

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

DYNAMOMÈTRE FIXE POUR LE DÉPISTAGE DE BLESSURES À L'ÉPAULE D'ATHLÈTES DE
VOLLEYBALL FÉMININ UNIVERSITAIRE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

KARL FALARDEAU

FÉVRIER 2026

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier plusieurs personnes qui m'ont aidé à réaliser cette maîtrise. Faire une maîtrise en recherche n'avait jamais fait partie de mes plans à la suite de mon baccalauréat en thérapie du sport. Mon objectif était plutôt d'accumuler un maximum d'expérience comme clinicien et d'intervenir sur le terrain avec des équipes sportives. Mais au fil des années, je me suis surpris à chercher des réponses aux nombreuses questions qui me trottaient en tête. C'est alors que j'ai rencontré mon directeur de recherche, Alain Steve Comtois. Alain, tu m'as amené à réfléchir à mon avenir, en plus de m'ouvrir les yeux sur le fait que certaines de ces réponses se trouvaient peut-être dans la recherche. C'est ainsi que je me suis lancé dans un immense défi : compléter une maîtrise en sciences de l'activité physique à l'UQAM. Je retournais aux bases de la thérapie du sport, que j'ai toujours adoré appliquer dans ma pratique de clinicien. Alain, je te serai toujours reconnaissant pour ton encadrement, ta franchise et les conseils que tu m'as prodigués.

Tout au long de ma carrière de thérapeute du sport, le physiologiste du sport des Citadins de l'UQAM, Athanasio Destounis, m'a souvent parlé d'outils de mesure de la force et d'autres instruments utilisés pour le suivi des athlètes universitaires. J'ai toujours été intrigué par ces technologies, mais je n'osais pas en questionner la validité ou la fiabilité sans avoir une base en recherche. J'ai donc voulu inclure l'un de ces outils dans mon propre projet afin de mieux comprendre la littérature qui les entoure. Athan, merci de m'avoir permis d'utiliser ton matériel et ton espace, de t'être impliqué dans mon projet et de m'avoir guidé tout au long du processus.

Un retour aux études après huit ans fut aussi difficile que je l'avais imaginé. Poursuivre des études de deuxième cycle tout en travaillant à temps plein, avec un enfant de trois ans à la maison, représentait un défi encore plus grand. Ma conjointe, Marie-Hélène Brisebois, a été — de loin — ma plus grande complice. Marie, merci de m'avoir soutenu dans les moments où je manquais de ressources, et de m'avoir encouragé tout au long de ce parcours. Merci d'avoir veillé sur notre fils lorsque je n'en avais pas la capacité. Tu es, en grande partie, la raison pour laquelle j'ai pu mener ce projet à terme.

DÉDICACE

À ma conjointe, mon fils
ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont aidé
à passer à travers cette étape importante.
Merci pour votre soutien et vos encouragements

AVANT-PROPOS

La présente recherche s'inscrit dans une réflexion sur les moyens d'optimiser la prévention des blessures à l'épaule chez les joueuses de volleyball universitaires. Dans le cadre de mon travail comme de clinicien sur le terrain, j'ai observé à de nombreuses reprises l'impact fonctionnel des douleurs à l'épaule sur la performance des athlètes. Malgré l'utilisation fréquente de tests de force ou d'amplitude par les professionnels de la santé et les préparateurs physiques, peu d'études ont exploré la pertinence de ces mesures dans un contexte longitudinal, en lien avec la douleur perçue au cours d'une saison complète.

Ce projet vise à combler ce manque en documentant l'évolution de la force isométrique et de l'amplitude de mouvement de l'épaule, en parallèle à un suivi rigoureux des symptômes douloureux. Il s'inscrit dans une volonté d'arrimer les pratiques cliniques actuelles aux données probantes issues de la recherche, tout en respectant les réalités du sport universitaire.

Au-delà de ses visées scientifiques, cette recherche entend également contribuer à la réflexion des intervenants du milieu sportif sur la valeur des mesures objectives dans le suivi des blessures de surutilisation. En raison de son caractère exploratoire et de la complexité des contextes sportifs, les résultats de cette étude devront être interprétés avec prudence, mais pourront néanmoins servir de base à des recherches subséquentes plus ciblées.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
DÉDICACE	iii
AVANT-PROPOS.....	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS' DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	xii
LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS	xiii
RÉSUMÉ	1
ABSTRACT	1
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LA LITTÉRATURE	3
1.1 Contexte sportif universitaire canadien.....	3
1.1.1 Préparation physique et la prévention de blessures	3
1.1.2 Fonctionnement de jeu.....	3
1.1.2.1 Positions au volleyball.....	4
1.1.2.2 Horaire de saison	4
1.2 Blessures à l'épaule au volleyball.....	5
1.2.1 Blessures traumatiques ou aiguës	5
1.2.2 Blessures chroniques ou de surutilisation	6
1.2.3 Rôle de la coiffe des rotateurs	7
1.2.4 Présence de douleur	8
1.2.4.1 Épaules asymptomatiques et symptomatiques.....	9
1.3 Amplitude de mouvement normale en rotation interne et externe de l'épaule	10
1.3.1 Les adaptations d'amplitude de mouvement.....	10
1.3.2 Variation de l'amplitude de mouvement.....	11
1.4 Force en rotation interne et externe de l'épaule	12
1.4.1 Les adaptations de la force	13
1.4.2 Variation de la force.....	14
1.4.3 Force isocinétique et force isométrique.....	14
1.4.4 Outil de mesure de la force isométrique de l'épaule	15

CHAPITRE 2 QUESTION DE RECHERCHE	17
2.1 Objectifs	17
2.1.1 Objectif spécifique 1. Relation entre les douleurs à l'épaule et l'amplitude de mouvement	17
2.1.2 Objectif spécifique 2. Relation entre les douleurs à l'épaule et la force isométrique	17
2.1.3 Objectif spécifique 3. Asymétries d'amplitude de mouvement entre le membre dominant sportif et non dominant	17
2.1.4 Objectif spécifique 4. Asymétries de force entre le membre dominant sportif et non dominant	17
2.2 Objectifs secondaires	17
2.2.1 Force isométrique	18
2.2.1.1 Outil de mesure de force	18
2.2.2 Outil de mesure d'amplitude de mouvement	18
2.3 Hypothèses	18
2.3.1 Hypothèse spécifique 1. L'effet des douleurs à l'épaule sur la variation de l'amplitude de mouvement de l'épaule	18
2.3.2 Hypothèse spécifique 2. L'effet des douleurs à l'épaule sur la variation de la force isométrique de l'épaule	18
2.3.3 Hypothèse spécifique 3. L'asymétrie de l'amplitude de mouvement entre le membre dominant sportif et non dominant	19
2.3.4 Hypothèse spécifique 4. L'asymétrie de la force entre le membre dominant sportif et non dominant	19
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	20
3.1 Participants	20
3.1.1 Critères d'inclusion et d'exclusion	20
3.1.2 Design expérimental	21
3.1.2.1 Chronologie des tests physiques	21
3.1.2.1.1 Tests supplémentaires	22
3.2 Douleurs à l'épaule	23
3.2.1 Questionnaire sur l'historique de blessure	23
3.2.2 Suivi hebdomadaire de la douleur	23
3.2.2.1 Score du questionnaire sur la douleur	24
3.2.2.2 Catégorisation des scores de douleurs ou symptômes de l'épaule	24
3.3 Tests physiques	25
3.3.1 Données anthropométriques	25
3.3.2 Force isométrique de la coiffe des rotateurs	26
3.3.3 Amplitude de mouvement en rotation interne et externe de l'épaule	27
3.4 Justification méthodologique	30
3.4.1 Outil de mesure d'amplitude de mouvement	30
3.4.2 Outil de mesure de force	31
3.4.3 Type de contraction et position	31
3.5 Analyses statistiques	32

CHAPITRE 4 RÉSULTATS.....	34
4.1 Caractéristiques des participantes.....	34
4.2 Questionnaire d'historique de blessure.....	34
4.3 Questionnaire hebdomadaire OSTRC-H2.....	35
4.3.1 Pourcentages des scores de douleur	35
4.3.2 Prévalence hebdomadaire des douleurs	37
4.3.3 Douleurs par position	37
4.4 Amplitude de mouvement	38
4.4.1 Rotation interne.....	38
4.4.1.1 Variation des deux épaules.....	38
4.4.1.2 Douleurs et épaule dominante	39
4.4.2 Rotation externe	40
4.4.2.1 Variation des deux épaules.....	40
4.4.2.2 Douleurs et épaule dominante	41
4.4.3 Amplitude de mouvement combinée.....	42
4.4.3.1 Variation des deux épaules.....	42
4.4.3.2 Douleurs et épaule dominante.....	43
4.4.4 Amplitude de mouvement normale	44
4.5 Force isométrique	45
4.5.1 Moments de force en rotation interne.....	46
4.5.1.1 Variation des deux épaules.....	46
4.5.1.2 Douleurs et épaule dominante	47
4.5.2 Moments de force en rotation externe	48
4.5.2.1 Variation des deux épaules.....	48
4.5.2.2 Douleurs et épaule dominante	49
4.5.3 Ratio RE/RI	50
4.5.3.1 Variation des deux épaules.....	50
4.5.3.2 Douleurs et épaule dominante	51
4.6 Suivi pour douleur majeur	52
4.6.1 Semaine 8 : Force et amplitude de mouvement	52
4.6.2 Semaine 15 : Force et amplitude de mouvement	53
CHAPITRE 5 DISCUSSION	55
5.1 Portrait de la douleur à l'épaule d'athlètes universitaire féminin.....	55
5.2 L'impact de la douleur sur l'amplitude de mouvement de l'épaule	57
5.3 L'impact de la douleur sur la force de l'épaule.....	59
5.4 Asymétries en amplitude de mouvement : membre dominant sportif et non dominant.....	61
5.5 Asymétries en force : membre dominant sportif et non dominant	62
5.6 Limites de l'étude.....	64
5.7 Conflit d'intérêt.....	65
5.8 Conclusion.....	66

CHAPITRE 6 CONCLUSION	66
ANNEXE A Questionnaire sur l'historique de blessure.....	69
ANNEXE B Version Française du OSTRC-H2.....	71
ANNEXE C Formulaire de consentement	73
BIBLIOGRAPHIE.....	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Description de test de force musculaire	12
Figure 3.1 Chronologie des tests physiques.....	22
Figure 3.2 Position pour mesure de force isométrique de l'épaule À l'aide DU DYNAMOMÈTRE fixe (VALD Forceframe)	27
Figure 3.3 Position pour mesure d'amplitude de mouvement de l'épaule en rotation externe.....	29
Figure 3.4 Position pour mesure d'amplitude de mouvement de l'épaule en rotation interne	30
Figure 4.1 Pourcentages de participantes par catégorie de douleur par semaine	36
Figure 4.2 Prévalence hebdomadaire de douleurs à l'épaule.....	37
Figure 4.3 Moyennes des scores du OSTRC-H2 par semaine par position de joueuse au volleyball.....	38
Figure 4.4 Comparaison des amplitudes de mouvement en rotation interne des deux épaules à trois périodes dans le temps.....	39
Figure 4.5 Moyennes d'amplitude de mouvement en rotation interne de l'épaule dominante par catégorie de douleur à trois périodes dans le temps	40
Figure 4.6 Comparaison des amplitudes de mouvement en rotation externe des deux épaules à trois périodes dans le temps.....	41
Figure 4.7 Moyennes d'amplitude de mouvement en rotation externe de l'épaule dominante par catégorie de douleur à trois périodes dans le temps	42
Figure 4.8 Comparaison des amplitudes de mouvement combinée des deux épaules à trois périodes dans le temps	43
Figure 4.9 Moyennes d'amplitude de mouvement combinée de l'épaule dominante par catégorie de douleur à trois périodes dans le temps	44
Figure 4.10 Amplitude de mouvement en rotation interne et externe de l'épaule droite catégorisé selon les valeurs normales	45
Figure 4.11 Amplitude de mouvement en rotation interne et externe de l'épaule gauche catégorisé selon les valeurs normales	45
Figure 4.12 Comparaison des moments de force en rotation interne des deux épaules à trois périodes dans le temps	47
Figure 4.13 Moyennes des moments de force en rotation interne de l'épaule dominante par catégorie de douleur à trois périodes dans le temps	48

Figure 4.14 Comparaison des moments de force en rotation EXterne des deux épaules à trois périodes dans le temps.....	49
Figure 4.15 Moyennes des moments de force en rotation externe de l'épaule dominante par catégorie de douleur à trois périodes dans le temps.....	50
Figure 4.16 Comparaison des Ratios RE/RI des deux épaules à trois périodes dans le temps	51
Figure 4.17 Moyennes des ratios RE/RI de l'épaule dominante par catégorie de douleur à trois périodes dans le temps.....	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 Caractéristiques des participantes	34
Tableau 4.2 Réponses au questionnaire d'historique de blessure	35
Tableau 4.3 Suivi de l'amplitude de mouvement et de la force à la semaine 8 en comparaison aux valeurs « baseline »	53
Tableau 4.4 Suivi de l'amplitude de mouvement et de la force à la semaine 15 en comparaison aux valeurs « Baseline »	54

LISTE DES ABRÉVIATIONS' DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ÉT = Écart type

RI = Rotation interne

RE = Rotation externe

LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS

kg = kilogramme

cm = centimètre

$\pm$ = plus ou moins

$^{\circ}$ = degré

% = pourcent

N = Newton

Nm = Newton·mètre

RÉSUMÉ

Contexte : Les athlètes de volleyball féminin sont à risque de subir des blessures de surutilisation à l'épaule. Au niveau universitaire ce risque est aussi présent au cours d'une saison universitaire et une blessure de surutilisation est habituellement accompagnée de changements dans l'amplitude de mouvement et de la force déployée à l'articulation de l'épaule. Des mesures ponctuelles de force isocinétiques et d'amplitude de mouvement de l'épaule semblent liées à la douleur et aux blessures. Toutefois, la force isométrique de la coiffe des rotateurs et l'amplitude de mouvement, bien qu'accessible, sont rarement mesurées de façon répétée pour suivre l'évolution des blessures de surutilisation à l'épaule.

Objectif : Mesurer les variations de la force isométrique de l'épaule, de l'amplitude de mouvement et de la douleur tout au long d'une saison universitaire de volleyball. Déterminer si la douleur à l'épaule constitue un facteur limitant de la force et de l'amplitude de mouvement.

Design : Étude de cohorte prospective.

Cadre : Équipe de volleyball féminin universitaire (Division 1) au Québec, Canada.

Patients ou autres participants : Un total de 13 joueuses de volleyball de haut niveau (âge = $21,2 \pm 1,6$ ans, taille = $174,6 \pm 7,3$ cm, masse = $74,1 \pm 5,0$ kg) ont été recrutées.

Méthodes : La force isométrique bilatérale en rotation interne et externe de l'épaule, ainsi que l'amplitude de mouvement, a été évaluée en début, milieu et fin de saison. Toutes les joueuses ont rempli un questionnaire hebdomadaire sur la douleur à l'épaule tout au long de la saison. La durée de l'étude était de 18 semaines. Les variations de force et d'amplitude de mouvement ont été mesurées à l'aide d'un dynamomètre fixe (*VALD Forceframe*). L'effet de la douleur à l'épaule sur la force et l'amplitude de mouvement a été étudié. Les asymétries entre les épaules dominante et non dominante ont été observées.

Résultats : La prévalence hebdomadaire moyenne des douleurs à l'épaule au cours de la saison s'élevait à 32,1 %. Aucune différence significative n'a été observée en ce qui concerne l'amplitude de mouvement ou la force en rotation interne et externe en présence de douleur. Toutefois, dans un cas isolé, des différences significatives ont été relevées pour l'amplitude de mouvement, mais non pour la force. Des

tendances à des asymétries d'amplitude de mouvement entre les membres dominant et non dominant ont également été observées.

Conclusion : Les blessures de surutilisation n'ont pas eu d'impact significatif sur la force ou l'amplitude de mouvement dans ce petit échantillon (n=13). Des études futures avec un plus grand nombre de participantes sont nécessaires pour confirmer ces tendances. Aucune asymétrie en force de rotation interne et externe de l'épaule n'a été détectée à l'aide du dynamomètre fixe, mais des tendances d'asymétries en amplitude de mouvement ont été observées. Il est possible que la sensibilité du dynamomètre soit insuffisante pour détecter les variations minimales.

Mots clés : blessures, épaule, douleur, volleyball, force isométrique, amplitude de mouvement, coiffe des rotateurs, universitaire

ABSTRACT

Context: Female volleyball athletes are at risk of developing overuse shoulder injuries. At the university level, this risk is also present throughout the season, and overuse injuries are typically accompanied by changes in shoulder joint range of motion and strength. Single measurements of isokinetic strength and shoulder range of motion appear to be associated with pain and injury. However, despite being easily accessible, rotator cuff isometric strength and range of motion are rarely measured repeatedly to monitor the progression of overuse shoulder injuries.

Objective: To measure variations in isometric shoulder strength, range of motion and pain through a varsity volleyball season. To determine if shoulder pain is a strength and range of motion limiting factor.

Design: Prospective cohort study.

Setting: Female university volleyball team (Division 1) in Quebec, Canada.

Patients or Other Participants: A total of 13 female high-level volleyball players (age = $21,2 \pm 1,6$ y.o., height = $174,6 \pm 7,3$ cm, mass = $74,1 \pm 5,0$ kg) enrolled.

Main Outcome Measure(s): Bilateral isometric shoulder internal and external rotation strength, as well as range of motion, were evaluated at the beginning, middle, and end of the season. All players completed a weekly shoulder pain questionnaire throughout the season. This study lasted a total of 18 weeks. Variations in strength and range of motion were measured using a fixed dynamometer (VALD ForceFrame). The effect of shoulder pain on strength and range of motion was analyzed. Asymmetries between the dominant and non-dominant shoulders were observed.

Results: The average weekly prevalence of shoulder pain throughout the season was 32.1%. No significant differences in range of motion or internal and external rotation strength were found in the presence of pain. In one isolated case, significant differences were observed in range of motion, but not in strength. Tendencies toward asymmetries in range of motion between dominant and non-dominant limbs were observed.

Conclusion: Overuse injuries did not have a significant impact on strength or range of motion in this small sample (n=13). Future studies with a larger number of participants are needed to confirm these trends. No asymmetries in internal and external shoulder rotation strength were detected using the fixed dynamometer, but tendencies for range of motion asymmetries were observed. It is possible that the sensitivity of the dynamometer was insufficient to detect minimal variations.

Keywords: Injuries, shoulder, pain, volleyball, isometric strength, range of motion, rotator cuff, university

INTRODUCTION

Les athlètes de volleyball universitaire féminin au Canada subissent fréquemment des blessures à l'épaule. Les mouvements d'attaque et de service, qui impliquent une frappe puissante au-dessus de la tête, sollicitent intensément l'articulation gléno-humérale. Toutes les joueuses doivent exécuter ces gestes de façon efficace pour évoluer à un haut niveau de performance. Selon Agel *et al.* (2007), environ 20 % des blessures chez les volleyeuses universitaires aux États-Unis touchent le haut du corps. Parmi ces blessures, celles de surutilisation à l'épaule représentent environ 90 % des cas recensés dans les contextes de volleyball élite (Kugler *et al.*, 1996), et elles sont particulièrement fréquentes chez les femmes (Aagaard et Jorgensen, 1996).

Pour réduire le risque de blessures de surutilisation, il est essentiel d'adopter une méthode rigoureuse de suivi de la douleur et du niveau de fonction des athlètes. Or, le suivi de ce type de blessure est complexe et nécessite des mesures répétées et longitudinales (Bahr, 2009). L'utilisation combinée d'évaluations périodiques de la force musculaire et de l'amplitude de mouvement de l'épaule, en plus d'un suivi systématique de la douleur, permet une meilleure caractérisation des blessures de surutilisation. Le questionnaire *Oslo Sports Trauma Research Center Overuse Injury Questionnaire* (OSTRC-H2), développé en 2013, traduit en français et validé en 2023, afin d'être adapté à la langue principale des athlètes évaluées, constitue un outil pertinent pour évaluer les douleurs à l'épaule et classifier les athlètes selon leur niveau de fonction (Beaudart *et al.*, 2023; Clarsen *et al.*, 2013).

À ce jour, plusieurs études ont évalué la force isocinétique de l'épaule, particulièrement en rotation interne et externe, et ont montré que la faiblesse de la coiffe des rotateurs pourrait être un facteur prédisposant aux blessures (Forthomme *et al.*, 2013; Wang et Cochrane, 2001b). Toutefois, les mesures longitudinales de la variation de la force isométrique et de l'amplitude de mouvement, en lien avec un suivi périodique de la douleur, sont absentes de la littérature. Ce projet propose de combler cette lacune en mesurant la force isométrique en rotation interne et externe à l'aide d'un dynamomètre fixe valide et fiable (*VALD Force Frame*, Queensland, Australia (Couch *et al.*, 2021)), à trois reprises sur une période de 18 semaines, au sein d'un groupe d'athlètes universitaires féminines en volleyball.

En parallèle, l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe sera également mesurée pour documenter les adaptations potentielles en fonction de la douleur perçue à l'épaule. Il est bien établi que

les mouvements répétitifs au volleyball induisent certaines adaptations structurales et fonctionnelles de l'épaule, telles qu'une diminution de l'amplitude de mouvement en rotation interne et une augmentation en rotation externe (Challoumas, Artemiou, *et al.*, 2017; Challoumas, Stavrou, *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2020; Kugler *et al.*, 1996; Reeser, Fleisig, *et al.*, 2010). De plus, la force isocinétique en rotation interne est généralement plus élevée du côté dominant (Hadzic *et al.*, 2014; Wang et Cochrane, 2001b). Ainsi, les mesures proposées permettront également d'évaluer les asymétries entre les épaules dominantes et non dominantes, tant au niveau de la force isométrique que de l'amplitude articulaire.

