleur de n'importe quel type et qui ne pourront pas réaliser le ST.

La population globale de l'étude a été déterminée sur le site officiel de la Liga (31). Dans lequel y est recensé, pour chaque club inscrit, chaque joueur participant à la compétition. Il y a 554 joueurs qui participent à la Liga et 690 qui participent à la Liga 2. La taille de l'échantillon (n) nécessaire à notre étude est de 24 sujets. Elle a été calculée comme $n = ((z^2 \times p(1-p))/e^2) / (1 + ((z^2 \times p(1-p))/(e^2 \times N))$, avec $z =$ cote (1,96 pour un intervalle de confiance de 95%), $e =$ marge d'erreur (20% soit 0,2), $p =$ écart type (0,5) et $N =$ population globale (1244 joueurs de Liga et Liga 2). Il a été estimé une perte de 15%, ce qui équivaut à 4 sujets qui seront exclus aux cours du recueil de données. La taille de l'échantillon peut être soumise à une réduction au cours de cette étude de part l'inclusion de variables confondant, le degré de précision avec lequel les variables clés peuvent être mesurées, et l'exclusion de certains individus (28). Il sera donc recruté un échantillon de 28 sujets pour réaliser cette étude.

9.3. Groupes

Les sujets ne sont pas divisés en groupe puisqu'il s'agit d'une étude observationnelle transversale. Les données seront mesurées de la même façon et

au même moment. Par la suite, il sera observé la corrélation en AP et FM entre chaque individu et non pas entre chaque groupe d'individus.

9.4. Variables

Seulement des sujets sains seront inclus dans la prise de variables. Seront exclus ceux répondant aux critères d'exclusion. Les variables qui seront utilisées pour l'analyse statistique sont les suivantes :

9.4.1 Variables dépendantes

Ce seront les variables principales de l'étude, il sera observé s'il existe une corrélation entre elles.

- AP, variable quantitative continue, mesuré en degré (°) avec une échographie (18, 20, 32, 33)
- FM du long adducteur, variable quantitative continue, mesuré avec le dynamomètre SGT en kilogramme de force (Kgf), convertie en Newton (N) (11, 22, 23)

9.4.2 Variables médiatrices

Ont été considérées dans l'étude comme médiatrices car elles peuvent moduler la relation des variables dépendantes.

- Le poids, variable quantitative continue, mesuré avec une balance en kilogramme (Kg) (34)
- La taille, variable quantitative continue, mesuré avec un mètre (M) (34)

- La durée de la pratique sportive, variable quantitative discrète, mesurée en années (Ans) (34)
- Le niveau sportif, variable qualitative ordinale, décrite comme Liga / Liga 2

9.4.3 Facteur confondant

Comme potentiel facteur confondant, ont été identifiés, l'âge (35, 36), le sexe (35) et la jambe dominante (14). Le biais de confusion avec le genre de l'individu a été exclu de part l'inclusion unique de footballeur masculin. Il sera demandé dans le questionnaire la jambe dominante du participant afin de n'évaluer que celle-ci et limiter le risque de biais. La relation entre l'âge et la corrélation entre AP et FM sera étudiée si elle est statistiquement significative (voir tab4). Dans ce cas les sujets seront divisés par tranches d'âges (18-24, 25-34, 35-40) selon la Brazilian Cardiorespiratory Fitness Classification basé sur la consommation maximale d'oxygène pendant l'effort (Vo2 max) (30). Car la Vo2 max est plus élevée chez les athlètes masculins entraînés (34) et diminue au fil des années sans être affectée par le niveau d'entraînement (30, 34) La Vo2 max diminue avec l'âge même si le niveau d'entraînement est plus important.

9.5. Description prises de données

L'échographie et le squeeze test avec le SGT seront réalisés au polideportivo de l'Université Européenne de Madrid le jeudi 5 octobre 2023. Les mesures échographiques seront réalisées par un unique examinateur avec de l'expérience en Sonoanatomie Échographique du Système Musculosquelettique en Kinésithérapie. L'échographe utilisé sera le LOGIQ F6 avec une sonde à large bande ou multifréquences de 7 à 15 MHz (6). Le B-mode sera utilisé car il produit

une haute qualité d'image (4) et a été choisi une fréquence de 10-12 Hz. La sonde sera recouverte d'un gel de transmission soluble dans l'eau afin d'assurer un contact acoustique, sans comprimer la surface cutanée (33). Sur une coupe transversale, au niveau du tiers médial et proximal du fémur, il sera situé en haut de l'image (voir figure 3A). AL sera centrée sur l'image (voir figure 3B), afin d'être capable de voir une portion optimale de fibres musculaires sur l'écran de l'échographe (19). La sonde est tournée à 90° (voir figure 3C) pour observer les fibres sur un axe longitudinal (6). Le ventre musculaire du AL est facilement observable depuis son insertion sur la branche du pubis (figure 3D) à 1-2 cm (figure 3E) (37) plus caudal. La profondeur sera modifiée pour obtenir une image claire permettant de voir l'aponévrose superficielle et au moins trois fibres musculaires claires (18). AP sera mesuré en degré, comme l'angle d'insertion des faisceaux de fibres musculaires dans l'aponévrose superficielle (5, 19, 20, 33). Toutes les mesures seront effectuées trois fois (1 fois sur 3 fibres différentes) et la moyenne sera incluse dans l'analyse statistique (20). Les images sont capturées et sauvegardées dans un disque dur externe puis seront analysées avec le logiciel *ImageJ Software*®.

Un échauffement standard se compose d'une première partie aérobie, des étirements dynamiques, de 4-5 exercices d'activation et des efforts du type sprint/course (38, 39) . Les joueurs devront réaliser 2 minutes de footing puis 4x30m de course latéral. Suivi d'étirements dynamiques pour les principaux muscles locomoteurs des membres inférieurs (2x10 adduction de la hanche, 2x10 abduction de la hanche, 2x10 talon-fesses). Ensuite des exercices de force dynamique (2x10 accroupissements profonds et 2x10 fentes avant). Pour finir des sprints intermittents et des courses d'agilité comme suit : 2x10m, 2x20m, 1x30m avec 4 changements de direction (90°). Enfin 1x20m à fond et 1x30m à fond. La durée totale de l'exercice sera d'environ 15 minutes (38). Suite à l'échauffement, sera effectué un adductor squeeze test avec le SGT, un dynamomètre qui mesure la force appliquée jusqu'à 4905 Newton. Les données relatives à la force y sont présentées en kilogramme-force, car elles sont plus faciles à comprendre (23). Le

test se réalise allongé sur le dos, les hanches sont positionnées en flexion de 45°, les genoux fléchis à 90° et les hanches en rotation neutre. Le dynamomètre sera placé entre les genoux, plus précisément au point le plus proéminent des condyles fémoraux médiaux (11, 22) (voir figure 4). Il sera demandé au sujet un effort correspondant à sa pression maximale, pendant trois contractions maximales et les maintenir pendant cinq secondes avec trois minutes de récupération passive entre les PM (23). Les données seront mesurées et collectées grâce au logiciel *NexSo Software – Excellence®*. La valeur de la PM affichée sur le cadran du dynamomètre sera enregistrée pendant chacun des trois essais et convertie en Newton (1 kgf = 9,8067 Newton). Le meilleur des trois essais sera utilisé pour l'analyse (11).

9.6. Recueil et Analyse des données

Le recrutement des sujets aura lieu au cours du mois d'août et septembre 2023. Le 5 octobre, une session d'une heure et demie le matin sera organisée, où ils seront tous convoqués en même temps. Elle se divisera en 15 min d'échauffement et 10 min pour faire l'échographie et le ST avec le SGT par sous-groupe. Sera examiné leur jambe dominante car elle est plus sujette aux blessures, à été défini la jambe dominante comme celle réalisant les coups de pieds avec le plus haute fréquence de répétition (14). Trois examinateurs seront nécessaires pour cette intervention, le premier supervisera l'échauffement. Le deuxième réalisera les échographies, il nécessitera d'avoir suivi au minimum un cours d'expert d'échographie (≥ 1 ans d'expérience), qui aura été conçu suivant les compétences fondamentales pour une utilisation sûre et efficace de l'USI par les kinésithérapeutes (4), établi pendant le deuxième symposium sur la technique RUSI. Le troisième recueille les données du SGT, il aura été préalablement familiarisé avec les paramètres du adductor ST, ainsi qu'avec le SGT. Plusieurs

sous-groupes seront créés, ils seront divisés équitablement en nombre et aléatoirement (en fonction du numéro attribué) pour éviter tout risque de biais. L'échantillon minimale étant de 28 sujets, les 7 premiers numéros partiront à l'échauffement, puis les numéros 8 à 14 devront attendre 20 minutes avant de partir à l'échauffement, afin de laisser trois minutes par personne, le temps de faire la mesure de l'angle de pennation à l'échographie. Il y aura donc 4 sous-groupes pour une durée totale de 1h30 de recueil des données. Puis ils effectueront le ST directement après l'échographie. Tous les différents tests et échauffements seront réalisés en même temps, avec le même échographe (LOGIQ F6) et Smart Groin Trainer (SGT), en suivant la même routine d'échauffement, la même séquence de protocoles, la même échographie et le même test de force, toujours sous la direction des mêmes observateurs (11). Les analyses statistiques seront réalisées à l'aide du logiciel statistique IBM SPSS pour Windows (version 29.0). La significativité a été définie comme $p \leq 0,05$. Les statistiques descriptives seront présentées sous forme de moyenne et d'écart type (SD). Des diagrammes de dispersion et le test de Pearson seront utilisés pour observer l'association entre les deux variables dépendantes. Les résultats seront présentés sous forme de matrices de corrélation (voir tableau 5) et de tableaux (voir tableaux 1, 2, 3). Si d'autres variables ou des facteurs confondants présentent une corrélation statistiquement significative, ils seront inclus dans l'étude, présentés avec leur propre matrice ou tableau de corrélation. Le test de Pearson, pour les relations linéaires, et de Spearman, pour les relations monotones, seront utilisés pour observer l'association entre les variables médiatrices et AP ou FM, et pour observer l'association entre les facteurs confondants et AP ou FM (voir tableau 4).

9.7. Limites de l'étude

L'échantillon sera une limite de l'étude. Effectivement, certains joueurs qui participent à l'étude suite au recrutement pourraient être exclus lors de la réalisation de l'étude, soit pendant l'échauffement soit en raison de certaines anomalies détectées à l'échographie. Les sujets sélectionnés sont uniquement des footballeurs professionnels masculins, l'étude actuelle étant réalisée sur un échantillon spécifique de joueurs de football, ces résultats ne peuvent pas être étendus à une autre population d'athlètes (22). D'autre part l'étude est menée sur un seul muscle du groupe des adducteurs (AL). D'autres études sur des individus de sexe féminins ou chez des sportifs amateurs ainsi que sur les autres muscles du groupe adducteur doivent être menées. Le manque d'expérience des investigateurs, que ce soit en échographie (1 an) ou en pratique professionnelle (≤ 5 ans) peut causer des biais de mesures au cours de l'étude. Le dynamomètre choisi dans l'étude apparaît dans peu de littérature car il est assez récent. Cependant, il montre des résultats Intra-device statistiquement significatif et une faible valeur d'erreurs (ICC = 0,94) et changement minimal détectable (MDC=5,97%) (22). Également les résultats démontrent qu'il y a peu de différence inter-device entre les dynamomètre dit "à main" (23). D'autres études doivent être menées pour valider la fiabilité du SGT, dans le cadre de l'étude, l'utilisation d'un dynamomètre à main reste très pertinent car il démontre une plus grande fiabilité pour le squeeze test que les dynamomètre isocinétique de grande taille (23). D'autres études de plus grandes envergures, comparant les variables principales de cette étude avec les différents postes au sein des footballeurs professionnels, l'âge des individus et les blessures sportives pourront être menées afin de limiter les facteurs confondants.