Ainsi, l'objectif principal de ce projet de mémoire est de démontrer l'effet des douleurs et blessures à l'épaule sur la force isométrique et l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe au cours d'une saison universitaire de volleyball de 18 semaines. Un second objectif est de comparer la force et l'amplitude de mouvement entre les membres dominants et non dominants chez les athlètes étudiées. Enfin, un troisième objectif est de démontrer que la mesure de la force isométrique à l'aide d'un dynamomètre fixe représente une méthode applicable, et pertinente pour un suivi longitudinal dans un contexte universitaire, en raison de sa simplicité, de son accessibilité et de sa fiabilité.

Il est attendu que, dans les cas où des douleurs ou des blessures significatives à l'épaule sont rapportées, une diminution de la force isométrique ainsi qu'une réduction de l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe seront observées au fil de la saison. À l'inverse, chez les athlètes qui ne présentent pas de problèmes majeurs à l'épaule, aucune variation marquée de la force ou de l'amplitude de mouvement ne devrait être notée. Par ailleurs, en cohérence avec les adaptations déjà décrites dans la littérature chez les joueuses de volleyball, il est anticipé que le membre dominant affichera une force isométrique en rotation interne et externe supérieure à celle du membre non dominant. De plus, l'amplitude de mouvement en rotation interne devrait être inférieure au membre non dominant, alors que celle en rotation externe devrait être plus grande du côté dominant.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

1.1 Contexte sportif universitaire canadien

Le sport universitaire canadien a certaines particularités qui sont différentes qu'ailleurs en Amérique du Nord et en Europe. Chaque sport des universités canadiennes s'inscrit auprès de USPORTS pour être reconnu comme un sport universitaire au Canada. Les sports reconnus par l'entité USPORTS ont un championnat canadien qui rassemble toutes les équipes (ou athlètes) qui se sont qualifiés pour le championnat. L'objectif de chacun est de gagner le championnat canadien. Les équipes sont divisées par des divisions provinciales. L'équipe de volleyball féminin des Citadins de l'UQAM sera le sujet de ce projet de maîtrise. Cette équipe est reconnue par USPORTS et par le Réseau du Sport Étudiant au Québec (RSEQ), la division provinciale québécoise du sport universitaire canadien. Le sport universitaire canadien est assez inclusif. Il y a des équipes et athlètes féminines autant que masculines. Cette étude suivra un groupe de volleyball féminin universitaire dans le but de promouvoir le sport universitaire féminin au Canada et soutenir les étudiantes-athlètes dans leur cheminement.

1.1.1 Préparation physique et la prévention de blessures

Les athlètes de l'équipe de volleyball féminin des Citadins de l'UQAM sont suivis par des préparateurs physiques supervisés par le physiologiste du sport Athanasio Destounis, MSc. Leur rôle principal est de fournir des plans d'entraînement et de prévention de blessure individualisés. Pour ce faire, une batterie de tests est effectuée à plusieurs reprises durant la saison universitaire. Ces tests servent principalement à évaluer l'état physique des athlètes, mais aussi de cibler certains athlètes à risque de blessures musculosquelettiques. Des tests de force du haut et du bas du corps sont mesurés à l'aide de plateforme de force *VALD Forcedecks*, ou des dynamomètres fixe tels que le *VALD Forceframe* ou le *VALD Nordboard* (Queensland, Australia). L'amplitude de mouvement de certaines jointures est mesurée à l'aide de goniomètres en plastique de type *Baseline* (Gymna hoofdzetel, Bilzen, Belgium).

1.1.2 Fonctionnement de jeu

Le volleyball féminin universitaire est un sport sans contact joué par 6 athlètes de chaque côté du filet. Chaque équipe peut avoir un maximum de 14 joueuses officiellement sur l'alignement de l'équipe (RSEQ, 2023). Cependant, il est possible d'avoir des joueuses supplémentaires qui pratiquent avec l'équipe mais

qui ne sont pas éligibles à jouer pendant la saison. Au Québec, une saison de volleyball comporte 21 matchs (depuis 2023-2024) qui s'étalent du mois d'octobre jusqu'au mois de mars, sans compter un maximum de 6 matchs additionnels en séries éliminatoires pour le championnat provincial et un maximum de 3 matchs de plus au championnat canadien. Les équipes universitaires peuvent se rassembler à partir du mois d'août pour commencer leurs entraînements d'équipe à l'approche du début de la saison. Les règles du jeu de volleyball se basent sur les règlements de la Fédération Internationale de Volleyball (FIVB) (FIVB, 2021) avec des spécifications pour le volleyball canadien (USports, 2024).

1.1.2.1 Positions au volleyball

Il y a toujours 6 joueuses présentes sur la surface de jeu lors d'un match de volleyball. Elles font une rotation de position pour que la personne au service soit différente lorsqu'elle arrive dans cette position. Avant le service de l'équipe adverse, les joueuses doivent se mettre à leur position sur la surface, mais une fois le jeu lancé, elles peuvent toutes bouger comme elles veulent. Il y a essentiellement 4 positions majeures au volleyball. La première est la passeuse. Cette joueuse est le point central de l'offense de l'équipe. Souvent, elle va se mettre en position pour recevoir la première passe après la réception du ballon. Elle tentera ensuite de faire une passe décisive à une attaquante pour essayer de marquer un point. Une autre position clé est la centrale. Cette joueuse se place au centre du filet et son rôle principal est de bloquer les tirs de l'équipe adverse lorsque l'équipe est en défense. Puis, il y a le libéro. Cette joueuse porte toujours un chandail de couleur différente de ses coéquipières, et la raison est qu'elle peut changer un nombre de fois illimité pendant le jeu, mais seulement lorsque le ballon n'est pas en jeu. Cette joueuse est une spécialiste en défensive, non seulement pour la réception de service, mais aussi pour remettre la balle à la passeuse lors d'un jeu. Cependant, elle ne peut pas attaquer la balle pour essayer de compter un point. Ensuite, il y a les attaquantes et les ailières. Ces joueuses se placent souvent sur les extrémités latérales du filet et attendent une passe décisive pour frapper le ballon de l'autre côté du filet dans le but de compter un point pour leur équipe. Il existe aussi la position de joueuses spécialisés (ou techniques). Leur rôle consiste de rentrer sur le jeu uniquement pour servir ou pour des situations défensives/stratégiques.

1.1.2.2 Horaire de saison

L'horaire de saison pour une équipe de volleyball est assez chargé. Elle est composée d'une présaison, saison régulière, post-saison et hors saison. Pour les Citadins de l'UQAM, la présaison commence au mois d'août et se termine mi-octobre. Les entraînements ont lieu environ 4 fois par semaine pour une durée de

2 heures et 3 séances de 1 heure de musculation par semaine pendant cette période. On retrouve aussi quelques matchs hors concours pendant cette période. Le début de la saison officielle commence par le premier match de saison régulière à la mi-octobre. La fréquence et la durée des entraînements restent les mêmes pour l'entièreté de la saison régulière et la post-saison. Typiquement, les séances de musculation diminuent à 1-2 fois par semaine pendant ces périodes. Il y a ensuite un congé des fêtes qui débute au début du mois de décembre qui se termine la première semaine de janvier. Le reste de la saison régulière continue jusqu'à mi-février. Finalement, il y a la post-saison qui commence par les séries éliminatoires. Les demi-finales et les finales se jouent toujours en 5 sets comme le reste de la saison, mais les équipes s'affrontent un minimum de 2 fois dans la même fin de semaine. Elles doivent gagner 2 matchs sur 3 pour faire partie de la finale et/ou pour remporter le titre de championnes provinciales. Puis, les championnes de la RSEQ se qualifient pour les championnats canadiens où elles iront jouer un total de 3 matchs pour se classer parmi les meilleurs du pays.

1.2 Blessures à l'épaule au volleyball

Les blessures à l'épaule sont fréquentes chez les joueuses de volleyball. Environ 20% des blessures rapportées dans ce sport chez les femmes concernent le haut du corps (Agel *et al.*, 2007), l'épaule étant particulièrement à risque en raison des gestes répétitifs et explosifs propres au jeu. Ces blessures peuvent être classées en deux grandes catégories : les blessures traumatiques (ou aiguës) et les blessures de surutilisation (ou chroniques). Les sections 1.2.1 et 1.2.2 présentent les distinctions entre ces deux types de blessures ainsi que leurs mécanismes respectifs. Le rôle de la coiffe des rotateurs dans le mouvement de l'épaule au volleyball est ensuite abordé, tout comme son implication dans le développement de blessures. Enfin, la dernière sous-section explore la relation entre douleur et blessure à l'épaule dans ce contexte.

1.2.1 Blessures traumatiques ou aiguës

Une blessure aiguë se définit comme une atteinte causée de manière soudaine par une force importante appliquée sur une courte période. Ce type de blessure inclut notamment les déchirures de labrum (postérosupérieur), les entorses, les étirements musculaires et les contusions (Knight, 2008; Knight et Draper, 2012). Le mécanisme lésionnel associé implique une charge excessive, où la force exercée sur l'épaule dépasse la tolérance des structures anatomiques concernées. Les blessures traumatiques aiguës les plus fréquentes à l'épaule comprennent les subluxations, les dislocations, les entorses ainsi que les étirements ou déchirures musculaires.

Selon Bahr et Bahr (1997), environ 8 % des blessures aiguës survenant au volleyball touchent l'épaule, un chiffre similaire à celui rapporté par Aagaard et Jorgensen (1996), soit environ 10 %. Toutefois, la majorité des blessures à l'épaule dans ce sport sont de nature non traumatique. Dans une étude longitudinale menée sur 16 ans auprès de joueuses de volleyball universitaire, seulement 7,6 % des blessures survenues en match et 7,1 % de celles en entraînement étaient des blessures aiguës à l'épaule (Agel *et al.*, 2007).

1.2.2 Blessures chroniques ou de surutilisation

Une blessure de surutilisation se définit comme l'absence d'un mécanisme traumatique unique et identifiable, survenant plutôt de manière progressive à la suite de stress répétés sur les structures anatomiques (Aicale *et al.*, 2018; Cheron *et al.*, 2017). En volleyball, les blessures de surutilisation à l'épaule sont prédominantes, représentant jusqu'à 90 % des blessures à cette articulation chez les athlètes de haut niveau (Aagaard et Jorgensen, 1996). Elles sont également plus fréquentes chez les femmes (Aagaard et Jorgensen, 1996), bien que peu d'études aient spécifiquement étudié les blessures d'épaule chez les joueuses de volleyball (Agel *et al.*, 2007). Selon une revue systématique, l'incidence des blessures de surutilisation à l'épaule varie entre 7,8 % et 30,2 % (Seminati et Minetti, 2013).

Les blessures les plus courantes sont les tendinites, les tendinoses, les syndromes d'accrochage, les neuropathies supra-scapulaires, les subluxations, les bursites, les instabilités gléno-humérales, ainsi que certaines blessures spécifiques comme les lésions « PASTA » (partial articular-sided supraspinatus tendon avulsion) et le syndrome de la scapula « SICK » (scapular malposition, inferior medial border prominence, coracoid pain and malposition, dyskinesia of scapular movement) (Edmonds et Dengerink, 2014; Seminati et Minetti, 2013). Les blessures « PASTA » sont des lésions partielles du tendon du supra-épineux, particulièrement fréquentes chez les sportifs pratiquant des mouvements répétitifs en élévation. Elles s'inscrivent dans le spectre des pathologies regroupées sous le terme de syndrome de la coiffe des rotateurs, qui inclut aussi les tendinites et les déchirures tendineuses (Varacallo *et al.*, 2024). Les tendinites, causées par des forces excentriques répétitives, et les tendinoses, associées à une dégénérescence chronique du tendon mal guéri, résultent toutes deux d'un stress mécanique répété sur les tissus. Le syndrome de la scapula « SICK » résulte de compensations liées à une mauvaise biomécanique scapulaire, provoquant douleurs et dysfonction. Il est associé à une posture altérée de la scapula et à des mouvements dyskinésiques, souvent observés chez les joueuses avec douleurs chroniques à l'épaule (Kibler, 1998; Ozunlu *et al.*, 2011). Les syndromes d'accrochage peuvent être de type interne ou externe. Le syndrome d'accrochage interne survient lorsque les tendons de la coiffe des rotateurs (principalement le supra-

épineux et l'infra-épineux) sont coincés à la face postéro-latérale de la glène, typiquement en fin d'amplitude lors de l'armement du bras (rotation externe et abduction maximale) (Gelber *et al.*, 2018). Le syndrome d'accrochage externe, quant à lui, implique une compression des tendons de la coiffe par des structures osseuses, comme l'acromion (Farfaras *et al.*, 2018). La neuropathie supra-scapulaire, causée par une compression ou une irritation chronique du nerf innervant le supra-épineux et l'infra-épineux, est également fréquente chez les joueurs de volleyball. Elle peut être secondaire à une hypertrophie musculaire ou à des microtraumatismes répétés (Leider *et al.*, 2021). D'autres atteintes, comme l'instabilité gléno-humérale (souvent due à des lésions du labrum), peuvent résulter de mouvements répétés en amplitude excessive, comme ceux rencontrés lors du service ou de l'attaque (Edmonds et Dengerink, 2014).

Le volleyball étant un sport unilatéral, les mouvements de frappe sont presque toujours exécutés avec le bras dominant. Bien que certaines actions (réceptions, passes) soient bilatérales, la répétition des gestes de frappe à haute vitesse crée un déséquilibre musculaire entre les deux épaules (Challoumas, Artemiou, *et al.*, 2017; Reeser, Fleisig, *et al.*, 2010). Ces déséquilibres sont associés à des adaptations de l'épaule, telles qu'une augmentation de la rotation externe et une diminution de la rotation interne (voir section 1.3.1), et peuvent contribuer au développement de pathologies de surutilisation (Kim *et al.*, 2020). De plus, certaines altérations du mouvement scapulo-huméral ont été observées chez des athlètes symptomatiques : diminution de l'inclinaison postérieure de la scapula, augmentation de la rotation interne de la scapula, et une abduction horizontale exagérée de l'articulation gléno-humérale (Shih et Wang, 2019). Ces modifications biomécaniques réduisent l'espace sous-acromial, augmentant ainsi le risque de frottement ou de coincement des tendons de la coiffe. Les phases de l'armement, de l'accélération du bras, et du contact avec le ballon sont particulièrement stressantes pour les structures de l'épaule (Reeser, Fleisig, *et al.*, 2010). À l'inverse, les phases d'approche et de suivi ne placent pas l'épaule dans des positions aussi extrêmes et sont donc moins à risque. Ainsi, évaluer et surveiller l'évolution de l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe chez les joueuses, tout au long d'une saison, pourrait permettre de mieux comprendre les liens entre ces déficiences et l'apparition de blessures de surutilisation.

1.2.3 Rôle de la coiffe des rotateurs

La coiffe des rotateurs joue un rôle fondamental dans la stabilité dynamique de l'articulation gléno-humérale. Elle agit principalement pour centrer la tête de l'humérus dans la cavité glénoïde lors des

mouvements du bras, prévenant ainsi les translations excessives ou le glissement articulaire. Elle est constituée de quatre muscles : le supra-épineux, responsable du début de l'abduction (0–15°) ; le sous-scapulaire, impliqué dans la rotation interne ; et l'infra-épineux ainsi que le petit rond, qui contribuent à la rotation externe de l'épaule.

Par ailleurs, bien que cette étude ne porte pas spécifiquement sur le rôle de la scapula, il convient de souligner son importance dans la prévention des conflits sous-acromiaux. En effet, une bonne cinématique scapulaire permet de maintenir l'espace sous-acromial et de prévenir les phénomènes d'accrochage de la coiffe des rotateurs (Kibler, 1998; Ozunlu *et al.*, 2011). Ainsi, une force musculaire adéquate au niveau scapulaire est essentielle pour exécuter efficacement et en toute sécurité les gestes de frappe au volleyball.

1.2.4 Présence de douleur

Le suivi de la douleur à l'épaule chez des athlètes de volleyball peut fournir des informations précieuses sur les blessures de surutilisation survenant au cours d'une saison universitaire. Dans le but de demeurer actives au sein de leur équipe, plusieurs athlètes continuent de jouer malgré la présence de douleurs. Celles-ci peuvent varier considérablement en termes d'intensité, de localisation, de type d'inconfort et de répercussions fonctionnelles. L'enjeu principal n'est pas tant la douleur elle-même, mais plutôt son impact sur la capacité de l'athlète à participer pleinement à son sport. Traditionnellement, la gravité d'une blessure est évaluée selon le nombre de jours d'absence du sport. Cette approche s'applique bien dans le cas des blessures aiguës, mais elle est peu adaptée aux blessures de surutilisation. En effet, ces dernières présentent souvent un caractère chronique ou récurrent et n'entraînent pas systématiquement une interruption de la pratique sportive, ce qui peut faussement suggérer un faible taux de blessure malgré une forte prévalence (Bahr, 2009).

Pour répondre à cette problématique, Bahr (2009) a proposé une méthodologie spécifique visant à mieux quantifier les blessures de surutilisation, notamment à l'épaule. Quatre recommandations principales en découlent. Premièrement, le suivi devrait être prospectif avec des mesures continues. Cette approche permet de limiter les biais de rappel liés à la mémoire des symptômes, en assurant une collecte de données plus fidèle à la réalité. Un suivi hebdomadaire ou mensuel des douleurs est notamment suggéré. Deuxièmement, le suivi devrait avoir un outil valide et sensible à n'importe quelle plainte. Il est essentiel d'employer un instrument capable de détecter toute forme de plainte, incluant non seulement la douleur, mais aussi les limitations fonctionnelles, les pertes d'amplitude de mouvement ou de force, et les impacts

sur la performance. Troisièmement, la prévalence de blessure et non l'incidence devrait être mesurée. La prévalence tient compte de toutes les blessures, peu importe le moment où elles sont survenues, incluant celles issues d'événements passés pouvant toujours affecter la saison en cours. Quatrièmement, la sévérité de blessure devra être mesurée par le niveau de fonction de l'athlète et non par le temps d'absence au sport. Plutôt que de se baser uniquement sur le temps d'absence, la gravité d'une blessure devrait être estimée selon le niveau de fonction de l'athlète, c'est-à-dire sa capacité à s'entraîner et à performer.

La présente étude suit cette approche méthodologique. L'outil utilisé pour quantifier les blessures de surutilisation à l'épaule est le *Oslo Sports Trauma Research Center Overuse Injury Questionnaire* ou OSTRC-H2 ("French Version of the OSTRC-H2,"), développé en 2013 (Clarsen *et al.*, 2013), et validé en français en 2023 (Beaudart *et al.*, 2023). L'utilisation de la version française est essentielle, puisque la langue principale des athlètes évaluées est le français. Ce questionnaire a été utilisé pour évaluer la prévalence de blessures de surutilisation aux genoux, dos et épaules au volleyball (Skazalski *et al.*, 2024) en respectant les méthodes décrites par Bahr (2009). Combiné à des mesures objectives de la force musculaire et de l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe de l'épaule, l'OSTRC-H2 permettra une compréhension plus fine des douleurs d'épaule chez les athlètes universitaires. Une telle approche intégrée est essentielle pour mieux détecter, prévenir et gérer les blessures de surutilisation dans ce contexte sportif.

1.2.4.1 Épaules asymptomatiques et symptomatiques

La douleur à l'épaule, bien qu'elle soit une indicatrice fréquente de blessure, ne peut être considérée comme le seul critère diagnostique dans le contexte des blessures de surutilisation. Les examens cliniques, combinés à l'imagerie médicale — notamment l'imagerie par résonance magnétique (IRM) —, permettent d'évaluer plus précisément l'état des structures anatomiques impliquées. L'IRM est en effet capable de détecter des lésions aux tissus mous et aux structures articulaires, qu'elles soient symptomatiques ou non. Toutefois, chez les athlètes de volleyball, certaines atteintes structurelles peuvent demeurer asymptomatiques (Lee *et al.*, 2020), rendant le diagnostic basé uniquement sur la douleur insuffisante. Malgré l'absence de douleur, des modifications fonctionnelles, telles qu'une diminution de l'amplitude de mouvement ou une perte de force au niveau de l'épaule sont fréquemment observées chez les joueurs ou joueuses de volleyball (Challoumas, Artemiou, *et al.*, 2017; Kugler *et al.*, 1996; Reeser, Fleisig, *et al.*, 2010). Ces changements peuvent être secondaires à une pathologie, mais ils peuvent aussi précéder l'apparition

de la douleur. Par exemple, des déficits de force en rotation externe sont documentés chez plusieurs joueurs, même en l'absence de symptômes douloureux (Lajtai *et al.*, 2009). Ainsi, une évaluation globale incluant la douleur, la force musculaire et l'amplitude de mouvement est essentielle pour obtenir un portrait fidèle de la condition de l'épaule et pour mieux cerner la prévalence réelle des blessures de surutilisation chez les athlètes de volleyball. Ce type d'évaluation intégrée permet non seulement de mieux identifier les blessures existantes, mais aussi de repérer des déséquilibres fonctionnels potentiellement prédictifs de blessures futures.

1.3 Amplitude de mouvement normale en rotation interne et externe de l'épaule

L'amplitude de mouvement en rotation interne (RI) et rotation externe (RE) de l'épaule constitue une mesure clé dans l'évaluation musculosquelettique, en particulier chez les personnes physiquement actives qui sollicitent leur épaule à des amplitudes extrêmes ou avec de grandes forces (Magee, 2008, p. 253). Pour obtenir une mesure représentative de l'amplitude de mouvement gléno-humérale en RI et RE réelle, il est recommandé de réaliser l'évaluation avec le participant en décubitus dorsal, l'épaule positionnée à 90° d'abduction et le coude fléchi à 90° (Kendall, 2005, p. 310; Magee, 2008, p. 253). Dans cette position, la scapula est stabilisée, ce qui permet d'isoler le mouvement de l'articulation gléno-humérale (Cools *et al.*, 2014). Il est essentiel de cesser le mouvement dès que la scapula commence à se mobiliser, afin de ne pas inclure de compensation scapulo-thoracique dans la mesure. Les valeurs normales d'amplitude de mouvement varient légèrement selon les sources. En rotation interne, l'amplitude normale se situe généralement entre 60° à 100° (Magee, 2008, p. 247), ou autour de 70° (Kendall, 2005, p. 296). Pour la rotation externe, les valeurs normales rapportées sont de 80° à 90° (Magee, 2008, p. 247) ou 90° (Kendall, 2005, p. 296).