9.8. Biais de l'étude

Pour évaluer le risque de biais dans l'étude, la liste d'évaluation critique de la Joanna Briggs Institute à été utilisée (40) (Table S2K) (voir annexe 3). Aucun biais de sélection, de méthodologie ou de description à été identifié. Les mesures seront toutes réalisées trois fois, la moyenne des AP sera incluse dans l'étude statistique, et la FM maximal mesurée pendant le ST sera incluse dans l'étude, afin de limiter les biais de mesure.

Un biais d'investigateur peut se produire si les enquêteurs sont conscients de l'hypothèse de l'étude et recueillent inconsciemment ou consciemment des données de manière sélective. Pour limiter cela, premièrement il sera demandé à un investigateur qui ne participe pas à l'étude et qui détient un niveau expert en échographie (> 10 ans), de faire les mesures de AP sur les échographies avec le logiciel *ImageJ Software*®. Cette personne recevra les échographies associées à un numéro, il n'aura pas accès aux données des sujets. Deuxièmement, l'investigateur principal qui mesure FM avec le SGT sera aveuglé au moment du recueil de données, car il ne lui saura pas communiqué le résultat obtenu à l'échographie faite au préalable.

10. Plan de travail

10.1 Étapes de déroulement

Chronogrammes des étapes de l'études :

Tâches	Personne responsable	Année 2023											
		Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
Recherche initial	Investigateurs	■	■										
Conception de l'étude	Investigateurs		■	■	■	■							
Validation de l'étude	Comité						■						
Recrutement de l'équipe professionnel	Investigateurs							■	■				
Recrutement des participants	Investigateurs							■	■				
Collecte des données	Investigateurs Examineur									■			
Analyse des données	Investigateurs Expert en échographie									■	■		
Rédaction et publication de l'étude	Investigateurs											■	

10.2 Équipe investigateur

L'équipe sera composée de deux investigateurs principaux. L'un des investigateur sera, au minimum, titulaire d'un cours d'expert en échographie musculo squelettique (1 an de pratique). Il sera nécessaire le recrutement d'un examinateur tiers familier avec les sciences de l'activité physique et du sport. Il sera recruté un expert en échographie, plus de 10 ans de pratique.

10.3 Distribution des tâches

Les deux investigateurs principaux participent tous deux à la recherche, conception de l'étude, recrutement des participants et de l'équipe professionnelle ainsi qu'à la collecte et analyse des données. Le premier investigateur sera chargé de réaliser l'échographie et de mesurer AP au cours de l'analyse des données. Le deuxième investigateur sera chargé de réaliser le ST avec le SGT. L'examineur supervisera l'échauffement pendant la collecte de données. Il aura été préalablement familiarisé avec la méthodologie de l'étude. L'expert en échographie sera chargé de mesurer AP sur les échographies qui lui seront fournies. Il ne sera pas présent au lieu de collecte des données. Et les échographies lui seront remises avec un numéro d'identification afin qu'il ne puisse pas identifier le participant auquel l'échographie appartient.

11. Bibliographie

1. Fernández-Carnero S, Garrido-Marín A, Achalandabaso-Ochoa A, Ferragut-Garcías A, Fernández-Matías R, Pecos-Martín D, et al. Evaluation of the Lower Trapezius Muscle Using Ultrasound Panoramic View (a Novel Approach): An Intra- and Inter-Rater Reliability Study. *Int J Environ Res Public Health*. 29 sept 2020;17(19):7123.
2. Whittaker JL, Teyhen DS, Elliott JM, Cook K, Langevin HM, Dahl HH, et al. Rehabilitative Ultrasound Imaging: Understanding the Technology and Its Applications. *J Orthop Sports Phys Ther*. août 2007;37(8):434-49.
3. Teyhen D. Rehabilitative Ultrasound Imaging Symposium, May 8-10, 2006, San Antonio, Texas. *J Orthop Sports Phys Ther*. août 2006;36(8):A-1-A-17.
4. Whittaker JL, Ellis R, Hodges PW, OSullivan C, Hides J, Fernandez-Carnero S,

- et al. Imaging with ultrasound in physical therapy: What is the PT's scope of practice? A competency-based educational model and training recommendations. *Br J Sports Med.* déc 2019;53(23):1447-53.
5. SEEFI [Internet]. [cité 15 mai 2023]. Disponible sur: <https://seefi.webnode.es/>
 6. Peetrons P. Ultrasound of muscles. *Eur Radiol.* janv 2002;12(1):35-43.
 7. Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve.* nov 2000;23(11):1647-66.
 8. Serner A, Weir A, Tol JL, Thorborg K, Lanzinger S, Otten R, et al. Return to Sport After Criteria-Based Rehabilitation of Acute Adductor Injuries in Male Athletes: A Prospective Cohort Study. *Orthop J Sports Med.* 1 janv 2020;8(1):232596711989724.
 9. Lee SC, Endo Y, Potter HG. Imaging of Groin Pain: Magnetic Resonance and Ultrasound Imaging Features. *Sports Health Multidiscip Approach.* sept 2017;9(5):428-35.
 10. Mechó S, Balias R, Bossy M, Valle X, Pedret C, Ruiz-Cotorro Á, et al. Isolated Adductor Magnus Injuries in Athletes: A Case Series. *Orthop J Sports Med.* 1 janv 2023;11(1):232596712211388.
 11. Rosa F, Sarmiento H, Duarte JP, Barrera J, Loureiro F, Vaz V, et al. Knee and hip agonist-antagonist relationship in male under-19 soccer players. Clemente FM, éditeur. *PLOS ONE.* 15 avr 2022;17(4):e0266881.
 12. Guermazi A, Roemer FW, Crema MD, éditeurs. *Imaging in Sports-Specific Musculoskeletal Injuries.* 1st ed. 2016. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer; 2016. 1 p.
 13. Ekstrand J, Krutsch W, Spreco A, van Zoest W, Roberts C, Meyer T, et al. Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med.* avr 2020;54(7):421-6.
 14. DeLang MD, Salamh PA, Farooq A, Tabben M, Whiteley R, van Dyk N, et al. The dominant leg is more likely to get injured in soccer players: systematic review and meta-analysis. *Biol Sport.* 2021;38(3):397-435.