1.3.1 Les adaptations d'amplitude de mouvement

Dans un sport tel que le volleyball, les mouvements répétitifs à haute intensité sont généralement réalisés de manière unilatérale, principalement avec l'épaule dominante lors du service et des gestes d'attaque. Il est donc fréquent d'observer des différences d'amplitude de mouvement entre l'épaule dominante et l'épaule non dominante chez ces athlètes. En effet, l'amplitude articulaire en rotation interne (RI) tend à être réduite, tandis que l'amplitude en rotation externe (RE) est généralement augmentée du côté dominant (Challoumas, Artemiou, *et al.*, 2017; Forthomme *et al.*, 2013; Kugler *et al.*, 1996; Wang et Cochrane, 2001b). Selon la revue de littérature de Challoumas, Stavrou, *et al.* (2017), les études ayant mesuré ces amplitudes chez des joueurs de volleyball ont rapporté une augmentation de la rotation

externe variant de 2,0° à 13,0° au-dessus des valeurs normales, ainsi qu'une diminution de la rotation interne allant de 2,2° à 20,0° sous les valeurs normales. Ces adaptations sont connues sous les noms de *Glenohumeral Internal Rotation Deficit* (GIRD) pour la perte de rotation interne, et *Glenohumeral External Rotation Gain* (GERG) pour l'augmentation de la rotation externe. Ces altérations sont fréquentes dans le volleyball, en raison de l'hypermobilité antérieure et de la raideur postérieure de l'articulation gléno-humérale (Challoumas, Stavrou, *et al.*, 2017). Il est généralement admis qu'un GIRD supérieur à 20° ou un ratio GIRD/GERG inférieur à 1 pourrait représenter un facteur de risque pour les blessures (Magee, 2008, p. 253). Toutefois, malgré ces différences spécifiques entre les deux épaules, plusieurs études rapportent que l'amplitude totale de mouvement (rotation interne + rotation externe) est souvent préservée chez les athlètes de volleyball (Forthomme *et al.*, 2013; Lajtai *et al.*, 2009; Martelli *et al.*, 2013). Il sera donc attendu de voir une différence entre les épaules dominantes et non dominantes des athlètes de volleyball, mais il est souhaité d'avoir une amplitude de mouvement total similaire entre les deux épaules.

1.3.2 Variation de l'amplitude de mouvement

Dans la littérature actuelle, peu d'études ont évalué l'évolution de l'amplitude de mouvement de l'épaule chez un même groupe d'athlètes de volleyball au cours d'une saison complète. Parmi les travaux les plus pertinents à cet égard, ceux de Forthomme *et al.* (2013) et de Wang et Cochrane (2001b) se rapprochent le plus des objectifs du présent projet.

Forthomme *et al.* (2013) ont recruté un total de 66 participants, dont 32 femmes, afin d'évaluer la force isocinétique des muscles de l'épaule en début de saison. Un suivi hebdomadaire de la douleur à l'épaule a également été effectué tout au long de la saison. Bien que cette étude ait fourni des résultats intéressants en lien avec la force musculaire et la douleur, elle ne permet pas de documenter la variation de l'amplitude de mouvement, car celle-ci n'a été mesurée qu'une seule fois, avant le début de la saison. Une approche comportant des mesures répétées aurait permis de mieux comprendre l'évolution de l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe au fil des sollicitations sportives.

En contexte de volleyball universitaire, un suivi longitudinal incluant des mesures régulières de l'amplitude de mouvement permettrait de détecter des changements progressifs pouvant être associés à des blessures de surutilisation. De plus, un suivi hebdomadaire de la douleur à l'épaule est essentiel pour établir une relation temporelle entre les variations d'amplitude de mouvement et l'apparition de symptômes. Cela permettrait de distinguer les changements liés à une pathologie musculosquelettique de

ceux attribuables à d'autres facteurs extrinsèques, tels que la charge d'entraînement, la fatigue ou des événements de vie personnelle.

1.4 Force en rotation interne et externe de l'épaule

Dans l'évaluation clinique musculosquelettique, la force isométrique constitue un outil essentiel pour évaluer la fonction musculaire et orienter le diagnostic. Une échelle de cotation de 0 à 5, avec des valeurs intermédiaires (0, 1, 2-, 2, 2+, 3-, 3, 3+, 4-, 4, 4+, 5), est couramment utilisée pour évaluer manuellement la force musculaire (Kendall, 2005, p. 23). Toutefois, pour une évaluation plus objective et reproductible, la présente étude utilise un dynamomètre fixe pour mesurer la force isométrique de la coiffe des rotateurs en rotation interne (RI) et externe (RE).

FIGURE 1.1 DESCRIPTION DE TEST DE FORCE MUSCULAIRE

	Description	Grade	
No movement	No contraction felt or seen in the muscle	Zero	0
	Tendon becomes prominent or feeble contraction felt in muscle with no visible movement	Trace	1 T
Supported in horizontal plane	Movement through partial range of motion	Poor -	2- 1
	Movement through complete range of motion for the muscle being tested	Poor	2 2
	Holds against slight pressure in test position	Poor +	2+ 3
Tested in an antigravity position	Moves through partial range of motion against gravity	Poor +	2+ 3
	Gradual release from test position occurs	Fair -	3- 4
	Holds test position (no added pressure)	Fair	3 5
	Holds test position against slight pressure	Fair +	3+ 6
	Holds test position against slight to moderate pressure	Good -	4- 7
	Holds test position against moderate pressure	Good	4 8
	Holds test position against moderate to strong pressure	Good +	4+ 9
	Holds test position against strong pressure	Normal	5 10

Afin de minimiser la fatigue musculaire et d'assurer des mesures fiables, des périodes de repos sont prévues entre les contractions. Ces périodes permettent non seulement la récupération physiologique, mais elles s'appuient également sur un principe neurophysiologique : le mécanisme d'inhibition réciproque. Ce mécanisme, décrit par McMahon (1984), stipule que la contraction volontaire d'un muscle est accompagnée d'une inhibition réflexe de son antagoniste. Ainsi, lors de la contraction des rotateurs externes, les rotateurs internes sont temporairement relâchés, et vice versa. Cette alternance naturelle entre l'activation et le repos des groupes musculaires antagonistes justifie l'alternance des contractions

de RI et RE dans le protocole. Elle permet un repos relatif des muscles agonistes pendant que leurs antagonistes sont sollicités, réduisant ainsi le risque de fatigue cumulative et augmentant la qualité des mesures.

La force des muscles rotateurs de l'épaule est mesurée en position couchée, l'épaule placée à 90 degrés d'abduction et le coude fléchi à 90 degrés. Bien que la position assise ou couchée ne semble pas influencer significativement les mesures de force isométrique selon Cools *et al.* (2014), la position couchée a été choisie pour des raisons de standardisation et de confort, ainsi que pour assurer une meilleure stabilisation du tronc et de la scapula.

1.4.1 Les adaptations de la force

Le volleyball étant un sport majoritairement asymétrique, il entraîne souvent un déséquilibre de la force musculaire entre le membre dominant et non dominant chez les athlètes (Alfredson *et al.*, 1998). La force en rotation interne de l'épaule dominante est généralement plus élevée que celle de l'épaule non dominante (Hadzic *et al.*, 2014; Wang et Cochrane, 2001b). Cette adaptation semble résulter de deux mouvements répétitifs propres à ce sport. Premièrement, la coiffe des rotateurs est fréquemment sollicitée de façon excentrique en rotation externe lors du mouvement d'attaque et de service, afin de freiner le bras. Deuxièmement, une forte demande en contraction concentrique des rotateurs internes est présente durant la phase active du mouvement de frappe (Challoumas, Stavrou, *et al.*, 2017). Ces adaptations sont également observées dans des sports ayant des mouvements similaires, comme le handball (Forthomme *et al.*, 2018).

Cependant, certaines études remettent en question cette asymétrie. Par exemple, Gozlan *et al.* (2006), dans une étude auprès de neuf athlètes de volleyball, n'a trouvé aucune différence significative de force entre les deux épaules. Ces résultats soulignent la nécessité de mener davantage d'études pour confirmer l'existence et l'ampleur de ces différences. Par ailleurs, la force isométrique est rarement examinée dans les comparaisons entre les épaules dominantes et non dominantes. Or, dans une épaule saine, il est habituel d'observer une force de la coiffe des rotateurs du membre dominant pouvant atteindre jusqu'à 10 % de plus que celle du côté non dominant. En complément, le ratio entre la force de rotation externe et celle de rotation interne constitue un indicateur important : il ne devrait pas être inférieur à 0,75, faute de quoi le risque de blessure à l'épaule augmente (Cools *et al.*, 2015). Toutefois, selon Piatti *et al.* (2023), la force isométrique en rotation interne et externe ne montre pas de différence significative entre les deux

côtés chez les athlètes de volleyball. Ainsi, il demeure incertain si les différences de force observées à l'aide de tests isocinétiques peuvent être reproduites avec des mesures de force isométrique.

1.4.2 Variation de la force

À ce jour, la littérature scientifique ne rapporte pas de données sur la variation de la force isométrique mesurée à répétition au cours d'une saison complète de volleyball. Il demeure donc impossible de savoir comment cette force évolue sur une période de 18 semaines. L'accessibilité rapide et peu coûteuse de la mesure de la force isométrique en rotation interne et externe à l'aide d'un dynamomètre fixe permet toutefois d'envisager la réalisation de mesures répétées tout au long de la saison. Ces mesures pourraient fournir des informations précieuses sur les facteurs influençant les fluctuations de la force musculaire.

Il est bien établi que la force isocinétique, excentrique et isométrique en rotation externe est diminuée chez les athlètes présentant une blessure à l'épaule (Cools *et al.*, 2015). Toutefois, les protocoles de mesure de la force isocinétique sont complexes, longs à administrer et peu adaptés à une application hebdomadaire en contexte sportif. Or, une réduction de la force excentrique a déjà été associée à des blessures de l'épaule (Forthomme *et al.*, 2013; Kugler *et al.*, 1996; Reeser, Joy, *et al.*, 2010; Tooth *et al.*, 2020; Wang et Cochrane, 2001b), ce qui renforce la pertinence de surveiller l'évolution de la force isométrique comme indicateur potentiel de blessure.

Si une variation de la force isométrique en rotation interne ou externe est observée au cours de la saison, il sera possible d'examiner les données issues des questionnaires hebdomadaires sur la douleur afin de vérifier si ces variations sont associées à l'apparition de blessures à l'épaule. À l'inverse, si aucune variation significative de force n'est détectée malgré la présence de douleur ou de blessure, on pourrait alors conclure que ces blessures n'ont pas d'impact sur la force musculaire. Enfin, si une variation de force est détectée sans qu'elle ne soit accompagnée de douleur ou de blessure, il sera pertinent d'explorer d'autres facteurs pouvant expliquer ces changements, comme la charge d'entraînement, la fatigue ou les fluctuations de motivation.

1.4.3 Force isocinétique et force isométrique

La force isocinétique est fréquemment utilisée pour évaluer la force des muscles de la coiffe des rotateurs de l'épaule, car elle permet d'obtenir des données sur les contractions concentriques et excentriques (Alfredson *et al.*, 1998; Forthomme *et al.*, 2013; Gozlan *et al.*, 2006; Hadzic *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2020;

Martelli *et al.*, 2013; Reeser, Fleisig, *et al.*, 2010; Wang et Cochrane, 2001b). Toutefois, la majorité de ces études utilisent un protocole transversal, c'est-à-dire qu'elles évaluent la force à un seul moment dans le temps. À ce jour, il n'existe pas d'étude ayant utilisé la mesure isométrique de la force pour effectuer un suivi longitudinal, c'est-à-dire pour documenter l'évolution de la force au fil du temps et son lien potentiel avec l'apparition de blessures à l'épaule. Ce manque de connaissances dans la littérature ouvre la porte à l'exploration de la force isométrique comme méthode de suivi. Il est pertinent de vérifier si les adaptations musculaires observées dans les études utilisant la force isocinétique peuvent également être détectées avec des mesures de force isométrique.

D'un point de vue pratique, la mesure de la force isocinétique nécessite un équipement spécialisé, coûteux et dont l'utilisation requiert un temps considérable pour chaque athlète. Cela rend difficile sa mise en œuvre dans un protocole longitudinal avec plusieurs points de mesure, notamment en contexte universitaire. À l'inverse, la mesure de la force isométrique à l'aide d'un dynamomètre fixe permet de réaliser des collectes de données rapides, à faible coût, et directement dans l'environnement d'entraînement des athlètes. Cette méthode facilite la répétition des mesures sur une longue période, ce qui est conforme aux recommandations méthodologiques émises par Bahr (2009) pour quantifier adéquatement les blessures de surutilisation à l'épaule.

1.4.4 Outil de mesure de la force isométrique de l'épaule

Les outils utilisés pour mesurer la force isométrique peuvent être regroupés en trois grandes catégories. Le premier, le moins fiable, repose sur une évaluation manuelle de la force par un clinicien à l'aide d'une échelle de cotation de 0 à 5 (Kendall, 2005, p. 23). Les deux autres catégories comprennent des dynamomètres, soit fixes, soit mobiles, qui offrent généralement une validité et une fiabilité similaires. Par ailleurs, les appareils de mesure de la force isocinétique peuvent également être configurés pour recueillir des mesures de force isométrique. Dans tous les cas, les résultats sont habituellement exprimés en Newtons (N).

L'étude de Beshay *et al.* (2017) a comparé la fiabilité des dynamomètres fixes et mobiles pour la mesure de la force isométrique de l'épaule. Les deux approches ont montré une excellente fiabilité intra- et inter évaluateur, avec des coefficients de corrélation intraclass (ICC) supérieurs à 0,80 pour tous les mouvements de l'épaule. De plus, lorsque le dynamomètre était correctement stabilisé, les mesures obtenues chez les participants ayant une force élevée étaient encore plus fiables. L'étude de Croteau *et*

al. (2021) démontre que les dynamomètres mobiles peuvent être utilisés par des cliniciens pour mesurer la force de l'épaule chez des athlètes de waterpolo. Un contexte similaire à celui dans cette étude.

Dans le cadre de la présente étude, la force isométrique en rotation interne et externe de l'épaule a été mesurée à l'aide d'un dynamomètre fixe : le *VALD ForceFrame* (Queensland, Australia). Ce dispositif permet de réaliser des mesures standardisées, et reproductibles, sans nécessiter le retrait des athlètes de leur environnement d'entraînement. Cela représente un avantage majeur comparativement à l'utilisation de dynamomètres isocinétiques, qui exigent davantage de temps par athlète et sont difficilement applicables dans ce contexte.

CHAPITRE 2

QUESTION DE RECHERCHE

2.1 Objectifs

Ce travail de recherche a été séparé en quatre (4) objectifs spécifiques et secondaires. Les objectifs spécifiques font références aux valeurs d'amplitude de mouvement et de force isométrique. Les objectifs spécifiques sont :

2.1.1 Objectif spécifique 1. Relation entre les douleurs à l'épaule et l'amplitude de mouvement

Vérifier l'effet de douleurs à l'épaule sur la variation de l'amplitude de mouvement de l'épaule en rotation interne et externe chez des athlètes de volleyball féminin au cours d'une saison complétive universitaire.

2.1.2 Objectif spécifique 2. Relation entre les douleurs à l'épaule et la force isométrique

Vérifier l'effet de douleurs à l'épaule sur la variation de la force en rotation interne et externe de l'épaule chez des athlètes de volleyball féminin au cours d'une saison complétive universitaire.

2.1.3 Objectif spécifique 3. Asymétries d'amplitude de mouvement entre le membre dominant sportif et non dominant

Vérifier les différences d'amplitude de mouvement en rotation interne et externe des épaules dominantes sportifs et non dominantes d'athlètes de volleyball féminin au cours de la saison universitaire.

2.1.4 Objectif spécifique 4. Asymétries de force entre le membre dominant sportif et non dominant

Vérifier les différences de force isométrique en rotation interne et externe dans les épaules dominantes sportifs et non dominantes d'athlètes de volleyball féminin au cours de la saison universitaire.

2.2 Objectifs secondaires

Les objectifs secondaires portent principalement sur les méthodes utilisées pour mesurer la force et l'amplitude de mouvement des épaules. Ces objectifs abordent l'importance sur l'accessibilité des outils pour les professionnels de la santé et leur utilisation dans un environnement pratique de terrain.

2.2.1 Force isométrique

Vérifier que la force isométrique peut être utilisée pour suivre les variations de la force à travers une saison universitaire de volleyball et lors de présence de douleurs à l'épaule.

2.2.1.1 Outil de mesure de force

Utiliser un outil de mesure validé, tel que le dynamomètre fixe *VALD Forceframe*, validé et représentatif des pratiques de terrain pour mesurer la force isométrique en rotation interne et externe de l'épaule.

2.2.2 Outil de mesure d'amplitude de mouvement

Utiliser un outil de mesure validé, tel que le goniomètre en plastique *Baseline*, validé et représentatif des pratiques de terrain pour mesurer l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe de l'épaule.

2.3 Hypothèses

Les hypothèses de cette étude sont divisées en quatre et en lien avec chaque objectif spécifique. Les hypothèses spécifiques sont :

2.3.1 Hypothèse spécifique 1. L'effet des douleurs à l'épaule sur la variation de l'amplitude de mouvement de l'épaule

L'hypothèse est qu'il y aura une diminution d'amplitude de mouvement en rotation interne et externe chez les participantes qui auront des douleurs catégorisées comme « douleur majeure ». Il y aura une diminution non significative en amplitude de mouvement en rotation interne et externe chez les participantes qui auront des douleurs catégorisées comme « douleur mineure ». Il n'y aura pas de diminution en amplitude de mouvement en rotation interne et externe chez les participantes avec « aucune douleur ».

2.3.2 Hypothèse spécifique 2. L'effet des douleurs à l'épaule sur la variation de la force isométrique de l'épaule

L'hypothèse est qu'il y aura une diminution de force isométrique en rotation interne et externe chez les participantes qui auront des douleurs catégorisées comme « douleur majeure ». Il y aura un changement non significatif en force isométrique en rotation interne et externe chez les participantes qui auront des douleurs catégorisées comme « douleur mineure ». Il n'y aura pas de changement en force isométrique en rotation interne et externe chez les participantes avec « aucune douleur ». Le ratio « RE/RI » dans les

épaules dominantes sera égal ou moins que 0.75 lorsqu'il y aura présence de « douleur majeure » à l'épaule.

2.3.3 Hypothèse spécifique 3. L'asymétrie de l'amplitude de mouvement entre le membre dominant sportif et non dominant

Dû aux phénomènes « GIRD » et « GERG » connues pour les épaules d'athlètes de volleyball, nous formulons l'hypothèse qu'il sera possible de voir une amplitude de mouvement en rotation interne significativement **moins** prononcée dans l'épaule dominante. Il sera aussi possible de voir une amplitude de mouvement en rotation externe significativement **plus** prononcée dans l'épaule dominante. Cependant, il sera possible de voir une amplitude de mouvement combinée égale entre l'épaule dominante et non dominante.

2.3.4 Hypothèse spécifique 4. L'asymétrie de la force entre le membre dominant sportif et non dominant

L'épaule dominante étant beaucoup plus utilisée au volleyball, nous formulons l'hypothèse suivante que la force isométrique en rotation interne et externe dans les épaules dominantes sera 10% plus grande que dans les épaules non dominantes. Le ratio de force isométrique en rotation externe sur rotation interne « ratio RE/RI » de l'épaule dominante sera significativement plus petit que celui de l'épaule non dominante, puisque les adaptations au volleyball indiquent qu'il y a une force en rotation interne plus grande chez les athlètes de volleyball.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1 Participants

Les participantes au projet de recherche étaient des femmes qui jouaient au volleyball universitaire de division 1 au Québec. Au moment de l'étude, elles étaient âgées en moyenne $21,2 \pm 1,6$ ans. Le nombre total de participantes est 13 joueuses ($n=13$). Le nombre de participantes était en fonction du nombre total de joueuses retenu par l'entraîneur pour la saison compétitive et était en dessous du nombre maximal permis (17 joueuses) par le RSEQ (Réseau du sport étudiant au Québec). Les caractéristiques des participantes étaient relativement semblables. La grandeur, la masse, et l'âge étaient les données anthropométriques recueillies au début du projet. L'épaule dominante au sport a été identifiée à l'aide du questionnaire d'historique de blessure. (ANNEXE A). Chaque participante a donné son consentement, approuvé par le comité éthique institutionnel avant de participer au projet (No. de certificat : 2025-7197).

3.1.1 Critères d'inclusion et d'exclusion

Pour être admissibles à l'étude, les participantes devaient être membres de l'équipe féminine de volleyball universitaire des Citadins de l'UQAM lors de la saison 2024-2025, quel que soit leur statut d'éligibilité ou leur statut de jeu, déterminé par l'entraîneur. Elles devaient être présentes aux tests de force et d'amplitude de mouvement et devaient être en mesure de répondre au questionnaire hebdomadaire sur les douleurs à l'épaule. Les participantes étaient exclues (critères d'exclusions) : 1) si elles n'étaient pas en mesure de se mettre en position pour les tests ou en cas de blessure importante qui empêche le mouvement ou la force musculaire minimale pour soutenir l'épaule; 2) si elles avaient subi une chirurgie à l'épaule (peu importe laquelle); si elles étaient en protocole de réadaptation pour une chirurgie à l'épaule; et 3) si elles avaient subi une blessure traumatique à l'épaule lors d'un match ou d'un entraînement. Cette étude avait comme mentionné préalablement l'objectif d'observer les fluctuations de force et d'amplitude lorsqu'il y a présence (ou pas) de blessure de surutilisation à l'épaule. Les blessures traumatiques étaient exclues, car elles auraient faussé les résultats. Aucune des participantes avaient subi une blessure traumatique à l'épaule au début de l'étude, ni à travers la saison universitaire.