15. Maffulli N, Oliva F, Frizziero A, Nanni G, Barazzuol M, Via AG, et al. ISMuLT Guidelines for muscle injuries. *Muscles Ligaments Tendons J.* oct 2013;3(4):241-9.
16. Valera-Calero JA, Fernández-de-las-Peñas C, Varol U, Ortega-Santiago R, Gallego-Sendarrubias GM, Arias-Buría JL. Ultrasound Imaging as a Visual Biofeedback Tool in Rehabilitation: An Updated Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 15 juill 2021;18(14):7554.
17. Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal Muscle Remodeling in Response to Eccentric vs. Concentric Loading: Morphological, Molecular, and Metabolic Adaptations. *Front Physiol.* 4 juill 2017;8:447.
18. Jacob I, Johnson MI, Jones G, Jones A, Francis P. Age-related differences of vastus lateralis muscle morphology, contractile properties, upper body grip strength and lower extremity functional capability in healthy adults aged 18 to 70 years. *BMC Geriatr.* déc 2022;22(1):538.
19. Franchi MV, Atherton PJ, Reeves ND, Flück M, Williams J, Mitchell WK, et al. Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiol.* mars 2014;210(3):642-54.
20. El-Ansary D, Marshall CJ, Farragher J, Annoni R, Schwank A, McFarlane J, et al. Architectural anatomy of the quadriceps and the relationship with muscle strength: An observational study utilising real-time ultrasound in healthy adults. *J Anat.* oct 2021;239(4):847-55.
21. Kuschel LB, Sonnenburg D, Engel T. Factors of Muscle Quality and Determinants of Muscle Strength: A Systematic Literature Review. *Healthcare.* 3 oct 2022;10(10):1937.
22. Moreno-Pérez V, Travassos B, Calado A, Gonzalo-Skok O, Del Coso J, Mendez-Villanueva A. Adductor squeeze test and groin injuries in elite football players: A prospective study. *Phys Ther Sport.* mai 2019;37:54-9.
23. Carlos Sousa A, Luís Marques D, Manuel Calado A, Pacheco C, Almeida Marinho D, Cardoso Marques M, et al. Validity and Reliability of the Smart Groin Trainer for Measuring Hip Adduction Strength. *J Hum Kinet.* 26 avr

- 2022;82:51-9.
24. Farrell SG, Hatem M, Bharam S. Acute Adductor Muscle Injury: A Systematic Review on Diagnostic Imaging, Treatment, and Prevention. *Am J Sports Med.* 20 janv 2023;036354652211409.
 25. Mosler AB, Crossley KM, Thorborg K, Whiteley RJ, Weir A, Serner A, et al. Hip strength and range of motion: Normal values from a professional football league. *J Sci Med Sport.* avr 2017;20(4):339-43.
 26. Kato T, Taniguchi K, Kodesho T, Nakao G, Yokoyama Y, Saito Y, et al. Adductor longus: An anatomical study to better understand groin pain. *Clin Anat.* oct 2022;35(7):867-72.
 27. Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J Anaesth.* 2019;13(5):31.
 28. Vandembroucke JP, von Elm E, Altman DG, Gøtzsche PC, Mulrow CD, Pocock SJ, et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): Explanation and Elaboration. *PLoS Med.* 16 oct 2007;4(10):e297.
 29. BOE-A-2002-22188 Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. [Internet]. [cité 15 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-22188>
 30. Herdy AH, Caixeta A. Brazilian Cardiorespiratory Fitness Classification Based on Maximum Oxygen Consumption. *Arq Bras Cardiol* [Internet]. 2016 [cité 27 avr 2023]; Disponible sur: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2016000500389
 31. Official Athletic Club staff in 2022/23 [Internet]. Página web oficial de LaLiga | LaLiga. [cité 15 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.laliga.com/en-GB/clubs/athletic-club/squad>
 32. Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol.* 1 janv 2004;91(1):116-8.
 33. Narici MV, Maganaris CN, Reeves ND, Capodaglio P. Effect of aging on

- human muscle architecture. *J Appl Physiol.* déc 2003;95(6):2229-34.
34. Wilson TM, Tanaka H. Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol-Heart Circ Physiol.* 1 mars 2000;278(3):H829-34.
35. Schneider A, Hommel G, Blettner M. Linear Regression Analysis. *Dtsch Ärztebl Int [Internet].* 5 nov 2010 [cité 20 mars 2023]; Disponible sur: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2010.0776>
36. Freckleton G, Cook J, Pizzari T. The predictive validity of a single leg bridge test for hamstring injuries in Australian Rules Football Players. *Br J Sports Med.* avr 2014;48(8):713-7.
37. Mattiussi G, Baldassi PT, Pasta G, Burani A, Moreno C. Perivascular Adductor Longus muscle injury: Ultrasound and Magnetic Resonance Imaging findings. *Muscle Ligaments Tendons J.* janv 2019;07(02):376.
38. Abade E, Sampaio J, Gonçalves B, Baptista J, Alves A, Viana J. Effects of different re-warm up activities in football players' performance. *Ardigò LP, éditeur. PLOS ONE.* 29 juin 2017;12(6):e0180152.
39. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Med.* nov 2015;45(11):1523-46.
40. Ma LL, Wang YY, Yang ZH, Huang D, Weng H, Zeng XT. Methodological quality (risk of bias) assessment tools for primary and secondary medical studies: what are they and which is better? *Mil Med Res.* déc 2020;7(1):7.

12. Annexes, figures et tableaux

ANEXO 1 : Hoja de información al sujeto

Título del proyecto : Evaluación ecográfica (RUSI) del ángulo de penación relacionado con la fuerza muscular del aductor largo en los futbolistas de élite : un estudio observacional transversal.

Por favor, lea atentamente este formulario de información :

- Usted ha sido invitado a participar en un proyecto de investigación llevado a cabo por TARIQ AUMJAUD y LOU KERSALÉ, estudiantes de fisioterapia de la Universidad Europea de Madrid.
- Si acepta participar en este estudio, solo debe firmar el consentimiento informado que se le proporcionará.
- No firme el consentimiento hasta estar seguro de que comprende la naturaleza del estudio, en qué consiste, y de que está convencido de querer colaborar en esta investigación.
- Su participación en este estudio no implica ningún cambio en su programa de entrenamiento habitual en su club.

¿ CUÁL ES EL OBJETIVO DE ESTE ESTUDIO ?

El objetivo principal del estudio es ver la correlación entre el ángulo de penación y la fuerza muscular del músculo aductor largo, que un futbolista profesional puede desarrollar durante un movimiento de aducción concéntrica máxima o presión máxima, realizado durante un squeeze test, medido con un dinamómetro portátil, el Smart Groin Trainer.

Los objetivos secundarios del estudio son estudiar el ángulo de penación del músculo aductor largo y estudiar la fuerza muscular del aductor largo en futbolistas profesionales.

¿ QUÉ TENGO QUE HACER SI QUIERO PARTICIPAR ?

Se te citará en la Universidad Europea de Madrid el 7 de octubre por la mañana para una sesión de dos horas. Te someterás a un calentamiento guiado por un profesional de la preparación física. A continuación, se le realizaron tres ecografías del músculo aductor largo, concretamente del tercio proximal del fémur. Por último, se le pedirá que realice tres contracciones concéntricas máximas de los músculos aductores, con tiempos de recuperación entre cada repetición, durante una prueba de compresión, medida con un dinamómetro portátil.

Este estudio servirá para observar si existe una correlación entre el ángulo de penación medido en ecografía y la fuerza muscular desarrollada por el músculo aductor largo durante un squeeze test, con el fin, si los datos son concluyentes, de integrar este parámetro en la evaluación y prevención del futbolista profesional.

¿ CUÁLES SON LOS RIESGOS Y LOS BENEFICIOS ?

Con su participación en este estudio, contribuirá al desarrollo de la ciencia y la investigación en el campo de la fisioterapia deportiva.

El estudio no implica ningún riesgo para los posibles participantes. Aunque se someterá a un calentamiento que incluye la participación activa del participante, será ligero y supervisado por un profesional del ejercicio.

Los sujetos que hayan sido identificados como susceptibles de sufrir lesiones durante el estudio no podrán participar. Y los participantes que no deseen realizar más ejercicio podrán revocar su participación en el estudio en cualquier momento.

¿ CÓMO PUEDO SALIR DEL ESTUDIO SI CAMBIO DE OPINIÓN ?

El consentimiento informado incluye una sección que le permite retirarse del estudio en cualquier momento si ya no desea participar en algún momento del estudio.

¿ A QUIÉN PUEDO ACUDIR SI TENGO DUDAS ?

Le invitamos a preguntar cualquier duda que tenga a los investigadores de este estudio:

- Sr. TARIQ AUMJAUD
- Sr. LOU KERSALÉ (n

¿ CÓMO SE GARANTIZA LA CONFIDENCIALIDAD DE MIS DATOS ?

Para garantizar la confidencialidad de los datos de los sujetos participantes en el estudio, sólo los dos investigadores principales tendrán acceso a ellos. Que sea del contenido de los formularios de información o del consentimiento informado. Así como a las ecografías y mediciones de fuerza realizadas durante este estudio. De acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, y de Protección de Datos de Carácter Personal y el Real Decreto 1720/2007 del 21 diciembre. Dentro del estudio se le asignará un número de identificación, de forma que ni internamente ni externamente al estudio, pueda ser identificado, ni aparezcan sus datos personales.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA / DESISTIMIENTO :

Su participación en este estudio es voluntaria. Usted es libre de rechazar la oferta de participación y de retirar su consentimiento al estudio en cualquier momento. Dispondrá de tiempo suficiente durante una reunión en su club para hacer preguntas sobre los detalles del estudio y decidir si desea participar o no.

ANNEXE 1 : Formulaire d'information du sujet d'étude

Titre de l'étude : Évaluation échographique (RUSI) de l'angle de pennation lié à la force du muscle long adducteur chez les footballeurs d'élite : une étude observationnelle transversale

Merci de lire attentivement ce formulaire d'information :

- Vous avez été invité à participer à un projet d'investigation réalisé par TARIQ AUMJAUD et LOU KERSALÉ, étudiant en kinésithérapie à l'Université Européenne de Madrid.
- Si vous acceptez de prendre part à cette étude, vous devrez signer manuellement, ce formulaire d'information ainsi que le document de consentement éclairé qu'il vous sera fourni.
- Ne signez pas le formulaire de consentement avant d'être sûre d'avoir compris la nature de l'étude, ce qu'elle implique et d'avoir la conviction que vous voulez collaborer à cette investigation.
- Votre participation à cette étude ne suppose aucun changement quant à votre programme d'entraînement habituel au sein de votre club.

QUEL EST L'OBJECTIF DE CETTE ÉTUDE ?

L'objectif principal de l'étude est de voir la corrélation entre l'angle de pennation et la force musculaire du muscle long adducteur, que peut développer un joueur de football professionnel lors d'un mouvement d'adduction concentrique maximale ou pression maximale, effectuée lors d'un squeeze test, mesuré avec un dynamomètre portatif, le Smart Groin Trainer.

Les objectifs secondaires de l'étude sont d'étudier l'angle de pennation du muscle long adducteur et étudier la force musculaire du long adducteur chez les footballeurs professionnels.