3.1.2 Design expérimental

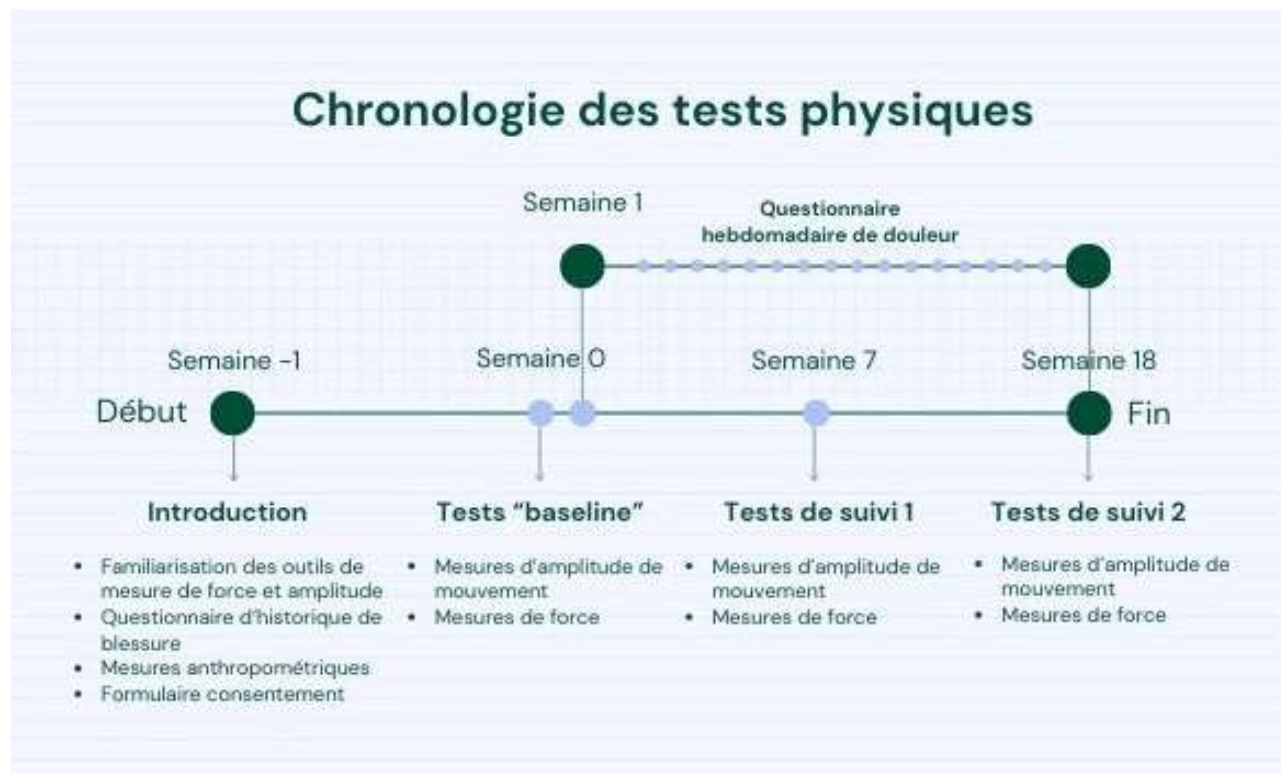
Une étude de cohorte prospective a été menée auprès des joueuses de volleyball sur l'entièreté de leur saison universitaire. La durée de l'étude a été 18 semaines, puisque l'équipe n'a pas été en mesure de se qualifier pour les séries éliminatoires. Chaque étudiante-athlète a participé aux entraînements d'équipe, aux entraînements en salle et aux matchs en fonction de la décision des entraîneurs et équipe de soutien intégrée. Un questionnaire sur l'historique de blessures à l'épaule a été distribué avant le début des premiers tests de force et d'amplitude de mouvement pour avoir des informations additionnelles sur les athlètes. Ce questionnaire est décrit dans la section 3.3.1. Un questionnaire pour le suivi de la douleur à l'épaule a été distribué chaque lundi pendant les 18 semaines de la saison. Des mesures de la force isométrique de l'épaule en rotation interne et externe ont été recueillies à l'aide d'un dynamomètre fixe *VALD Forceframe*, modèle *FOLD*, Queensland, Australia. Des mesures de l'amplitude de mouvement de l'épaule en rotation interne et externe ont été recueillies à l'aide d'un goniomètre à trois reprises pendant les 18 semaines. Cette étude étant observationnelle, il n'y a pas eu de prise de décision pour retrait du sport ou de suggestions données à la suite de l'analyse des mesures de force, d'amplitude de mouvement, ou scores de douleur. Le détail des tests est présenté à la section 3.2.

3.1.2.1 Chronologie des tests physiques

Les tests effectués lors des visites au laboratoire étaient organisés en fonction de la saison universitaire de volleyball. Les séances de tests ont été organisées avec les disponibilités de l'athlète dans la semaine établie par l'évaluateur. Pour s'assurer que la participante a assez de repos avant les mesures de force, il n'y a pas eu de match 48h avant les tests de force. Cependant, il est arrivé que l'entraîneur planifie des entraînements dans les jours précédant les tests de force. Dans ces cas-ci, les tests ont été faits avant les entraînements. Les participantes ont dû se présenter au laboratoire à 4 reprises. La première visite était 1 semaine avant de débiter la première phase de tests. Cette visite eu plusieurs utilités : 1) elle a servi d'un moment pour l'explication de l'étude; 2) pour la familiarisation des outils pour mesurer la force et l'amplitude; 3) pour la signature du formulaire de consentement; 4) pour la distribution du questionnaire d'historique de blessure (voir section 3.3.1); Et 5) pour les mesures anthropométriques (voir section 3.2.1). La deuxième visite était dans la semaine précédant le premier match de la saison régulière (semaine 0). Cette visite a servi de première prise de données de force isométrique et d'amplitude de mouvement de l'épaule en rotation interne et externe. Ces données constitueront les valeurs de référence à partir desquelles les autres semaines ont été comparés. La troisième visite était dans la semaine suivant le dernier match de la saison régulière, et avant la pause de mi-saison (semaine 7). La quatrième visite était

après le dernier match de saison (semaine 18). Similairement à la deuxième visite, celles-ci ont servi de moment pour mesurer la force et l'amplitude de mouvement de l'épaule en rotation interne et externe. La procédure pour la mesure de force et d'amplitude de mouvement est décrite aux sections 3.2.2 et 3.2.3. Puisque les matchs ont habituellement eu lieu les vendredis et dimanches. La distribution du questionnaire sur le suivi des douleurs à l'épaule a été envoyée à chaque lundi après le premier match de saison jusqu'à la fin de la saison universitaire. La dernière fois que ce questionnaire a été distribué est le lundi après le dernier match de la saison. Les scores de ce questionnaire hebdomadaire ont permis de catégoriser les participantes en trois catégories : « aucune douleur », « douleur mineure », et « douleur majeur ». Voir la section 3.3.2.2 pour plus de détails. La Figure 3.1 décrit la chronologie des visites au laboratoire.

FIGURE 3.1 CHRONOLOGIE DES TESTS PHYSIQUES



3.1.2.1.1 Tests supplémentaires

Des mesures supplémentaires de force isométrique et d'amplitude de mouvement ont été recueillies lorsqu'il y a eu des scores de 68 ou plus dans le questionnaire de suivi de douleur hebdomadaire. Voir section 3.3.2.1 pour des détails sur la manière dont les scores sont calculés. Cette nouvelle prise de données a été faite dans la même semaine où il y a eu un score élevé, et subséquemment avant un

prochain match. L'approbation éthique de cette procédure a été accordée, puisque les participantes devaient limiter leur effort afin de maintenir la douleur sous un seuil de 4/10 et interrompre immédiatement la mesure si la douleur devenait trop élevée. À deux reprises lors de la saison universitaire (voir détails plus bas), il y a eu des scores qui ont dépassé le seuil de 68 points (sur 100) du questionnaire hebdomadaire de douleur. Ceci est arrivé une fois à la semaine 8 et une fois à la semaine 15. Les deux fois pour la même athlète. Deux mesures de force isométrique et d'amplitude de mouvement ont été recueillies durant ces semaines.

3.2 Douleurs à l'épaule

3.2.1 Questionnaire sur l'historique de blessure

Les participantes de cette étude étaient des athlètes qui ont joué au volleyball depuis plusieurs années. Un questionnaire sur l'historique de blessures aux épaules (ANNEXE A) a été rempli par chaque joueuse lors de la première visite des participantes au laboratoire. L'objectif du questionnaire était de répertorier s'il y avait des blessures aux épaules présentes lors de la collecte initiale de données (avant le début de la saison). De plus, le questionnaire a permis de donner un portrait plus clair du groupe de participantes (voir la section 4.2 des résultats pour l'analyse de ce questionnaire). Le questionnaire avait des questions sur le membre dominant et non dominant. Lors de la première visite et quand les participantes ont rempli ce questionnaire, il a été spécifié que le membre dominant décrit dans les questions devait être le membre que les participantes utilisent principalement au volleyball. La première partie du questionnaire était sur le volleyball. Il y avait des questions sur la position de jeu au volleyball, le nombre d'années d'expérience de volleyball, ainsi que l'épaule dominante. Ensuite, il y avait une section sur les blessures à l'épaule. Il y avait des questions sur la présence de blessure à l'épaule actuelle, le nombre de blessures à l'épaule subies, sur quelle épaule, combien de temps depuis la dernière blessure (ou le début des symptômes), quel type de blessure, combien de temps d'arrêt à cause de blessures à l'épaule, et si la performance au sport a été affectée par la blessure.

3.2.2 Suivi hebdomadaire de la douleur

Le suivi hebdomadaire de la douleur à l'épaule a permis de donner un portrait plus clair des douleurs à l'épaule dominante lors d'une saison universitaire de volleyball. De plus, l'objectif était d'observer s'il y a une diminution de force isométrique et/ou de l'amplitude de mouvement de la rotation interne et externe de l'épaule lorsqu'il y a une hausse de douleur. Le questionnaire choisi était le « Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) Overuse Injury Questionnaire » ("OSTRC Overuse Injury Questionnaire,")

(ANNEXE B). Ce questionnaire validé (Clarsen *et al.*, 2013) a aussi été traduit en français (Beaudart *et al.*, 2023) et cette version a aussi été validée. Le questionnaire a été distribué à chaque début de semaine (lundi) aux participantes pendant l'entièreté de la saison universitaire (18 semaines). Le premier envoi a été fait au début de la semaine suivant le premier match de saison. Un suivi individuel a été fait avec chaque athlète qui a noté un score de plus de 68. Des tests de force et d'amplitude de mouvement supplémentaire ont été faits pour ces participantes dans les jours après la réception du score.

3.2.2.1 Score du questionnaire sur la douleur

Les douleurs à l'épaule dominante ont été attribuées un score en utilisant le questionnaire OSTRC-H2. Le calcul des scores proposé par Clarsen *et al.* (2013) était sur un score total de 100 où chaque question (sauf la première) peut recevoir un score maximal de 25. Les scores pour cette étude ont été calculés comme la version française (Beaudart *et al.*, 2023). Toutes les questions ont quatre choix de réponses : a, b, c, ou d. La première question porte le score de 0, 8, 17 et 100. Une réponse de « d » donne un score de 100 à la première question et n'exige pas de réponse aux questions 2 à 4, puisque cette participante est automatiquement classée dans le groupe de participants ayant une « douleur majeure ». Les questions 2, 3, et 4 ont un score de 0, 8, 17, 25. Le score total des questions de 1 à 4 a été comptabilisé chaque semaine et présenté sous forme de moyenne et d'écart type. Les participantes ont répondu au questionnaire en gardant en tête que le questionnaire s'applique seulement sur l'épaule dominante. Les douleurs à l'épaule non dominante n'étaient pas l'objet de ce questionnaire. Voici des exemples des réponses fictives : une athlète avec des petites douleurs intermittentes à l'épaule obtient un score de 16 avec les réponses « 1. B, 2. A, 3. A, 4. B ». Une athlète avec des douleurs importantes obtient un score de 68 si elle répond « 1. C, 2. C, 3. C, 4. C ».

3.2.2.2 Catégorisation des scores de douleurs ou symptômes de l'épaule

Les scores du questionnaire hebdomadaire de la douleur ont permis de catégoriser les douleurs à l'épaule. Beaudart *et al.* (2023) ont catégorisé les douleurs en fonction des réponses rapportées. La catégorisation de « douleur majeure » était attribuée lorsqu'un de ces trois critères était atteint :

1. La lettre « d » a été sélectionnée pour la première question
2. La lettre « c » ou « d » a été sélectionnée pour la deuxième question
3. La lettre « c » ou « d » a été sélectionnée pour la troisième question

La raison pour laquelle ces critères entrent dans la catégorie de « douleur majeure » est puisque la douleur limite de façon modérée ou sévère la fonction d'un athlète pendant leur sport. Pour cette étude, 3 catégories ont été créées : aucune douleur, douleur mineure ou douleur majeure. Un score de 0 se retrouve dans la catégorie « aucune douleur ». Puis, un score plus élevé que 0, mais qui ne répond pas à un des trois critères nommés précédemment se retrouve dans la catégorie « douleur mineure ». Finalement, un score qui répond à un des trois critères nommés précédemment se retrouve dans la catégorie « douleur majeure ». De plus, lorsqu'un score de 68 ou plus a été atteint (en répondant « c » ou « d » pour les 4 questions) des tests de force isométrique et d'amplitude de mouvement ont été refaits en suivant la même procédure mentionnée dans les sections 3.2.2 et 3.2.3.

Trois groupes ont été créés à l'aide du questionnaire d'historique de douleur (ANNEXE A). Celui-ci a permis de catégoriser les participantes selon les réponses qu'elles ont données. Les participantes ayant répondu « Non » à la question 1 de la section 2 du questionnaire ont été placées dans la catégorie « aucune douleur ». Les participantes ayant répondu « Oui » à la question 1 et « dominante » à la question 1.a de la section 2 du questionnaire ont été placées dans la catégorie « douleur mineur ». Si en plus de ces deux réponses, elles ont répondu « oui » à la question 6 de la section 2 du questionnaire, elles seraient placées dans la catégorie « douleur majeure ». Aucune participante n'a été catégorisé comme avoir une « douleur majeure » puisqu'aucune d'entre elles ont répondu « oui » à la question 6.

3.3 Tests physiques

3.3.1 Données anthropométriques

Les données anthropométriques qui ont été recueillis lors de la première visite au laboratoire sont : la grandeur, la masse, l'âge et le sexe. Les participantes devaient porter une tenue sportive facilitant le mouvement. Le même style de tenue est exigé lors des tests d'amplitude de mouvement et de force isométrique de la coiffe des rotateurs. La grandeur a été recueillie à l'aide d'un outil spécialisé utilisé pour cette mesure. Chaque participante ne portait pas de chaussures, elle devait coller les talons au mur, et se tenir bien droite. La participante a pris une grande inspiration, puis la plateforme par-dessus sa tête a été abaissée. Ensuite, la participante s'est fait dire de s'avancer. La mesure en centimètres (cm) indiquée sur le ruban a été notée. La masse a été mesuré à l'aide d'une plateforme de force VALD Performance (Queensland, Australia). Avant les mesures, la plateforme de force a été calibrée pour assurer la précision de la prise de poids. La masse en kilogrammes (kg) a été noté. Les autres données (âge, sexe, position de

jeu) ont été recueillis grâce au questionnaire sur l'historique de blessure qui a été distribué lors de la première visite au laboratoire.

3.3.2 Force isométrique de la coiffe des rotateurs

La force isométrique maximale a été mesurée à l'aide d'un dynamomètre fixe. L'objet de cette approche pour mesurer la force en rotation interne et externe de l'épaule dans une position qui est possible avec le dynamomètre fixe est pour possiblement faciliter le travail des professionnels de la santé qui veulent utiliser cet outil. De plus, l'étude de Piatti et al (Piatti *et al.*, 2023) suggère que la force en décubitus dorsal serait plus grande chez des athlètes de volleyball. La force en rotation interne et externe de l'épaule était donc en décubitus dorsal avec l'épaule à 90° d'abduction et le coude à 90° de flexion. Le coude était mis dans un support prévu à cet effet. La main de la participante était placée entre les deux capteurs avec la paume face à un capteur et le dos de la main face à l'autre capteur (Figure 3.2). Une mesure de distance en centimètres (cm) entre le coude (épicondyle médial) et l'appui sur le dynamomètre (milieu de la paume) a été recueillie pour calculer le moment de force. Pour l'analyse de la force, le moment de force (Nm) créé à l'épaule a été calculé. La distance entre le coude et le milieu de la paume, en mètres (m), est multipliée par la force produite, en Newton (N). Les participantes devaient faire 6 contractions de 5 secondes de façon consécutives en alternant la rotation interne et externe. En autres mots, il y avait une contraction en rotation interne, suivi d'une contraction en rotation externe, répétée 2 fois supplémentaires par côté, avant de changer d'épaule. L'alternance des contractions en rotation interne et externe, basée sur le principe d'inhibition réciproque (McMahon, 1984) favorise un repos relatif des muscles antagonistes, limitant la fatigue et améliorant la qualité des mesures. Les mesures de forces ont été faites sur les deux épaules de chaque participante. La valeur en Newton (N) la plus haute des 3 essais en rotation interne et externe pour chaque épaule a été notée. Avant de commencer, la participante a été avertie que s'il y avait une douleur présente lors de la contraction, mais qu'elle était tolérable (moins que 4/10), et que la participante voulait continuer, elle devait faire une contraction pour éviter que sa douleur ne dépasse pas 4/10. Si, malgré les indications, la douleur était supérieure à 4/10, ou si la participante souhaitait arrêter, le test a été arrêté instantanément et la donnée la plus élevée a été notée. Pendant le test, aucun encouragement n'a été fait. Les seules choses qui ont été dites était un décompte avant de changer de direction de force. Afin de minimiser le risque d'augmentation ou d'apparition de douleur à la suite du test de force, les instructions ont été données sur un ton neutre, sans stimulation verbale. Voici, les indications qui ont été données lors des tests de force :

« Je vais te demander de pousser avec ta main dans la direction de ta paume pendant 5 secondes, ensuite dans la direction du dos de ta main aussi pendant 5 secondes. Avant de changer la direction de ta contraction, je vais te donner un décompte : « Un, et switch ». Puis, on va répéter cette séquence 3 fois pour un total de 30 secondes. Si jamais il y a de la douleur ou de l'inconfort dans l'épaule pendant la contraction, pousse le plus fort possible en évitant que ta douleur dépasse 4/10, et si tu n'es pas capable, arrête tout de suite. As-tu bien compris? Prête ? 3, 2, 1, c'est parti! »

À deux reprises, la force isométrique a été mesurée sur une participante ayant rapporté un score de plus de 68 sur le questionnaire hebdomadaire de douleur. Il y a donc des mesures de force en rotation interne et externe supplémentaires à la semaine 8 et à la semaine 15. Une comparaison de ces données de force avec les valeurs de référence a été présentée à la section 4.6.1 et 4.6.2.

FIGURE 3.2 POSITION POUR MESURE DE FORCE ISOMÉTRIQUE DE L'ÉPAULE À L'AIDE DU DYNAMOMÈTRE FIXE (VALD FORCEFRAME)



3.3.3 Amplitude de mouvement en rotation interne et externe de l'épaule

L'amplitude de mouvement de l'épaule en rotation interne et externe a été mesurée à trois reprises pendant la saison universitaire. Une étude par Cools et al propose de mesurer l'amplitude de mouvement en position en décubitus dorsal (Cools *et al.*, 2014). L'épaule était placée à 90° d'abduction et 90° de flexion du coude. La participante était couchée sur le dos sur une table avec aucun soutien sous l'avant-bras afin

de mesurer l'excès d'amplitude de mouvement si présent (Kendall, 2005) (Figure 3.3). Dans cette position, la scapula est stabilisée sur une table. Conséquemment, l'amplitude de mouvement est isolée à l'articulation gléno-humérale. Les mesures seront prises à l'aide d'un goniomètre en plastique de type *Baseline* (Gymna hoofdzetel, Bilzen, Belgium). L'objectif de cette étude était de mesurer l'amplitude de rotation en rotation interne et externe de l'épaule dans une position et avec un instrument facilement accessible pour les professionnels de la santé qui travaillent en milieu universitaire, par exemple, avec les équipes sportives les Citadins. Il y a eu une période de familiarisation durant la première visite au laboratoire où les participantes ont eu l'occasion de faire les mouvements actifs en rotation interne et externe de l'épaule pour simuler la mesure d'amplitude. Lors de la première mesure d'amplitude de mouvement, l'examineur était aveugle aux catégories de douleur rapportées par les participantes afin de limiter les biais d'observation. Toutefois, pour les mesures subséquentes effectuées en cours de saison, l'examineur n'était plus aveugle au statut de douleur des athlètes, en raison du suivi longitudinal et du contexte clinique de l'étude. L'amplitude de mouvement a été mesurée uniquement durant un effort actif de la part de la participante. La participante a été instruite de faire le mouvement et de rester au bout du mouvement. Il n'y a pas eu de pression supplémentaire appliquée au membre par l'examineur pour aller chercher une plus grande amplitude. Aucune mesure d'amplitude de mouvement passive n'a été mesurée. Un mouvement passif en rotation interne et externe de l'épaule dans cette position exige que l'évaluateur prends le membre de la participante et l'apporte à la fin de l'amplitude de mouvement. Cependant, avec de la pression supplémentaire, la scapula se décolle de son support (la table), et affecte l'amplitude de rotation notée. De plus, l'objectif de ces mesures n'était pas d'effectuer une évaluation des blessures musculosquelettiques; ainsi, les restrictions articulaires subtiles pouvant être présentes en cas de pathologie n'étaient pas évaluées. Il est donc suggéré de laisser l'athlète se rendre dans son amplitude de mouvement complète activement. Lors de la mesure, un examineur a tenu le goniomètre avec le pivot à l'olécrâne, le bras stable du goniomètre en position verticale (pour la rotation externe) ou horizontale (pour la rotation interne) (Figure 3.4), et le bras mobile le long de l'avant-bras de la participante avec le point de référence étant le processus styloïde de l'ulna. La participante a été instruite de se rendre le plus loin possible en rotation interne. Ensuite, l'épaule a été remise dans la position initiale et le goniomètre aussi. Le même mouvement et la même mesure ont ensuite été faits. Puis, la participante a été instruite de se rendre le plus loin possible en rotation externe. Ensuite, l'épaule a été remise dans la position initiale et le goniomètre aussi. Le même mouvement a été fait et la même mesure a été récoltée. Les mesures d'amplitude de mouvement ont été faites sur les deux épaules de chaque participante. La mesure en degrés (°) la plus grande des deux mesures dans les deux directions (rotation interne et externe) a été

notée. Voici, les indications qui ont été données lors de la mesure d'amplitude de mouvement une fois que la participante était en décubitus dorsal avec l'épaule placée à 90° d'abduction et 90° de flexion du coude:

« Pendant que tu gardes ton dos ou omoplate collée sur la surface de la table, je vais te demander de déplacer ton avant-bras dans la direction pour apporter ta paume vers le sol. Je vais tenir un bras du goniomètre sur ton avant-bras pendant que tu fais le mouvement. Une fois complété, avise-moi. Puis, nous allons refaire le même mouvement une deuxième fois. Ensuite, nous allons répéter ces étapes, mais tu vas déplacer ton avant-bras dans la direction pour apporter le dos de ta main vers le sol. As-tu bien compris? »

À deux reprises, l'amplitude a été mesurée sur une participante ayant rapporté un score de plus de 68 sur le questionnaire hebdomadaire de douleur. Il y a donc des mesures d'amplitude de mouvement en rotation interne et externe supplémentaires à la semaine 8 et à la semaine 15. Une comparaison de ces données d'amplitude de mouvement avec les valeurs de référence a été présentée la section 4.6.1 et 4.6.2.