A QUOI JE M'ENGAGE SI JE VEUX PARTICIPER ?

Vous serez convoqué le 7 octobre au matin, à l'Université Européenne de Madrid pour une session d'une heure. Vous suivrez un échauffement guidé par un professionnel de l'exercice physique. Suite à quoi vous sera réalisé trois échographies du muscle long adducteur plus précisément au niveau du tiers proximale interne du fémur. Pour terminer, vous devrez effectuer trois contraction concentrique maximal, espacée par des temps de récupération entre chaque répétition, des muscles adducteurs pendant un squeeze test, mesuré avec un dynamomètre portatif.

Cette étude servira à observer si il existe une corrélation entre l'angle de pennation mesuré à l'échographie et la force musculaire développé par le muscle long adducteur lors d'un squeeze test, afin, si les données sont probante, intégrer ce paramètres dans l'évaluation et la prévention du footballeur professionnel.

QUELS SONT LES RISQUES ET BÉNÉFICES ?

Avec votre participation à cette étude, je contribuerai au développement de la science et la recherche dans le domaine de la kinésithérapie sportive.

L'étude ne suppose aucun risque pour les participants potentiels. Même si vous subirez un échauffement qui inclut une participation active du participant, il sera léger et encadré par un professionnel de l'exercice physique.

Ne pourront pas participer, les sujets qui auront été identifiés comme ayant un potentiel de blessures pendant l'étude. Et les participants qui ne souhaitent pas faire d'exercice supplémentaire peuvent révoquer à tout moment leur participation à l'étude.

COMMENT PUIS-JE SORTIR DE L'ÉTUDE SI JE CHANGE D'AVIS ?

Dans le consentement éclairé est inclus, une partie qui vous permet de révoquer à tout moment votre participation, si jamais vous ne souhaitez plus participer à l'étude à n'importe quel moment de son déroulement.

A QUI PUIS-JE ME DIRIGER EN CAS DE DOUTE ?

Nous vous invitons faire toutes les questions qui vous semble pertinente, aux investigateurs de cette étude :

Mr TARIQ AUMJAUD

Mr LOU KERSALÉ (r

COMMENT EST GARANTIE LA CONFIDENTIALITÉ DE MES DONNÉES ?

Pour garantir la confidentialité des données des sujets qui participent à l'étude, seulement y auront accès les deux investigateurs principaux. Que ce soit le contenu des formulaires d'information ou le consentement éclairé. Ainsi que les échographies et les mesures de force réalisées pendant cette étude. En accord avec la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, et de Protección de Datos de Carácter Personal y el Real Decreto 1720/2007 du 21 diciembre. Au sein de l'étude vous sera attribué un numéro d'identification, afin que ni de manière interne, ni de manière externe à l'étude vous puissiez être identifiés ou que vos données personnelles n'apparaissent.

PARTICIPATION / RETRAIT VOLONTAIRE :

Votre participation à cette étude est volontaire. Vous êtes libre de refuser l'offre de participation et de retirer votre consentement à l'étude à tout moment. Vous aurez suffisamment de temps au cours d'un entretien au sein de votre club pour poser des questions sur les détails de l'étude et pour décider si vous voulez y participer ou non.

ANEXO 2 : Documento de consentimiento informado

Título del proyecto	<i>Evaluación ecográfica (RUSI) del ángulo de penación relacionado con la fuerza muscular del aductor largo en los futbolistas de élite : un estudio observacional transversal</i>
---------------------	---

Yo, Sra/Sr _____, con número de identificación _____

- Fui suficientemente informado sobre el estudio realizado
- Pude expresar mis dudas, y se me respondió satisfactoriamente
- Hablé con el Sr. Tariq Aumjaud o el Sr. Lou Kersalé
- Entiendo que mi participación es voluntaria
- Entiendo que puedo retirarme en cualquier momento, sin repercusión, sin necesidad de justificación
- Mis datos se tratarán de forma confidencial y anónima, y no se utilizarán para ningún fin ajeno a este estudio.

Yo, el Sr. Tariq Aumjaud _____ he explicado a la Sra./el Sr. _____ la naturaleza y los objetivos de la investigación descritos anteriormente, le he explicado los riesgos y beneficios de su participación. He respondido a sus preguntas en la medida de lo posible y le he preguntado si tenía alguna otra duda sobre el estudio. Reconozco que he leído y conozco las normas de investigación con seres humanos y me comprometo a cumplirlas.

O

Yo, el Sr. Lou Kersalé _____ he explicado a la Sra./el Sr. _____ la naturaleza y los objetivos de la investigación descritos anteriormente; le he explicado los

riesgos y beneficios de la participación. He respondido a sus preguntas en la medida de lo posible y le he preguntado si tenía alguna otra duda sobre el estudio. Reconozco que he leído y conozco las normas de investigación con seres humanos y me comprometo a cumplirlas.

Firma del participante :

Fecha: __/__/____

Sólo en caso de revocación del consentimiento:

Yo, la Sra./el Sr. _____, con número de identificación _____, revoco el consentimiento previo, si me ha sido concedido.

ANNEXE 2 : Formulaire de consentement éclairé

Titre de l'étude	<i>Évaluation échographique (RUSI) de l'angle de pennation lié à la force du muscle long adducteur chez les footballeurs d'élite : une étude observationnelle transversale</i>
------------------	---

Je, Mme/Mr, _____, avec numéro d'identification _____

- A été suffisamment informé sur l'étude menée
- A pu faire part de mes doutes, et j'ai été répondu de manière satisfaisante
- A parlé avec Mr Tariq Aumjaud ou Mr Lou Kersalé

- Comprend que ma participation est volontaire
- Comprend que je peux me retirer à tout moment, sans répercussion, sans nécessité de justification
- Mes données seront traitées de manière confidentielle et anonyme, et ne seront utilisées dans un cadre hors de cette étude.

Je Mr Tariq Aumjaud j'ai expliqué à
Mme/Mr _____ la nature et les
objectifs de la recherche tels que décrits ci-dessus ; j'ai expliqué les risques et les avantages liés à la participation. J'ai répondu à ses questions dans la mesure du possible et je lui ai demandé s'il avait d'autres questions sur l'étude. Je reconnais que j'ai lu et que je connais les règles applicables aux recherches impliquant des sujets humains et je m'engage à les respecter.

OU

Je Mr Lou Kersalé j'ai expliqué à
Mme/Mr _____ la nature et les
objectifs de la recherche tels que décrits ci-dessus ; j'ai expliqué les risques et les avantages liés à la participation. J'ai répondu à ses questions dans la mesure du possible et je lui ai demandé s'il avait d'autres questions sur l'étude. Je reconnais que j'ai lu et que je connais les règles applicables aux recherches impliquant des sujets humains et je m'engage à les respecter.

Signature du participant :

Date : __/__/____

Seulement en cas de révocation du consentement :

Je Mme/Mr _____, avec numéro d'identification _____, je révoque le consentement préalable, si il a été accordé.

ANNEXE 3 : Checklist for analytical cross sectional studies

JBI Critical Appraisal Checklist for analytical cross sectional studies

Reviewer : Lou Kersalé / Tariq Aumjaud Date : Mars 2023

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were confounding factors identified?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Was appropriate statistical analysis used?	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info ✓

Comments (Including reason for exclusion)

FIGURE 1 : Les champs médicaux de l'imagerie par ultrasons. (2)

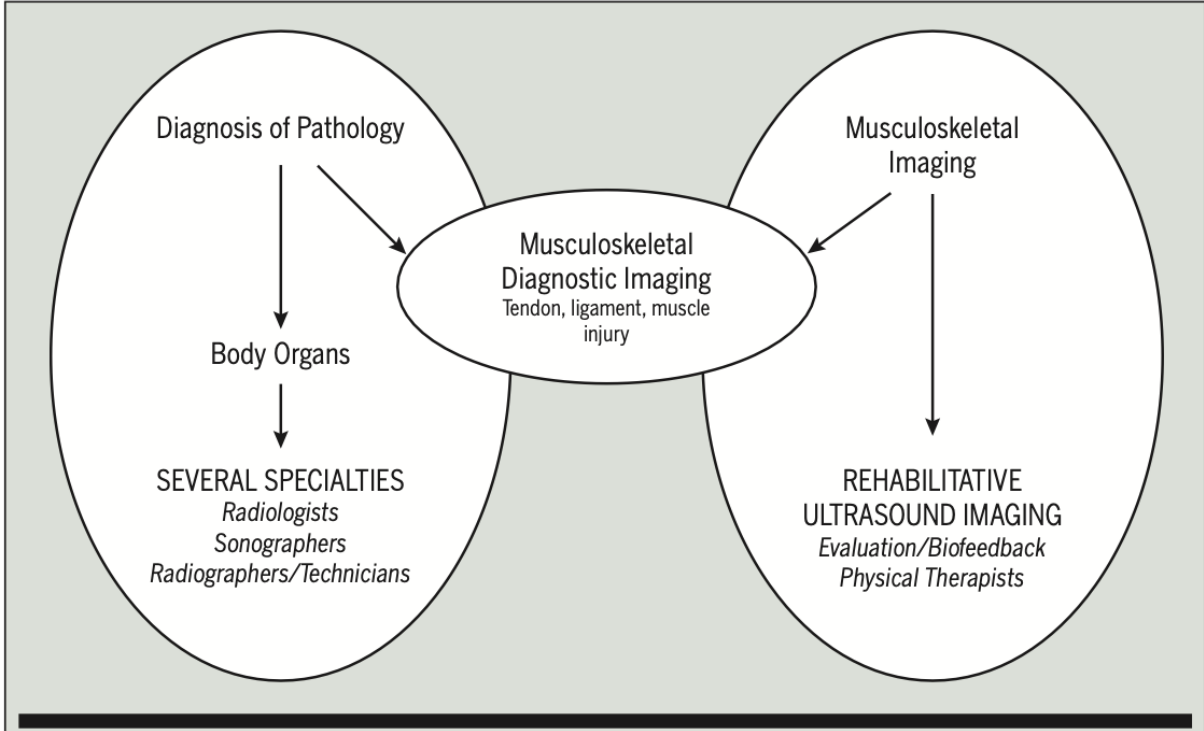


FIGURE 2 : Les catégories d'utilisation de l'imagerie par ultrasons par les kinésithérapeutes. (4)