FIGURE 3.3 POSITION POUR MESURE D'AMPLITUDE DE MOUVEMENT DE L'ÉPAULE EN ROTATION EXTERNE



FIGURE 3.4 POSITION POUR MESURE D'AMPLITUDE DE MOUVEMENT DE L'ÉPAULE EN ROTATION INTERNE



3.4 Justification méthodologique

3.4.1 Outil de mesure d'amplitude de mouvement

Dans le cadre de cette étude, le choix de l'outil de mesure de l'amplitude de mouvement à l'épaule s'est porté sur un goniomètre en plastique de type *Baseline*. Ce choix repose sur des considérations méthodologiques et contextuelles. Premièrement, le goniomètre *Baseline* est un outil validé scientifiquement pour la mesure articulaire, avec une fiabilité inter- et intra-évaluateurs jugée acceptable dans plusieurs études. Kolber et Hanney (2012) ont évalué la fiabilité intra- et inter-évaluateurs des mesures d'amplitude de mouvement de l'épaule en utilisant ce type de goniomètre. Les résultats ont montré une excellente fiabilité intra-évaluateur avec des coefficients de corrélation intraclasse (ICC) allant de 0,94 à 0,98 pour toutes les mesures. Antonietti *et al.* (2014) ont comparé la fiabilité de la goniométrie manuelle et de la biophotogrammétrie pour mesurer la rotation interne et externe de l'épaule. Les résultats ont montré une excellente fiabilité intra-évaluateur (ICC = 0,83) et inter-évaluateurs (ICC = 0,90) pour la goniométrie manuelle. Deuxièmement, ce goniomètre est représentatif des outils utilisés en milieu de terrain par les préparateurs physiques, kinésiologues, thérapeutes du sport, et autres professionnels de la santé. Sa facilité d'utilisation et son faible coût en font un instrument largement adopté dans les environnements où les ressources technologiques sont limitées ou lorsque la rapidité d'exécution est essentielle. Finalement, l'intégration d'un outil de mesure utilisé en pratique permet de rester cohérent avec les pratiques professionnelles courantes. Cette recherche vise à favoriser la transférabilité des

résultats vers les milieux d'intervention, et à soutenir l'utilisation de méthodes de mesure accessible dans les contextes réels d'entraînement ou de réhabilitation.

3.4.2 Outil de mesure de force

Dans le cadre de cette étude, la force isométrique de l'épaule en rotation interne et externe a été réalisée à l'aide d'un dynamomètre fixe. Ce choix repose sur plusieurs considérations méthodologiques et pratiques. Premièrement, pour l'épaule, la fiabilité test-retest du dynamomètre fixe a été évalué et les résultats ont démontré un coefficient de corrélation intra classe de bon à excellent ($ICC = 0.854-0.916$) et est comparable au dynamomètre mobile communément utilisé pour l'évaluation de la force isométrique (Couch *et al.*, 2021). L'appareil, initialement conçu pour mesurer la force des adducteurs et abducteurs de la hanche a démontré avoir une fiabilité inter-évaluateur qui est excellente ($ICC = 0.81-0.91$) pour la force en adduction des hanches (O' Connor *et al.*, 2023). L'appareil est aussi considéré comme un outil fiable pour l'évaluation de la force isométrique de la hanche chez des athlètes universitaires (Desmyttere *et al.*, 2019). L'appareil a été validé dans les tests de force du bas du corps avec l'utilisation d'un dynamomètre mobile (O'Brien *et al.*, 2019). Cet outil se montre utile avec d'autres parties du corps, il a aussi été utilisé pour l'évaluation de la force du cou (McBride *et al.*, 2023). Deuxièmement, les dynamomètres fixes sont représentatifs des outils utilisés en milieu de terrain par les préparateurs physiques, kinésiologues, thérapeutes du sport et autres professionnels de la santé. Sa portabilité, sa facilité d'utilisation, et sa capacité à fournir des données en temps réel en font un instrument largement adopté dans les environnements où la rapidité d'exécution, et l'accessibilité aux données en temps réel sont essentielles. Enfin, comme le goniomètre, l'intégration d'un outil de mesure utilisé en pratique permet d'augmenter la validité écologique de l'étude. Son adoption dans cette étude vise ainsi à refléter les pratiques professionnelles actuelles et à soutenir l'implantation de méthodes de mesures fiables et accessibles dans les environnements réels d'entraînement ou de réadaptation.

3.4.3 Type de contraction et position

Dans cette étude, la force musculaire des rotateurs de l'épaule a été mesurée à l'aide de contractions isométriques volontaires maximales, dans une position standardisée comme décrite dans la section 3.3.3. Ce choix repose sur des considérations à la fois méthodologiques, fonctionnelles et écologiques, propres au contexte du volleyball féminin. La contraction isométrique a été retenue pour sa capacité à fournir des données fiables et reproductibles tout en limitant le stress articulaire (Padulo *et al.*, 2020). Le déploiement de la force isométrique est fréquemment utilisé pour l'évaluation de la force des muscles, notamment en

milieu sportif, en raison de son profil sécuritaire, de sa simplicité d'exécution et de sa bonne sensibilité aux asymétries ou déficits de force. La position de 90° d'abduction pour la rotation interne et externe de l'épaule a été spécifiquement choisie, car elle reflète la biomécanique des gestes clés du volleyball, notamment le smash et le service, où l'épaule est souvent sollicitée en position d'élévation latérale combinée à une rotation. De plus, cette position évite une amplitude maximale de l'épaule lors de la contraction. Dans cette position, la tête humérale est au centre de l'articulation et aucune structure n'est compressée par elle. Cette position permet donc une évaluation plus fonctionnelle de la force des rotateurs, en lien direct avec les exigences sportives de la discipline (Cools *et al.*, 2014; Reeser, Joy, *et al.*, 2010). Par ailleurs, cette posture est bien documentée dans la littérature comme étant à la fois fiable et pertinente pour les sports de lancer et de frappe, et est largement utilisée dans les programmes d'évaluation et de réhabilitation des épaules d'athlètes (Cools *et al.*, 2014). Ainsi, le choix d'une contraction isométrique à 90° d'abduction assure à la fois la validité interne (précision des mesures) et la validité écologique (transférabilité au contexte réel du volleyball féminin) de ces mesures.

3.5 Analyses statistiques

Les résultats des caractéristiques des participantes et du questionnaire d'historique de blessure ont été présentés sous forme de valeurs moyennes et d'écart type à la section 4.1 et 4.2. Les résultats des scores du OSTRC-H2 ont été présentés sous forme de pourcentages par catégorie à la section 4.3.1. La prévalence hebdomadaire des douleurs est présentée à la section 4.3.2. Les moyennes des scores du OSTRC-H2 par position au volleyball ont été présentées à la section 4.3.3. L'amplitude de mouvement a été catégorisée selon des valeurs normales et présentée sous forme de pourcentages par catégorie (section 4.4). Une ANOVA à deux facteurs (force ou amplitude et temps) à mesures répétées a été utilisée pour analyser la variation de l'amplitude de mouvement et de la force à travers le temps pour les deux épaules. Similairement, une ANOVA simple (douleurs) à mesures répétées a été utilisée pour analyser la variation de la douleur à travers le temps pour l'épaule dominante. L'amplitude de mouvement a été séparée en quatre : rotation interne (section 4.4.1), rotation externe (section 4.4.2), amplitude de mouvement combinée (section 4.4.3), et l'amplitude de mouvement normale (section 4.4.4). La force isométrique a été divisée en trois catégories : la rotation interne (section 4.5.1), la rotation externe (section 4.5.2) et le ratio « RI/RE » (section 4.5.3). Un test t pour un échantillon unique a été fait pour comparer les données d'une athlète (qui a rapporté un score de plus de 68 au questionnaire OSTRC-H2) avec la moyenne des valeurs de référence. Les valeurs t ainsi que les différences de force et d'amplitudes (moyennes et écart

type) sont présentées à la section 4.6. La valeur alpha était fixée à $p < 0.05$. Le logiciel *Statistical Package for Social Sciences* (IBM SPSS Statistics v.29.0) a été utilisé pour effectuer les analyses statistiques.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS

4.1 Caractéristiques des participantes

L'échantillon pour le sujet d'étude était composé uniquement de femmes, des étudiantes-athlètes universitaire. Nous avons eu 15 participantes (n=15), 2 participantes (n=2) ont été exclues, car elles ont quitté l'équipe avant la première collecte de données d'amplitude et de force de l'épaule. Les treize (n=13) participantes restantes présentaient au début de l'étude avec un âge moyen de $21,2 \pm 1,6$ ans, une masse moyenne de $74,1 \pm 5,0$ kg et une taille moyenne de $174,7 \pm 7,3$ cm. (Tableau 4.1)

TABLEAU 4.1 CARACTÉRISTIQUES DES PARTICIPANTES

	Participant(e)s (n=13)
Âge	$21,2 \pm 1,6$
Taille (cm)	$174,6 \pm 7,3$
Masse(kg)	$74,1 \pm 5,0$

Moyenne $\pm$ ÉT

4.2 Questionnaire d'historique de blessure

Les participantes ont répondu à un questionnaire sur leur historique de blessures aux épaules tel que décrit dans la section méthodologie. (ANNEXE A). Les réponses au questionnaire (Tableau 4.2) ont permis d'indiquer que la moyenne d'expérience au volleyball était de $10,5 \pm 2,1$ ans. L'ensemble des participantes (n=13) ont indiqué ne pas avoir reçu de chirurgie aux épaules. Le nombre de blessures subies à l'épaule dominante dans le passé était de $0,8 \pm 1,1$ blessures, comparativement à l'épaule non dominante $0,5 \pm 0,9$ blessures. Le nombre d'années depuis la dernière blessure était $3,4 \pm 3,6$ ans. Selon les connaissances des participantes, le type de blessures subies étaient : des tendinites (n=4), des subluxation/dislocation (n=3), autres (n=2), et n=6 ont mentionnée ne pas avoir subie de blessures à l'épaule. Toutes les participantes (n=13) ont indiqué ne pas avoir arrêté le volleyball à cause de leur blessure, cependant n=7 d'entre-elles ont vu une diminution de performance au volleyball liée à leur blessure. Pour ce qui est de la présence de douleur à la date du questionnaire, n=6 ont dit avoir présentement des douleurs à l'épaule dominante et n=2 à l'épaule non dominante. Il est important de mentionner que toutes les participantes, n=13, ont mentionnées que leur membre dominant au volleyball était le bras droit. Donc, pour le reste de cette étude, les comparaisons ont été effectuées entre le bras droit et le bras gauche en assumant que ceux-ci sont les membres dominant et non dominant respectivement. Pour ce qui est spécifiquement lié au

volleyball, les positions des participantes étaient les suivantes : libéro (n=2), passeuse (n=2), technique (n=2), ailière (n=2), attaquante (n=2), centrale (n=3).

TABLEAU 4.2 RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE D'HISTORIQUE DE BLESSURE

	Participant(e)s (n=13)
Expérience au volleyball (années)	10,5±2,1
Blessures à l'épaule dominante dans le passé	0,8±1,1
Blessures à l'épaule non dominante dans le passé	0,5±0,9
Temps depuis la plus récente blessure (années)	3,4±3,6
Moyenne±ÉT	

4.3 Questionnaire hebdomadaire OSTRC-H2

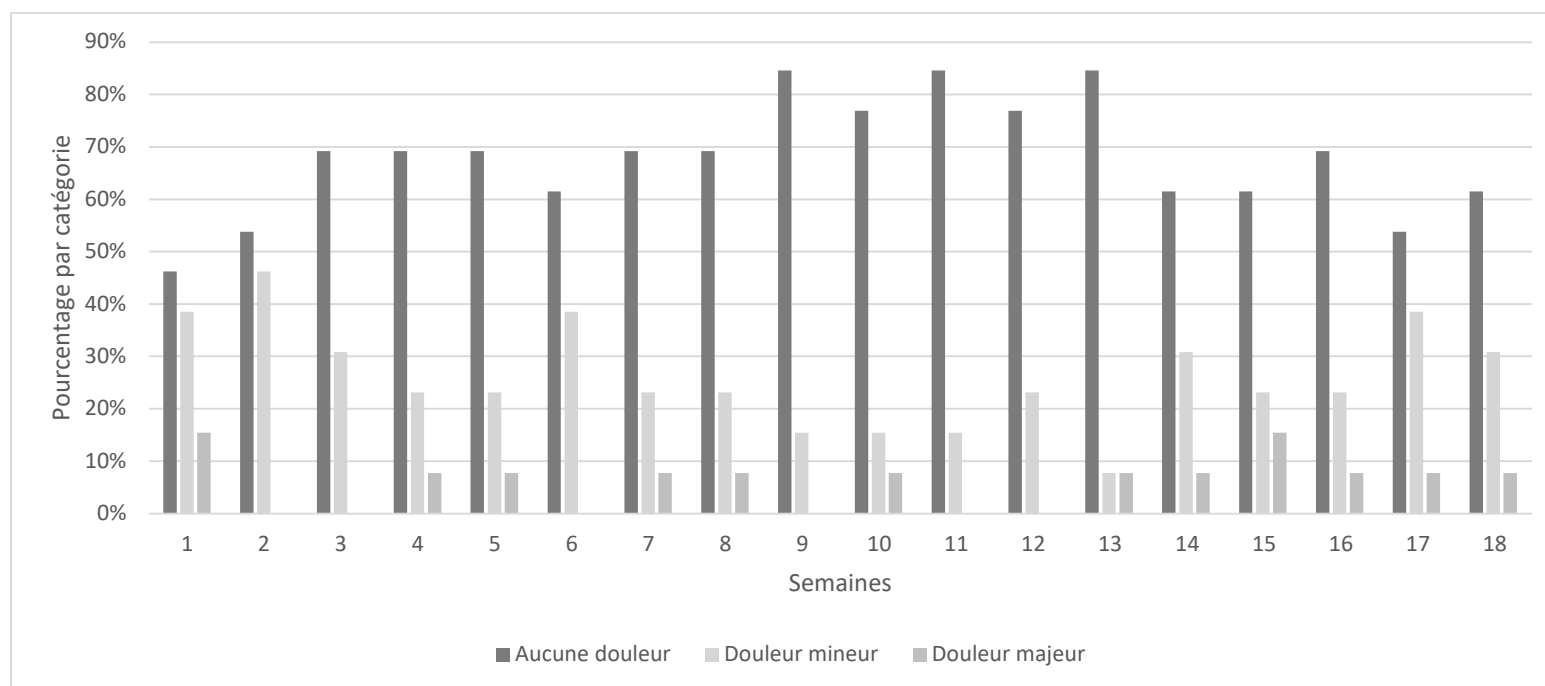
4.3.1 Pourcentages des scores de douleur

Les scores du questionnaire ont été catégorisés en trois groupes : « aucune douleur », « douleur mineure », et « douleur majeure » comme décrites dans la section 3.2.2.2 de la méthodologie. La Figure 4.1 illustre les pourcentages des scores dans chacune des trois catégories à chaque semaine de la saison, tandis que le Tableau 4.4 présente les valeurs en pourcentages dans chaque catégorie pour toutes les semaines. La moyenne hebdomadaire des pourcentages d'athlètes avec aucune douleur était de 67,9 %. Les douleurs mineures figuraient en moyenne pour 26,1 % des douleurs par semaine. Les douleurs majeures figuraient en moyenne pour 6 % des douleurs par semaine.

TABLEAU 4.4 POURCENTAGES DE PARTICIPANTES PAR CATÉGORIES DE DOULEUR PAR SEMAINE

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	Semaine 6	Semaine 7	Semaine 8	Semaine 9	Semaine 10	Semaine 11	Semaine 12	Semaine 13	Semaine 14	Semaine 15	Semaine 16	Semaine 17	Semaine 18
Aucune douleur	46.2 %	53.8 %	69.2 %	69.2 %	69.2 %	61.5 %	69.2 %	69.2 %	84.6 %	76.9 %	84.6 %	76.9 %	84.6 %	61.5 %	61.5 %	69.2 %	53.8 %	61.5 %
Douleur mineur	38.5 %	46.2 %	30.8 %	23.1 %	23.1 %	38.5 %	23.1 %	23.1 %	15.4 %	15.4 %	15.4 %	23.1 %	7.7 %	30.8 %	23.1 %	23.1 %	38.5 %	30.8 %
Douleur majeur	15.4 %	0 %	0 %	7.7 %	7.7 %	0 %	7.7 %	7.7 %	0 %	7.7 %	0 %	0 %	7.7 %	7.7 %	15.4 %	7.7 %	7.7 %	7.7 %

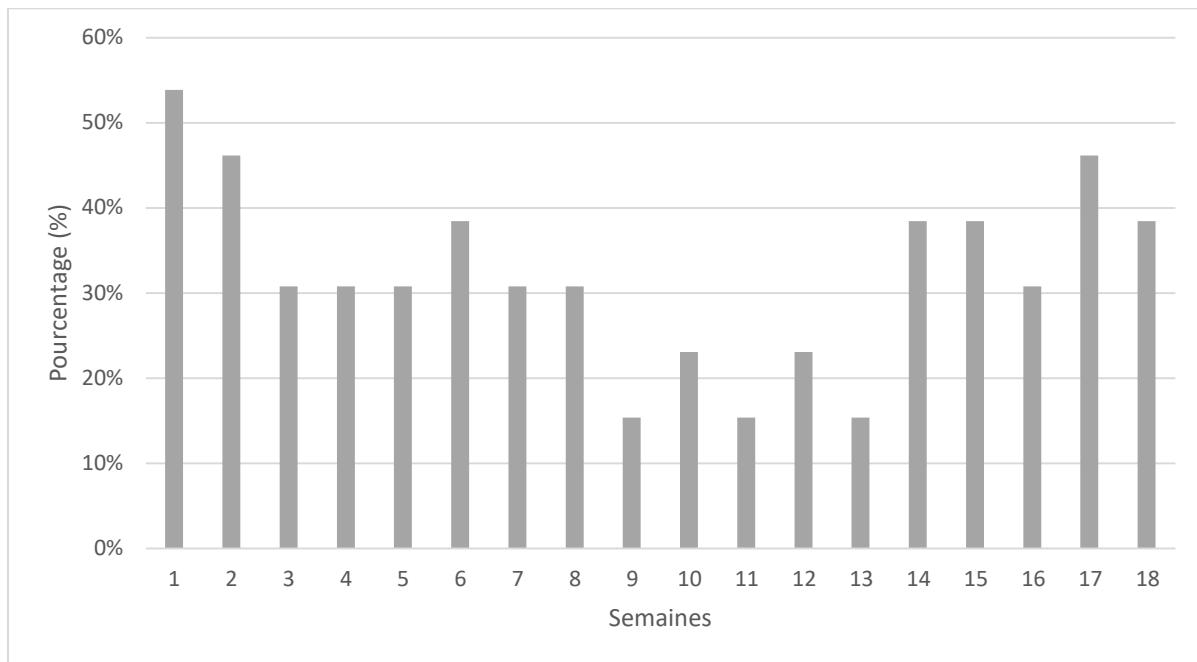
FIGURE 4.1 POURCENTAGES DE PARTICIPANTES PAR CATÉGORIE DE DOULEUR PAR SEMAINE



4.3.2 Prévalence hebdomadaire des douleurs

Un calcul de prévalence de douleur a été effectué pour chaque semaine du questionnaire de douleur. La prévalence a été calculé comme proposé par Skazalski *et al.* (2024) où le nombre d'athlètes ayant rapporté une douleur est divisé par le nombre total d'athlètes et le résultat est exprimé en pourcentage. La Figure 4.2 illustre la prévalence de douleur à chaque semaine.