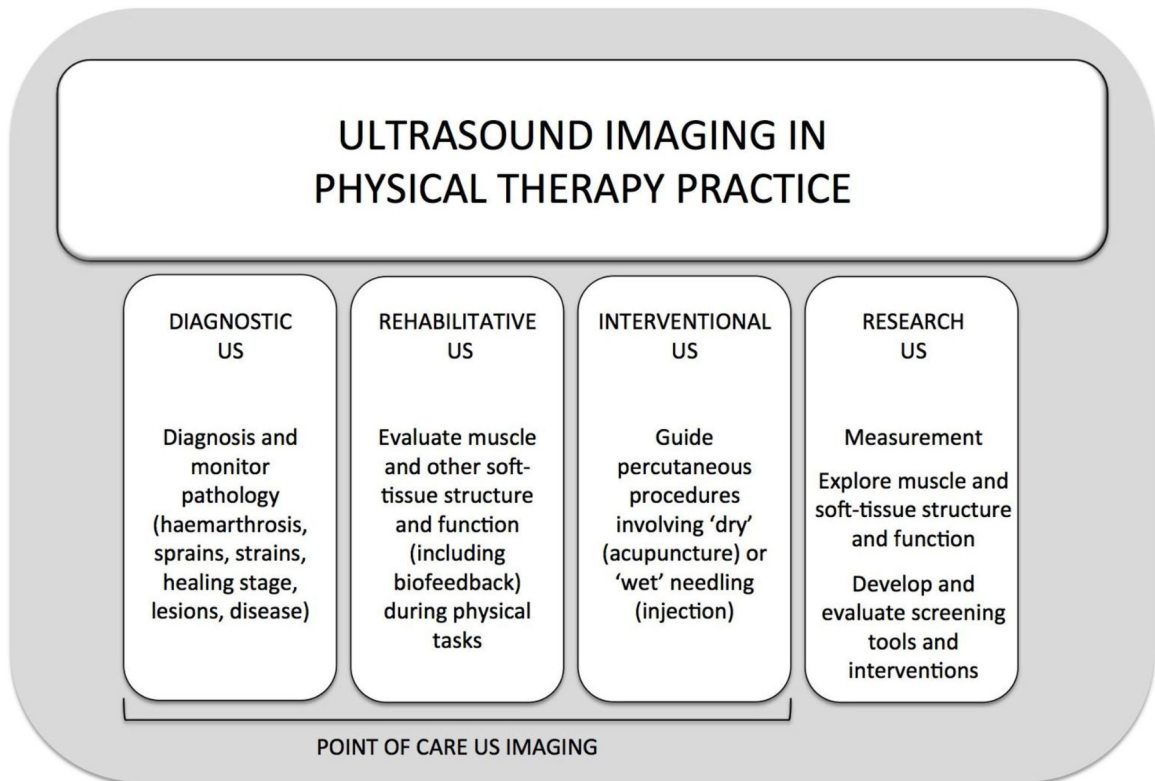


FIGURE 3 : Exploration par Ultrason du long adducteur au $\frac{1}{3}$ proximal de la cuisse (figure propre)

A- Repère anatomique : rayon de soleil



Évaluation échographique (RUSI) de l'angle de pennation lié à la force du muscle long adducteur chez les footballeurs d'élite : une étude observationnelle transversale.

B- Centrer l'image sur le long adducteur : septum



Évaluation échographique (RUSI) de l'angle de pennation lié à la force du muscle long adducteur chez les footballeurs d'élite : une étude observationnelle transversale.

C- Changer d'axe : axe longitudinal, patron en plume d'oiseau



D- Suivre l'adducteur long jusqu'à son insertion : branche du pubis



Évaluation échographique (RUSI) de l'angle de pennation lié à la force du muscle long adducteur chez les footballeurs d'élite : une étude observationnelle transversale.

E- 2-3 cm plus caudal : mesurer l'angle de pennation

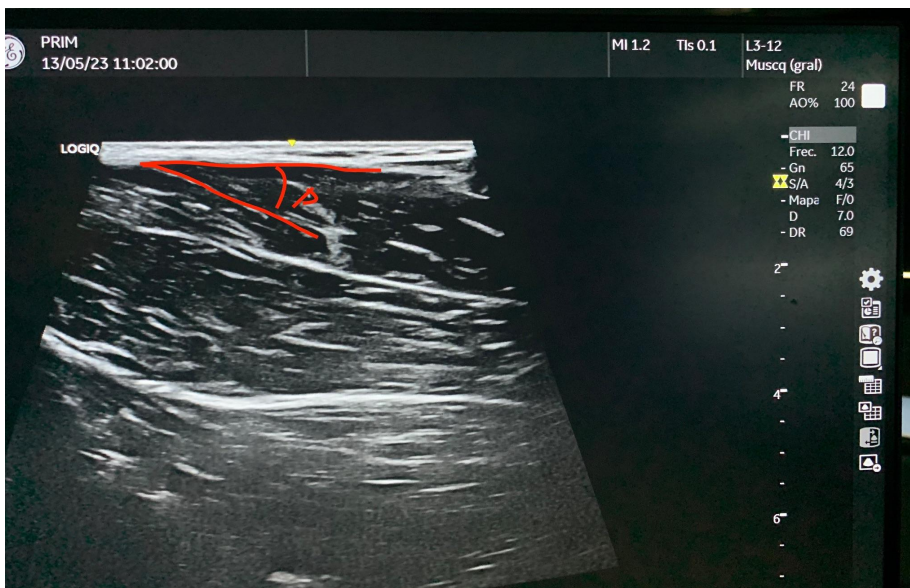


FIGURE 4 : Adductor squeeze test réalisé avec un dynamomètre à main (23)



TABLEAUX DE L'ÉTUDE STATISTIQUE : (figure propre)

TABLEAU 1. Statistiques descriptives des participants

Variable (unité)	Moyenne (SD)	Valeur minimale	Valeur maximale
Age (années)			
Poids (kg)			
Taille (cm)			

TABLEAU 2. Niveau sportif des participants

Variable	Nombre de participants
Liga	
Liga 2	

TABLEAU 3. Résumé collecte des données

Variable (unité)	Moyenne (SD)	Valeur minimale	Valeur maximale
AP (°)			
FM (Newton)			

* Différence statistiquement significative avec le test de Pearson = $p < 0,05$

** Différence statistiquement significative avec le test de Spearman = $p < 0,05$

AP angle de pennation, *FM* force musculaire muscle long adducteur

Les résultats sont représentés en moyenne \pm écart type. La valeur minimale et maximale sont présentées en dessous de la moyenne \pm écart type.

TABLEAU 4. AP et FM en relation avec l'âge des participants

Variable (unité)	18-24 (années)	25-34 (années)	35-44 (années)
Taille échantillon (n)			
AP (°)			
FM (newton)			

* Différence statistiquement significative avec le test de Pearson = $p < 0,05$

** Différence statistiquement significative avec le test de Spearman = $p < 0,05$

AP angle de pennation, *FM* force musculaire muscle long adducteur

Les résultats sont représentés en moyenne \pm écart type. La valeur minimale et maximale sont présentées en dessous de la moyenne \pm écart type.

Tableau 5. Matrice de corrélation entre l'angle de pennation et la force musculaire du long adducteur (figure propre)