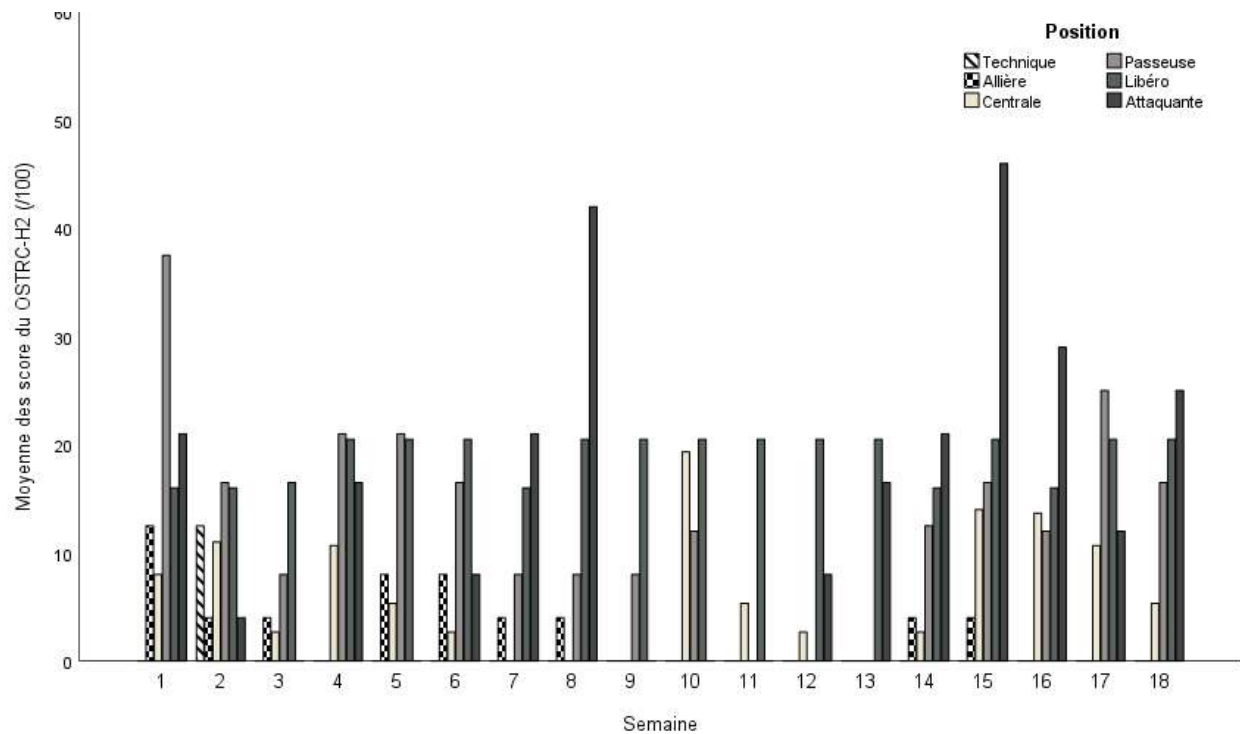
FIGURE 4.2 PRÉVALENCE HEBDOMADAIRE DE DOULEURS À L'ÉPAULE



4.3.3 Douleurs par position

Les moyennes des scores du questionnaire par position ont été calculées et se trouvent dans la Figure 4.3. Les positions sont les suivantes : libéro (n=2), passeuse (n=2), technique (n=2), ailière (n=2), attaquante (n=2), centrale (n=3). Aucune différence significative n'a été trouvée pour la moyenne des scores par semaine par position. Cependant il est possible de voir une moyenne des scores plus élevés pour les attaquantes à la semaine 8 (moyenne de 42/100) et à la semaine 15 (46/100). Des mesures d'amplitude de mouvement et de force supplémentaires ont été récoltées à ces semaines et sont présentées à la section 4.6.

FIGURE 4.3 MOYENNES DES SCORES DU OSTRC-H2 PAR SEMAINE PAR POSITION DE JOUEUSE AU VOLLEYBALL



4.4 Amplitude de mouvement

L'analyse de l'amplitude a été séparé en amplitude de mouvement en rotation interne, externe, et combinée. Les sections 4.4.1.1, 4.4.2.1, et 4.4.3.1 illustrent la variation des épaules dominantes et non dominantes à travers la saison universitaire. Les sections 4.4.1.2, 4.4.2.2, et 4.4.3.2 illustrent la variation de l'amplitude de mouvement en lien avec les douleurs à l'épaule dominante. La section 4.4.4 illustre les valeurs de rotation interne et externe selon la normale des valeurs d'amplitude de mouvement à l'épaule.

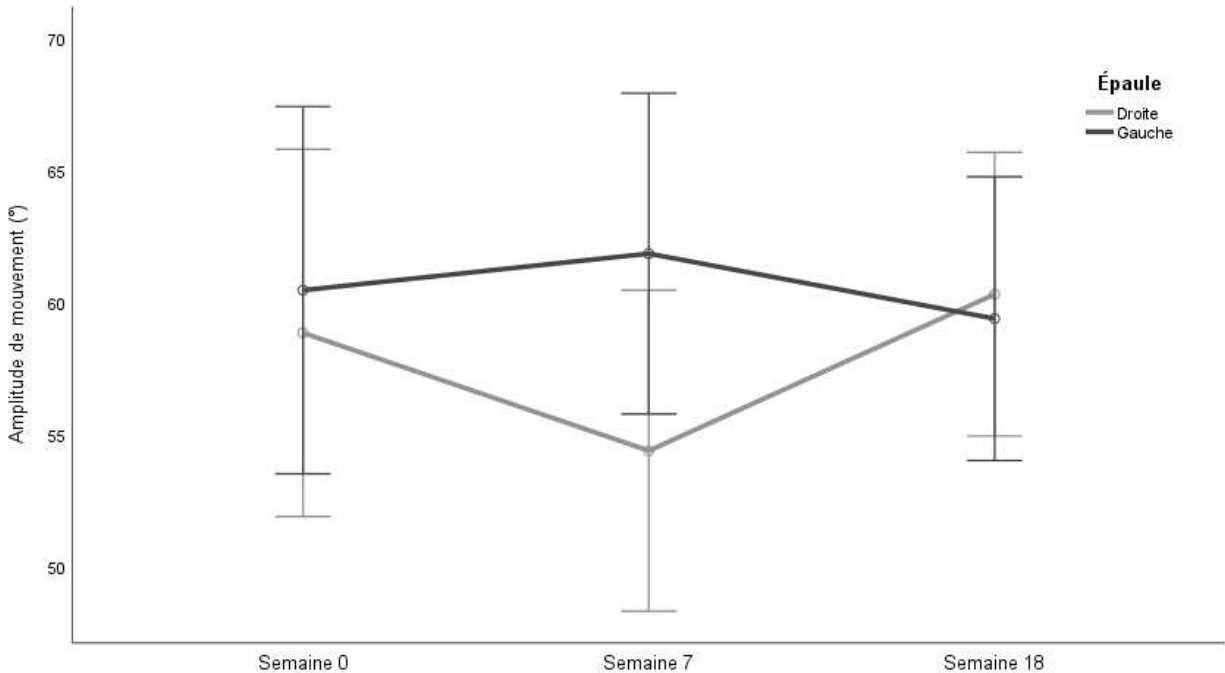
4.4.1 Rotation interne

4.4.1.1 Variation des deux épaules

Les valeurs d'amplitude de mouvement en rotation interne en degrés (°) pour les deux épaules ont été récoltés à trois reprises (semaine 0, semaine 7, semaine 18). La Figure 4.4 illustre les moyennes et les barres d'erreur (intervalle de confiance à 95 %) pour chaque prise d'amplitude de mouvement en rotation interne pour les deux épaules. Pour maintenir la clarté du graphique, les valeurs de l'amplitude de mouvement sur l'axe verticale ne commencent pas à 0°. Il n'y a pas de différence significative entre l'épaule gauche et l'épaule droite à la semaine 0 ($p=0,738$), ni à la semaine 7 ($p=0,086$), ni à la semaine 18 ($p=0,804$). Pour l'épaule droite (dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et

la semaine 7 ($p=0,110$), et entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,681$). Une tendance peut être observée entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,056$). Pour l'épaule gauche (non dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,611$), entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,412$), et entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,762$).

FIGURE 4.4 COMPARAISON DES AMPLITUDES DE MOUVEMENT EN ROTATION INTERNE DES DEUX ÉPAULES À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS

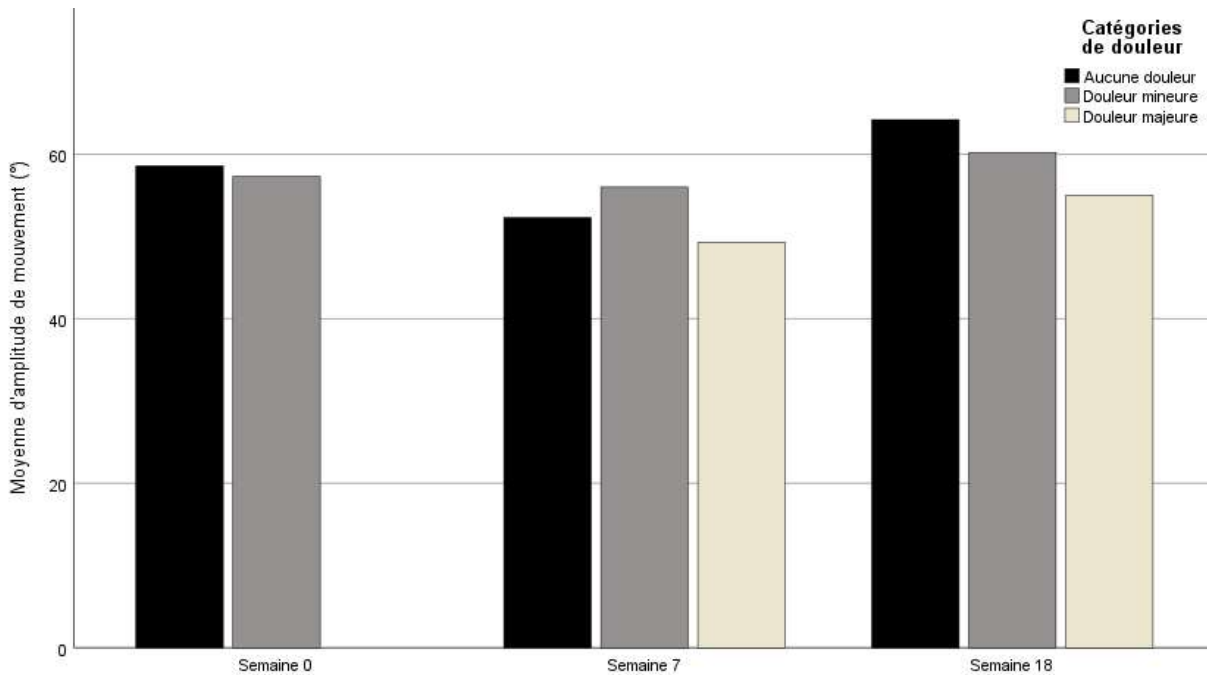


4.4.1.2 Douleurs et épaule dominante

Les données d'amplitude de mouvement en rotation interne recueillies à la semaine 0, à la semaine 7, et à la semaine 18 ont été comparées pour trois catégories de douleur: aucune douleur, douleur mineure, et douleur majeure. La Figure 4.5 présente les moyennes d'amplitude de mouvement en rotation interne de l'épaule dominante à trois périodes dans le temps pour les trois catégories de douleur. Pour maintenir la clarté du graphique, celui-ci est présenté sans intervalles de confiance. À la semaine 0, il n'y a aucune différence significative dans l'amplitude de mouvement en rotation interne des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,867$). À la semaine 7, il n'y a aucune différence significative dans l'amplitude de mouvement en rotation interne des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,718$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,773$). À la semaine 18, il n'y a aucune différence significative dans l'amplitude de mouvement en rotation interne

des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,540$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,242$).

FIGURE 4.5 MOYENNES D'AMPLITUDE DE MOUVEMENT EN ROTATION INTERNE DE L'ÉPAULE DOMINANTE PAR CATÉGORIE DE DOULEUR À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



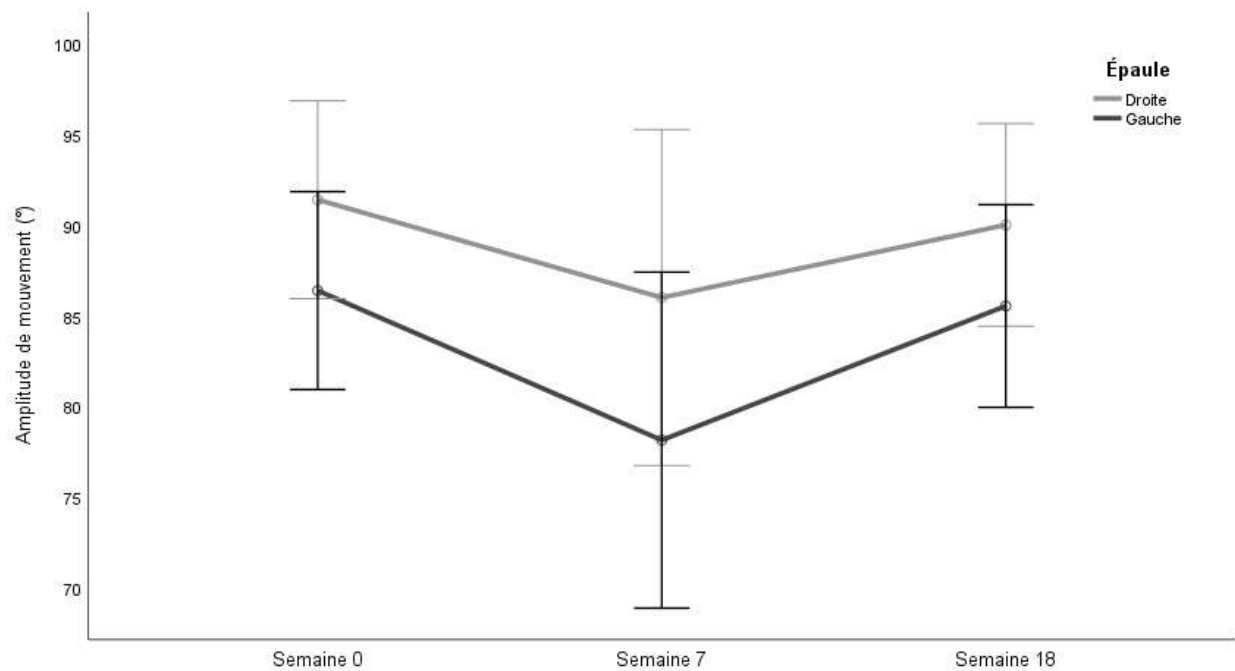
4.4.2 Rotation externe

4.4.2.1 Variation des deux épaules

Les valeurs d'amplitude de mouvement en rotation externe en degrés (°) pour les deux épaules ont été récoltés à trois reprises (semaine 0, semaine 7, semaine 18). La Figure 4.6 présente les moyennes et les barres d'erreur (intervalle de confiance à 95 %) pour chaque prise d'amplitude de mouvement en rotation externe à trois moments dans la saison. Pour maintenir la clarté du graphique, les valeurs de l'amplitude de mouvement sur l'axe verticale ne commencent pas à 0°. Il n'y a pas de différence significative entre l'épaule gauche et l'épaule droite à la semaine 0 ($p=0,193$), ni à la semaine 7 ($p=0,228$), ni à la semaine 18 ($p=0,255$). Pour l'épaule droite (dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,151$), entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,350$), et entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,644$). Pour l'épaule gauche (non dominante), il y a une différence significative entre la semaine 0

et la semaine 7 ($p=0,033$), mais aucune différence significative entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,091$), et entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,777$).

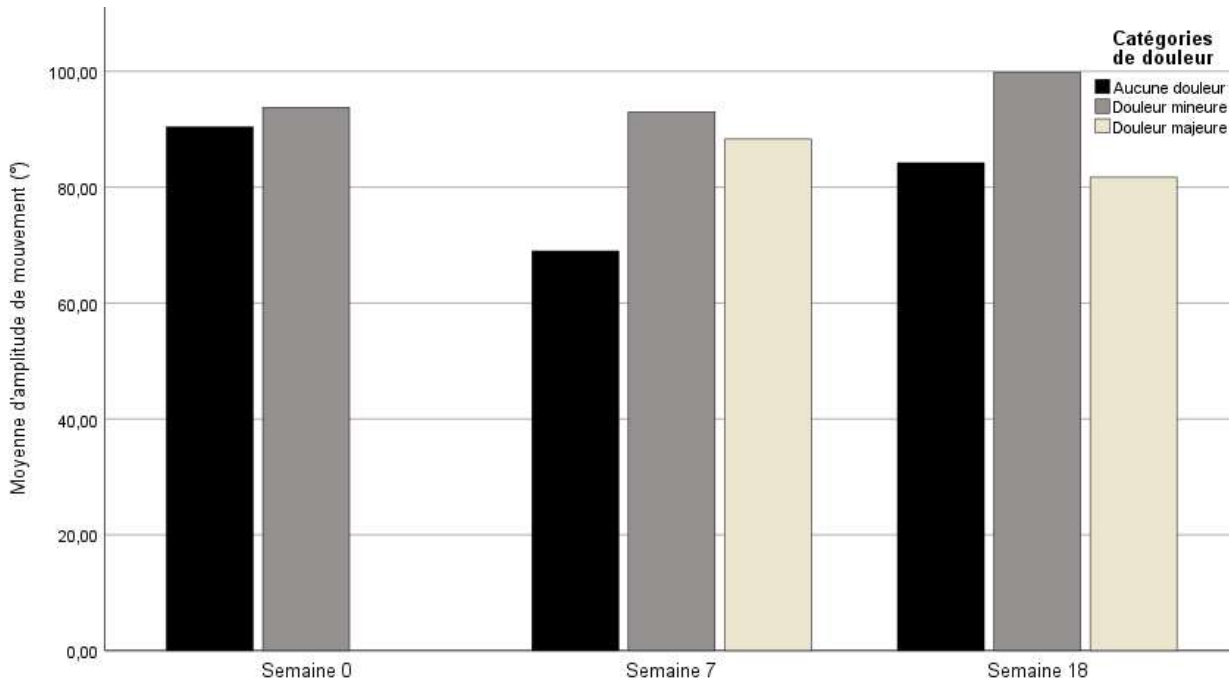
FIGURE 4.6 COMPARAISON DES AMPLITUDES DE MOUVEMENT EN ROTATION EXTERNE DES DEUX ÉPAULES À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



4.4.2.2 Douleurs et épaule dominante

Les données d'amplitude de mouvement en rotation externe recueillies à la semaine 0, à la semaine 7, et à la semaine 18 ont été comparées pour trois catégories de douleur : aucune douleur, douleur mineure, et douleur majeure. La Figure 4.7 présente les moyennes d'amplitude de mouvement en rotation externe de l'épaule dominante à trois périodes dans le temps pour les trois catégories de douleur. Pour maintenir la clarté du graphique, celui-ci est présenté sans intervalles de confiance. À la semaine 0, il n'y a aucune différence significative dans l'amplitude de mouvement en rotation externe des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,697$). À la semaine 7, une tendance peut être observée dans l'amplitude de mouvement en rotation externe des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,057$), mais aucune différence significative avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,116$). À la semaine 18, il y a une différence significative dans l'amplitude de mouvement en rotation externe des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,016$), mais aucune différence significative avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,585$).

FIGURE 4.7 MOYENNES D'AMPLITUDE DE MOUVEMENT EN ROTATION EXTERNE DE L'ÉPAULE DOMINANTE PAR CATÉGORIE DE DOULEUR À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS

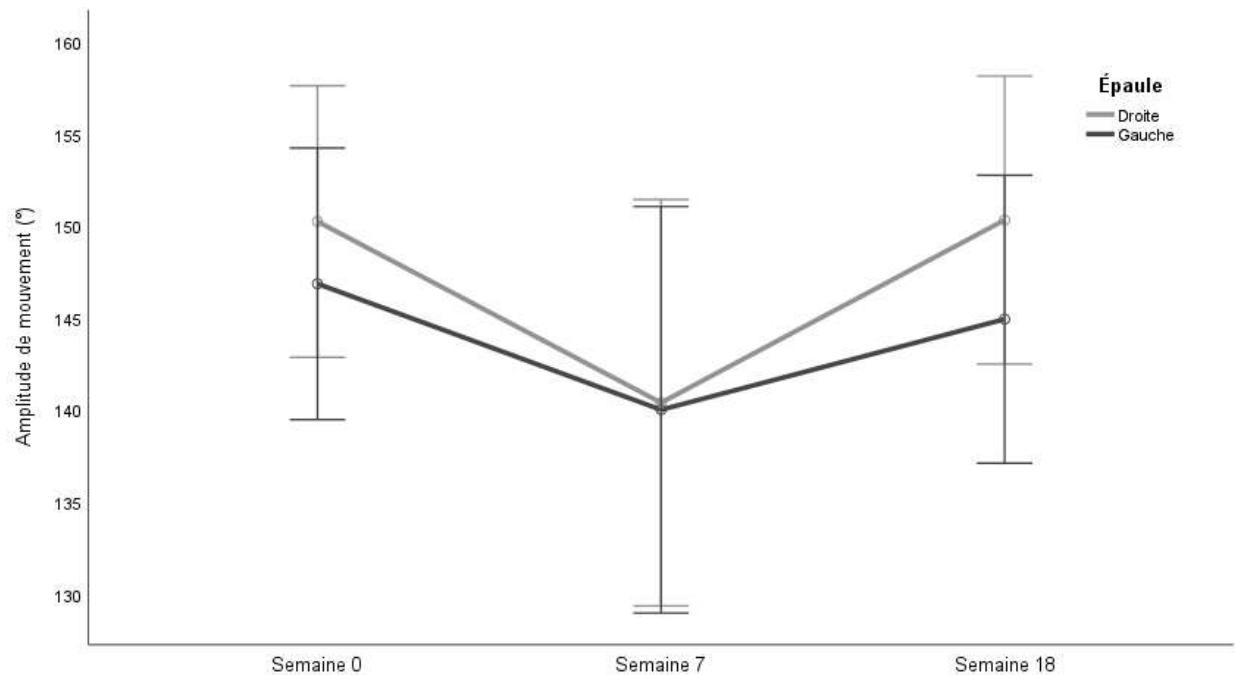


4.4.3 Amplitude de mouvement combinée

4.4.3.1 Variation des deux épaules

Les valeurs d'amplitude de mouvement en rotation externe en degrés (°) et les valeurs d'amplitude de mouvement en rotation interne en degrés (°) pour les deux épaules ont été additionnés pour avoir l'amplitude de rotation totale en degrés (°) à trois reprises (semaine 0, semaine 7, semaine 18). La Figure 4.8 présente les moyennes et les barres d'erreur (intervalle de confiance à 95 %) pour chaque amplitude de mouvement totale à trois moments dans la saison. Pour maintenir la clarté du graphique, les valeurs de l'amplitude de mouvement sur l'axe verticale ne commencent pas à 0°. Il n'y a pas de différence significative entre l'épaule gauche et l'épaule droite à la semaine 0 ($p=0,510$), ni à la semaine 7 ($p=0,960$), ni à la semaine 18 ($p=0,325$). Cependant, pour l'épaule droite (dominante), il y a une différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,037$), une tendance peut être observée entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,054$), et aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,985$). Pour l'épaule gauche (non dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,137$), entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,325$), et entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,636$).

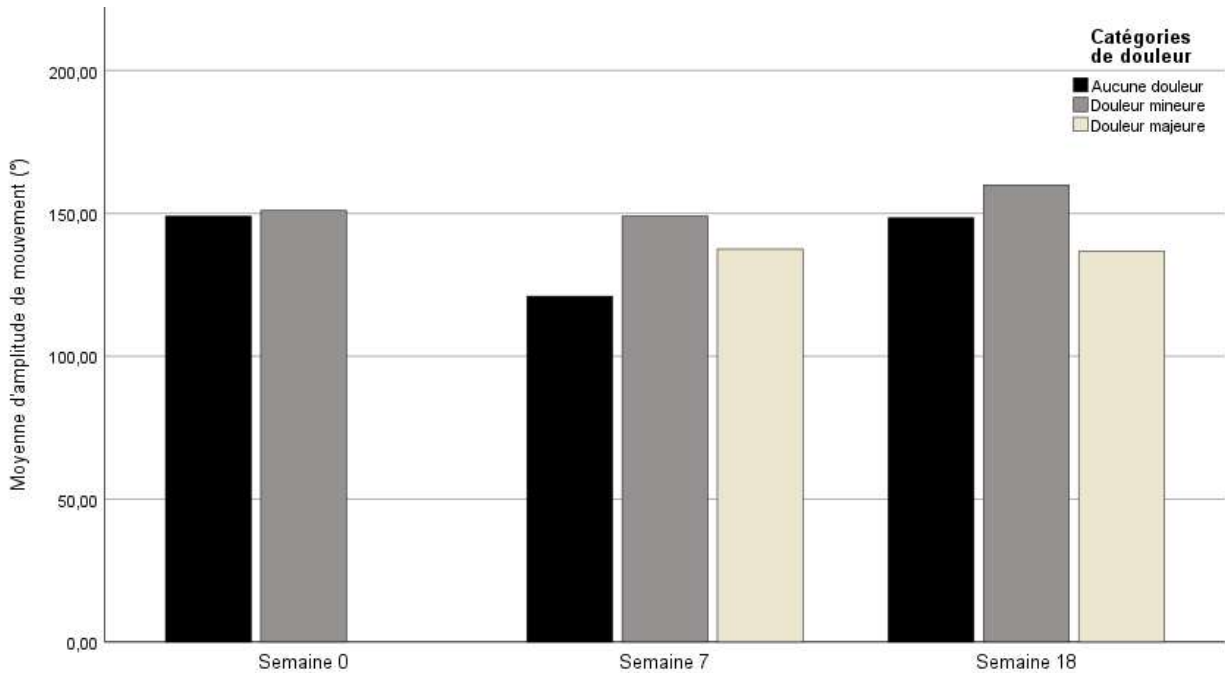
FIGURE 4.8 COMPARAISON DES AMPLITUDES DE MOUVEMENT COMBINÉE DES DEUX ÉPAULES À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



4.4.3.2 Douleurs et épaule dominante

Les données d'amplitude de mouvement combinées calculées pour la semaine 0, à la semaine 7, et à la semaine 18 ont été comparées pour trois catégories de douleur : aucune douleur, douleur mineure, et douleur majeure. La Figure 4.9 présente les moyennes d'amplitude de mouvement combinée de l'épaule dominante à trois périodes dans le temps pour les trois catégories de douleur. Pour maintenir la clarté du graphique, celui-ci est présenté sans intervalles de confiance. À la semaine 0, il n'y a aucune différence significative dans l'amplitude de mouvement combinée des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,837$). À la semaine 7, une tendance peut être observée dans l'amplitude de mouvement combinée des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,061$), mais aucune différence significative avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,227$). À la semaine 18, il y a une différence significative dans l'amplitude de mouvement combinée des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,033$), et avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,042$).

FIGURE 4.9 MOYENNES D'AMPLITUDE DE MOUVEMENT COMBINÉE DE L'ÉPAULE DOMINANTE PAR CATÉGORIE DE DOULEUR À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



4.4.4 Amplitude de mouvement normale

L'amplitude de mouvement normale de l'épaule en rotation interne et externe est citée dans la section 1.3. Trois catégories d'amplitude ont été créées en fonction de l'amplitude moyenne dans les deux rotations. Les données d'amplitude de mouvement en rotation interne ont aussi été catégorisées en trois niveaux : en bas de la moyenne (59° et moins), en haut de la moyenne (101° et plus), et dans la moyenne (60°-100°). Similairement, les données d'amplitude de mouvement en rotation externe ont été catégorisées en trois niveaux : en bas de la moyenne (79° et moins), en haut de la moyenne (91° et plus), et dans la moyenne (80°-90°). La Figure 4.10 illustre en pourcentages le nombre de participantes faisant partie de chacune des trois catégories pour la rotation interne et externe de l'épaule droite aux trois mesures dans le temps. La Figure 4.11 illustre en pourcentages le nombre de participantes faisant partie de chacune des trois catégories pour la rotation interne et externe de l'épaule gauche aux trois mesures dans le temps. À titre indicatif, la première mesure d'amplitude de mouvement en rotation interne prise est indiquée par RI1, la deuxième est RI2, et la troisième RI3. De même pour la rotation externe (RE1, RE2, RE3).

FIGURE 4.10 AMPLITUDE DE MOUVEMENT EN ROTATION INTERNE ET EXTERNE DE L'ÉPAULE DROITE CATÉGORISÉ SELON LES VALEURS NORMALES

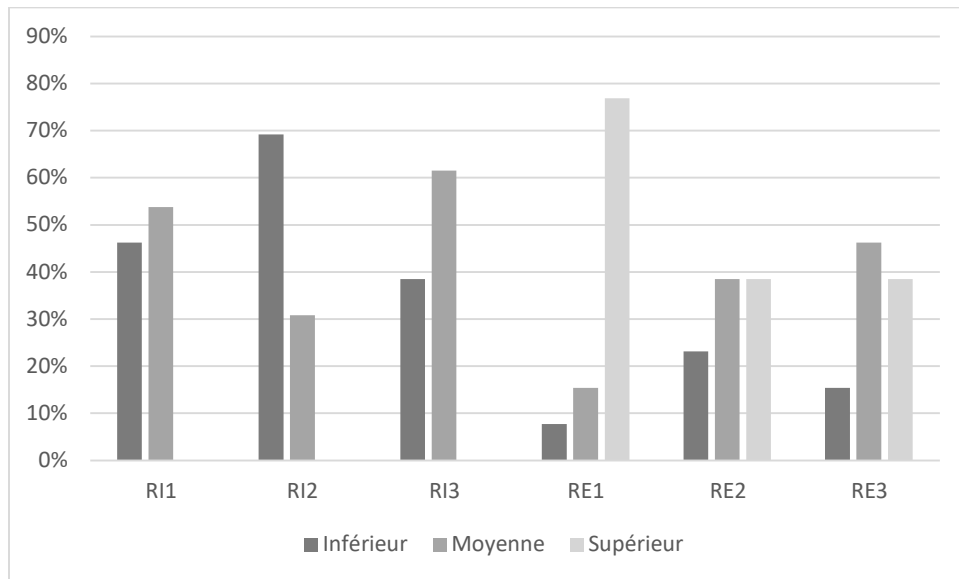
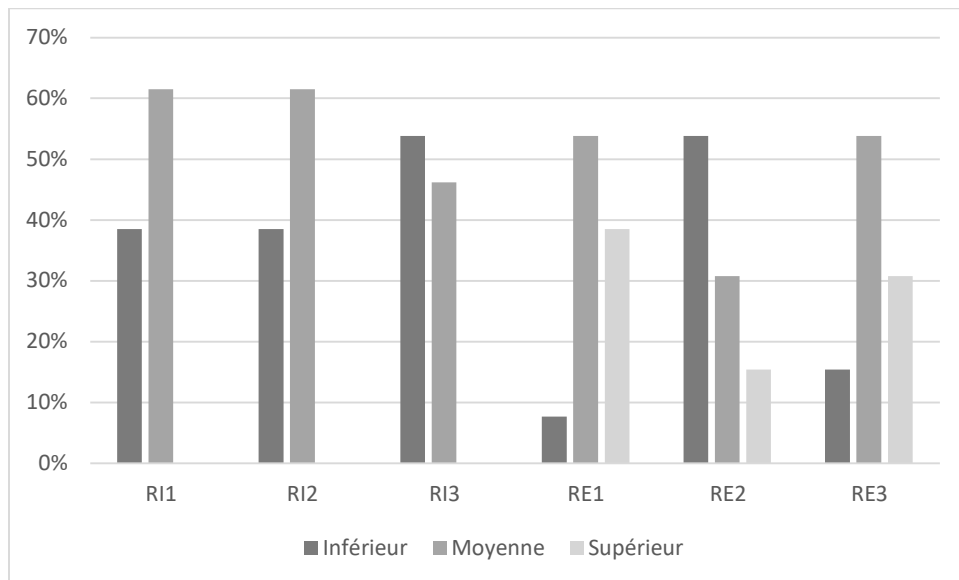


FIGURE 4.11 AMPLITUDE DE MOUVEMENT EN ROTATION INTERNE ET EXTERNE DE L'ÉPAULE GAUCHE CATÉGORISÉ SELON LES VALEURS NORMALES



4.5 Force isométrique

Les données de force isométrique ont été recueillies en Newton (N). Le moment de force à l'épaule a été calculé (voir section 3.3.2 de la méthodologie). L'analyse de la force a été séparé en rotation interne, rotation externe, et ratio RE/RI. Les sections 4.5.1.1, 4.5.2.1, et 4.5.3.1 illustrent la variation des épaules

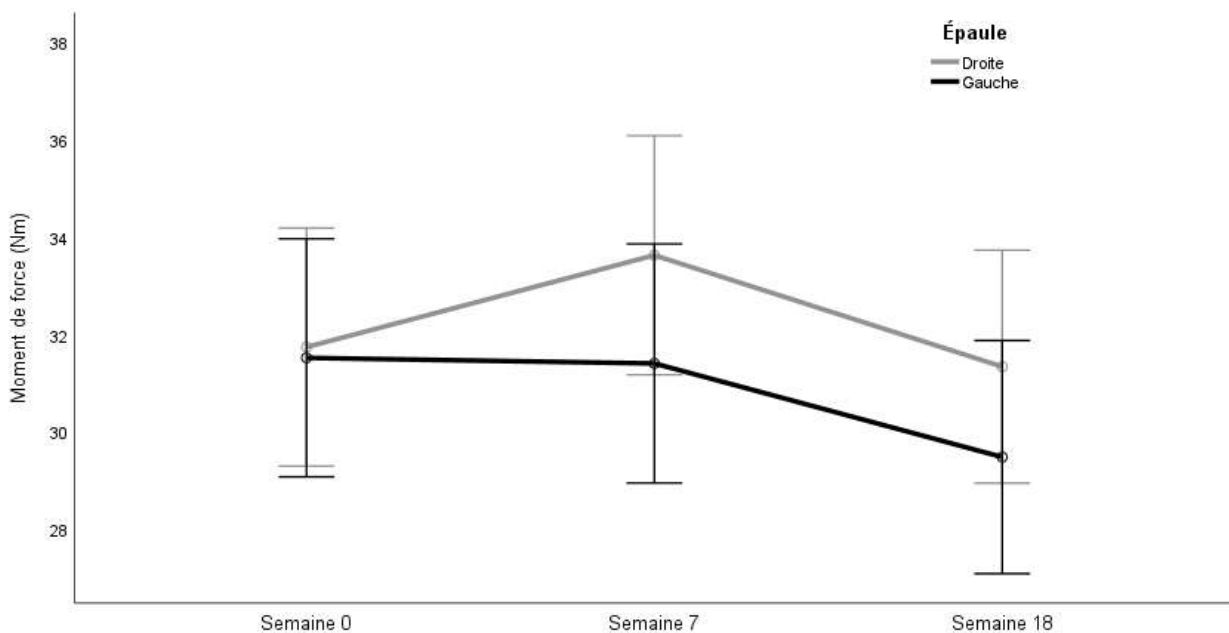
dominantes et non dominantes à travers la saison universitaire. Les sections 4.5.1.2, 4.5.2.2, et 4.5.3.2 illustrent la variation de la force en lien avec les douleurs à l'épaule dominante.

4.5.1 Moments de force en rotation interne

4.5.1.1 Variation des deux épaules

Les valeurs de moments de force (Nm) en rotation interne pour les deux épaules ont été récoltés à trois reprises (semaine 0, semaine 7, semaine 18). La Figure 4.12 présente les moyennes et les barres d'erreur (intervalle de confiance à 95 %) pour chaque prise de force en rotation interne à trois moments dans la saison. Pour maintenir la clarté du graphique, les valeurs de l'amplitude de mouvement sur l'axe verticale ne commencent pas à 0°. Il n'y a pas de différence significative entre l'épaule gauche et l'épaule droite à la semaine 0 ($p=0,896$), ni à la semaine 7 ($p=0,199$), ni à la semaine 18 ($p=0,269$). Pour l'épaule droite (dominante), il y a une différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,032$), et entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,027$), mais aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,715$). Pour l'épaule gauche (non dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,891$), une tendance peut être observée entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,059$), et aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,073$).

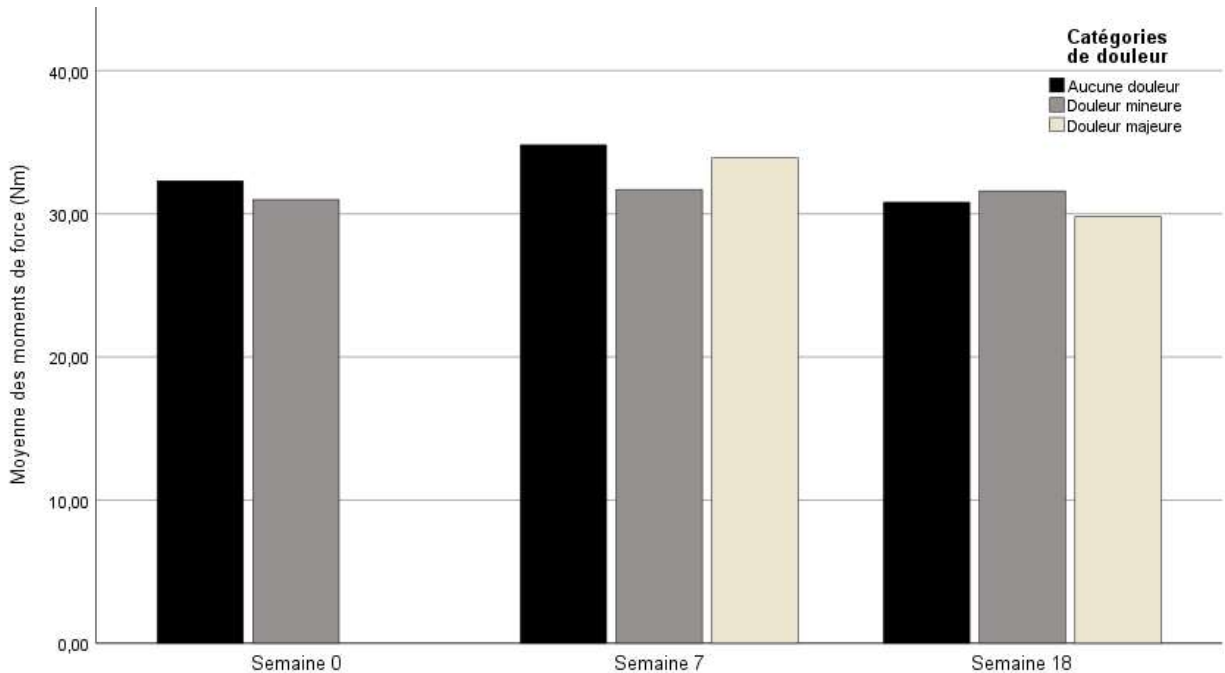
FIGURE 4.12 COMPARAISON DES MOMENTS DE FORCE EN ROTATION INTERNE DES DEUX ÉPAULES À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



4.5.1.2 Douleurs et épaule dominante

Les moments de force en rotation interne à la semaine 0, à la semaine 7, et à la semaine 18 ont été comparés pour trois catégories de douleur : aucune douleur, douleur mineure, et douleur majeure. La Figure 4.13 présente les moyennes des moments de force en rotation interne de l'épaule dominante à trois périodes dans le temps pour les trois catégories de douleur. Pour maintenir la clarté du graphique, celui-ci est présenté sans intervalles de confiance. À la semaine 0, il n'y a aucune différence significative dans le moment de force en rotation interne des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,555$). À la semaine 7, il n'y a aucune différence significative dans le moment de force en rotation interne des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,443$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,817$). À la semaine 18, il n'y a aucune différence significative dans l'amplitude de mouvement en rotation interne des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,892$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,894$).

FIGURE 4.13 MOYENNES DES MOMENTS DE FORCE EN ROTATION INTERNE DE L'ÉPAULE DOMINANTE PAR CATÉGORIE DE DOULEUR À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS

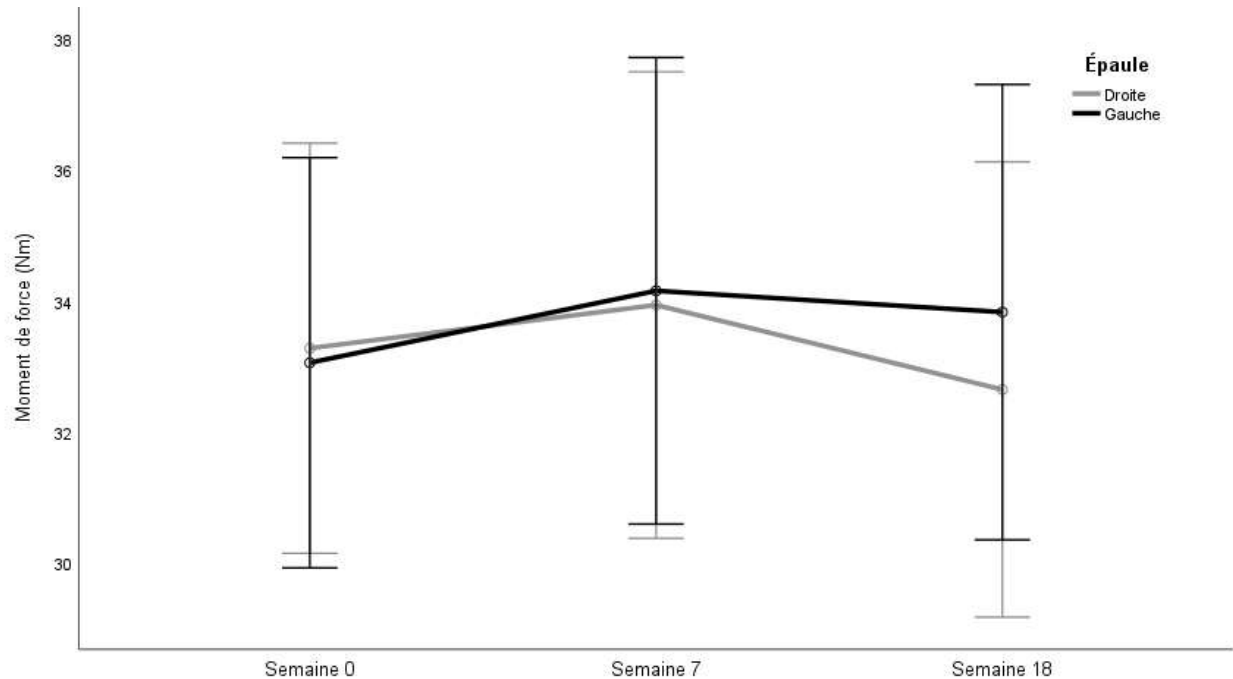


4.5.2 Moments de force en rotation externe

4.5.2.1 Variation des deux épaules

Les valeurs de moments de force (Nm) en rotation externe pour les deux épaules ont été récoltés à trois reprises (semaine 0, semaine 7, semaine 18). La Figure 4.14 présente les moyennes et les barres d'erreur (intervalle de confiance à 95 %) pour chaque prise de force en rotation externe à trois moments dans la saison. Pour maintenir la clarté du graphique, les valeurs de l'amplitude de mouvement sur l'axe verticale ne commencent pas à 0°. Il n'y a pas de différence significative entre l'épaule gauche et l'épaule droite à la semaine 0 ($p=0,918$), ni à la semaine 7 ($p=0,930$), ni à la semaine 18 ($p=0,624$). Pour l'épaule droite (dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,448$), entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,100$), et entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,497$). Pour l'épaule gauche (non dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,210$), entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,670$), et aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,407$).

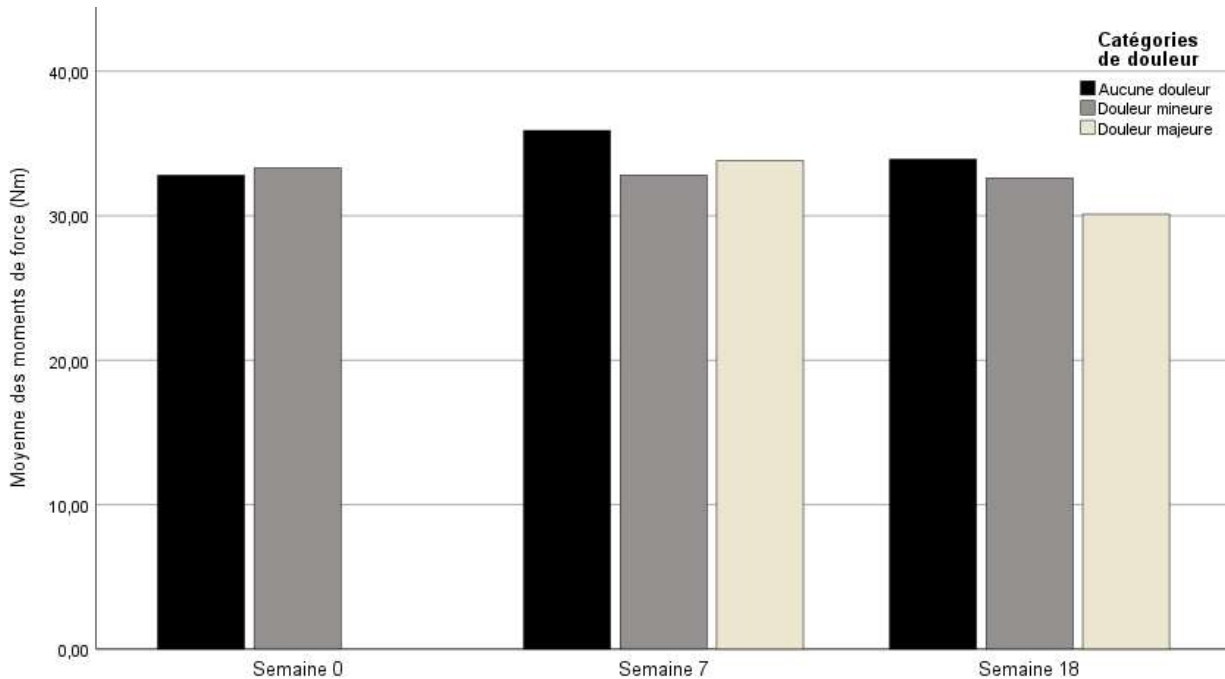
FIGURE 4.14 COMPARAISON DES MOMENTS DE FORCE EN ROTATION EXTERNE DES DEUX ÉPAULES À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



4.5.2.2 Douleurs et épaule dominante

Les moments de force en rotation externe à la semaine 0, à la semaine 7, et à la semaine 18 ont été comparés pour trois catégories de douleur : aucune douleur, douleur mineure, et douleur majeure. La Figure 4.15 présente les moyennes des moments de force en rotation externe de l'épaule dominante à trois périodes dans le temps pour les trois catégories de douleur. Pour maintenir la clarté du graphique, celui-ci est présenté sans intervalles de confiance. À la semaine 0, il n'y a aucune différence significative dans le moment de force en rotation externe des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,920$). À la semaine 7, il n'y a aucune différence significative dans le moment de force en rotation externe des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,692$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,800$). À la semaine 18, il n'y a aucune différence significative dans le moment de force en rotation externe des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,857$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,645$).

FIGURE 4.15 MOYENNES DES MOMENTS DE FORCE EN ROTATION EXTERNE DE L'ÉPAULE DOMINANTE PAR CATÉGORIE DE DOULEUR À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS

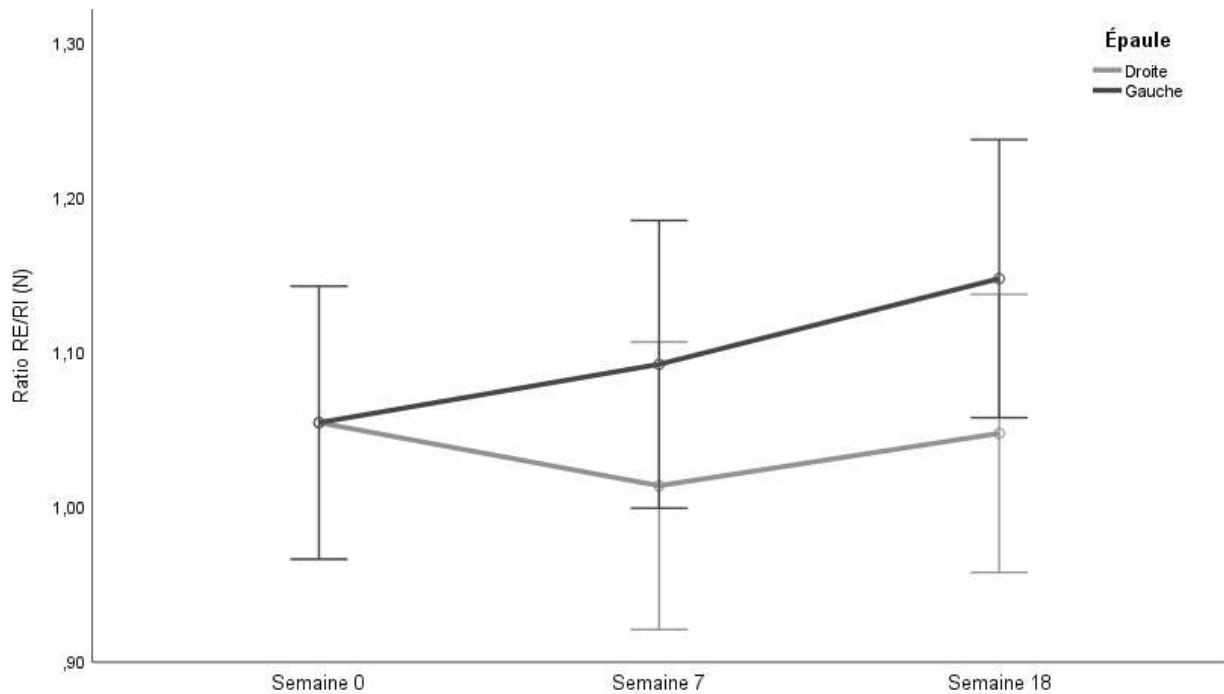


4.5.3 Ratio RE/RI

4.5.3.1 Variation des deux épaules

Le calcul du ratio de rotation externe sur rotation interne des valeurs de force (N) a été calculé pour les trois moments pendant la saison (semaine 0, semaine 7, semaine 18). La Figure 4.16 présente les moyennes et les barres d'erreur (intervalle de confiance à 95 %) pour chaque moment dans la saison. Pour maintenir la clarté du graphique, les valeurs de ratio RE/RI sur l'axe verticale ne commencent pas à 0 N. Les moyennes des ratios « RE/RI » de l'épaule droite sont $1,1 \pm 0,2$ N à la semaine 0, $1,0 \pm 0,2$ N à la semaine 7, et $1,1 \pm 0,2$ N à la semaine 18. Les moyennes des ratios « RE/RI » de l'épaule gauche sont $1,1 \pm 0,2$ N à la semaine 0, $1,1 \pm 0,2$ N à la semaine 7 et $1,2 \pm 0,2$ N à la semaine 18. Il n'y a pas de différence significative entre l'épaule gauche et l'épaule droite à la semaine 0 ($p=1,000$), ni à la semaine 7 ($p=0,230$), ni à la semaine 18 ($p=0,118$). Pour l'épaule droite (dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,237$), entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,407$), et entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,851$). Pour l'épaule gauche (non dominante), il n'y a aucune différence significative entre la semaine 0 et la semaine 7 ($p=0,274$), et entre la semaine 7 et la semaine 18 ($p=0,180$). Cependant, il y a une différence significative entre la semaine 0 et la semaine 18 ($p=0,017$).

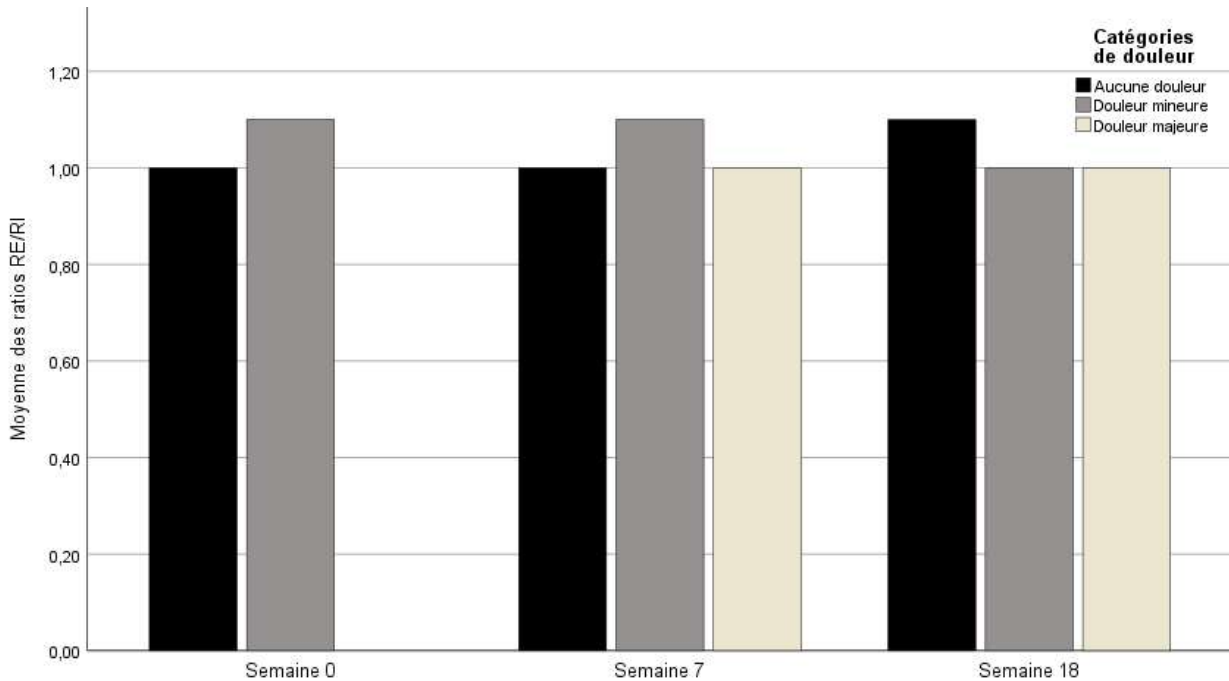
FIGURE 4.16 COMPARAISON DES RATIOS RE/RI DES DEUX ÉPAULES À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



4.5.3.2 Douleurs et épaule dominante

Le ratio RE/RI à la semaine 0, à la semaine 7, et à la semaine 18 ont été comparés pour trois catégories de douleur : aucune douleur, douleur mineure, et douleur majeure. La Figure 4.17 présente la moyenne des ratios RE/RI de l'épaule dominante à trois périodes dans le temps pour les trois catégories de douleur. Pour maintenir la clarté du graphique, celui-ci est présenté sans intervalles de confiance. À la semaine 0, il n'y a aucune différence significative dans le ratio RE/RI des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,512$). À la semaine 7, il n'y a aucune différence significative dans le ratio RE/RI des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,753$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,948$). À la semaine 18, il n'y a aucune différence significative dans le ratio RE/RI des participantes n'ayant aucune douleur avec celles ayant une douleur mineure ($p=0,576$) ni avec celles ayant une douleur majeure ($p=0,556$).

FIGURE 4.17 MOYENNES DES RATIOS RE/RI DE L'ÉPAULE DOMINANTE PAR CATÉGORIE DE DOULEUR À TROIS PÉRIODES DANS LE TEMPS



4.6 Suivi pour douleur majeur

Deux scores au-dessus de 68/100 sur le questionnaire OSTRC-H2 ont été reportés pour la même participante. À la semaine 8, un score de 84 a été reporté. À la semaine 15, un score de 92 a été reporté. Deux prises de données de force isométrique et d'amplitude de mouvement ont été récoltés durant ces semaines. Un test-t pour un échantillon unique a été fait pour comparer les données de l'athlète avec la moyenne des données de référence récoltés à la semaine 0.

4.6.1 Semaine 8 : Force et amplitude de mouvement

Les valeurs d'amplitude de mouvement récoltés pour cette athlète à la semaine 8 en rotation interne, externe, et combinée étaient : 45°, 80°, et 125° respectivement. Le Tableau 4.3 présente les différences entre la moyenne des valeurs de référence en amplitude de mouvement et force isométrique et celles de la semaine 8. Il y avait une différence significative entre la rotation interne (45°) à la semaine 8 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 58,9±12,4 degrés, $t(12) = 4,02$, $p=0,002$. Il y avait une différence significative entre la rotation externe (80°) à la semaine 8 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 91,4±11,6 degrés, $t(12) = 3,53$, $p=0,004$. Il y avait une différence significative entre l'amplitude de

mouvement combinée (125 °) à la semaine 8 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 150,2±13,9 degrés, $t(12) = 6,55$, $p<0,001$. Les valeurs de force isométrique récoltés pour cette athlète à la semaine 8 en rotation interne et externe étaient : 117N et 99N respectivement. Il y avait une différence significative entre la rotation interne (117N) à la semaine 8 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 92,7±10,5 N, $t(12) = -8,37$, $p<0,001$. Cependant, il n’y avait pas de différence significative entre la rotation externe (101N) à la semaine 8 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 96,9±12,7 N, $t(12) = -0,59$, $p=0,568$.

TABLEAU 4.3 SUIVI DE L’AMPLITUDE DE MOUVEMENT ET DE LA FORCE À LA SEMAINE 8 EN COMPARAISON AUX VALEURS « BASELINE »

	Valeurs à la semaine 8 (n=1)	Moyenne du groupe à la semaine 0 (n=13)	Test-t	Valeur p
Amplitude rotation interne	45 °	58,9±12,4 °	4,02	0,002
Amplitude rotation externe	80 °	91,4±11,6 °	3,53	0,004
Amplitude combinée	125 °	150,2±13,9 °	6,55	<0,001
Force rotation interne	117 N	92,7±10,5 N	-8,37	<0,001
Force rotation externe	99 N	96,9±12,7 N	-0,59	0,568

Moyenne±ÉT

4.6.2 Semaine 15 : Force et amplitude de mouvement

Les valeurs d’amplitude de mouvement récoltés pour cette athlète à la semaine 15 en rotation interne, externe, et combinée étaient : 20 °, 89 °, et 109 ° respectivement. Le Tableau 4.4 présente les différences entre la moyenne des valeurs de référence en amplitude de mouvement et force isométrique et celles de la semaine 15. Il y avait une différence significative entre la rotation interne (20 °) à la semaine 15 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 58,9±12,4 degrés, $t(12) = 11,28$, $p<0,001$. Cependant, il n’y avait pas de différence significative entre la rotation externe (89 °) à la semaine 15 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 91,4±11,6 degrés, $t(12) = 0,74$, $p=0,473$. Finalement, il y avait une différence significative entre l’amplitude de mouvement combinée (109 °) à la semaine 15 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 150,2±13,9 degrés, $t(12) = 10,71$, $p<0,001$. Les valeurs de force isométrique récoltés pour cette athlète à la semaine 15 en rotation interne et externe étaient : 97N et 89N respectivement. Il n’y avait pas de différence significative entre la rotation interne (97N) à la semaine 15 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 92,7±10,5 N, $t(12) = -1,48$, $p=0,164$. Cependant, il y avait une différence significative entre la rotation externe (89N) à la semaine 15 et la moyenne du groupe à la semaine 0 : 96,9±12,7 N, $t(12) = 2,24$, $p=0,045$.

TABLEAU 4.4 SUIVI DE L'AMPLITUDE DE MOUVEMENT ET DE LA FORCE À LA SEMAINE 15 EN COMPARAISON AUX VALEURS « BASELINE »

	Semaine 15 (n=1)	Moyenne du groupe à la semaine 0 (n=13)	Test-t	Valeur p
Amplitude rotation interne	20°	58,9±12,4°	11,28	<0,001
Amplitude rotation externe	89°	91,4±11,6°	0,74	0,473
Amplitude combinée	109°	150,2±13,9°	10,71	<0,001
Force rotation interne	97 N	92,7±10,5 N	-1,48	0,164
Force rotation externe	89 N	96,9±12,7 N	2,24	0,045

Moyenne±ÉT

CHAPITRE 5

DISCUSSION

La présente étude a permis d'utiliser le dynamomètre fixe *VALD ForceFrame* pour mesurer la force isométrique en rotation interne et externe de l'épaule chez des athlètes universitaires en volleyball. Les résultats indiquent qu'il n'existe pas de relation significative entre la force isométrique de l'épaule et le suivi hebdomadaire de la douleur. Toutefois, certaines tendances suggèrent une association entre la douleur et la diminution de l'amplitude de mouvement. Par ailleurs, des asymétries entre le membre dominant et non dominant ont été observées, bien qu'elles ne soient pas statistiquement significatives. Les conclusions de cette étude doivent être interprétées avec prudence, notamment en raison de la taille limitée de l'échantillon, qui constitue une contrainte méthodologique importante.

5.1 Portrait de la douleur à l'épaule d'athlètes universitaire féminin

Le questionnaire OSTRC-H2 utilisé pour répertorier la douleur a permis d'observer les variations de la douleur à l'épaule dominante lors d'une saison universitaire de volleyball. Le questionnaire a été utilisé puisqu'il respecte les recommandations de Bahr (2009) pour le suivi des blessures de surutilisation. La prévalence tient compte de toutes les blessures subies par l'athlète, et non uniquement de celles survenues durant une période précise. À l'aide de ce questionnaire, et à l'instar de Skazalski *et al.* (2024), nous avons observé une prévalence hebdomadaire de douleur durant une saison entière. Ces variations ont été marquées par des hausses et des baisses perceptibles à différents moments durant la saison. De la semaine 1 à la semaine 8, la prévalence dépassait 30%. Durant cette période, les athlètes participaient à 1 ou 2 matchs, ainsi qu'à 4 entraînements par semaine. Toutefois, durant la période de repos du congé des fêtes (semaines 9 à 13), la prévalence des douleurs a chuté, se situant entre 15% et 23%. Durant cette période, les athlètes ne disputaient aucun match et participaient à un maximum de deux entraînements par semaine. La baisse de douleurs peut s'expliquer par la diminution de l'utilisation de l'épaule dominante où le repos est une méthode fréquemment utilisée pour la réduction de la douleur à l'épaule. Puis, lors de la reprise des 4 entraînements et 1 à 2 matchs par semaine, la prévalence de douleur a augmenté au-dessus de 30%. La prévalence hebdomadaire moyenne sur l'ensemble de la saison était de 32,1 %. Cette valeur est plus élevée que celle rapportée par Skazalski *et al.* (2024) (19%), bien que les populations étudiées diffèrent considérablement (femmes universitaires vs hommes professionnels/NCAA Division I, respectivement), ce qui limite la comparabilité directe. Toutefois, bien que l'incidence de blessures à l'épaule ait été étudiée chez les femmes évoluant au niveau universitaire (Agel *et al.*, 2007), la prévalence

des blessures de surutilisation n'a jamais été documentée de la manière effectuée dans la présente étude. Une prévalence de 32,1% suggère qu'environ un tiers de l'équipe souffre potentiellement d'inconfort et d'un risque de blessures de surutilisation à l'épaule.

De plus, on observe que la majorité des athlètes ne présentaient aucune douleur à l'épaule dominante (voir Figure 4.1 et Tableau 4.4). En fait, seuls 6 % des douleurs ont été classées comme majeures, ce qui indique la majorité des douleurs ne limitait pas significativement la performance. En revanche, 26,1 % des athlètes ont ressenti des douleurs mineures pendant la saison universitaire. Les blessures de surutilisation demeurent difficiles à détecter, puisque la sévérité de blessure doit être mesurée par le niveau de fonction/participation de l'athlète et non par le temps d'absence au sport (Bahr, 2009). Les athlètes ayant été catégorisés comme ayant des « douleurs mineures » ont probablement des blessures de surutilisation à l'épaule dominante. C'est donc possible que leurs symptômes de blessure à l'épaule soient intermittents et apparaissent à différents moments dans la saison. Selon les scores recueillis à l'aide du questionnaire OSTRC-H2, certaines athlètes ont rapporté un score de douleur mineure à certaines semaines et aucun ne score à d'autres semaines. Cela suggère qu'il est possible que certaines athlètes aient des blessures de surutilisation, mais soient asymptomatiques (Lee *et al.*, 2020).

Une analyse plus fine a été menée en fonction des positions de jeu, afin d'examiner les différences potentielles dans l'apparition des douleurs à l'épaule. À chaque semaine pendant la saison universitaire, les scores du questionnaire OSTRC-H2 ont été séparés par position de jeu au volleyball. Bien qu'aucune différence significative n'ait été détectée, on observe des hausses de douleurs des attaquantes à la semaine 8, et 15. De plus, à partir de la semaine 13, les attaquantes ont souvent rapporté des scores de douleurs à l'épaule dominante. Durant les semaines 13 à 18, une période très compétitive de la saison avec plusieurs matchs et une course pour se qualifier pour les séries éliminatoires, pourrait expliquer un volume de frappe accru chez les attaquantes. Reeser, Fleisig, *et al.* (2010) confirment que l'épaule est plus à risque de blessure de surutilisation pour les attaquantes à cause de la fréquence et vitesse de frappe. Les résultats du questionnaire OSTRC-H2 permettent de formuler des suggestions. Il convient toutefois d'interpréter ces résultats à la lumière du contexte spécifique de l'étude. Les données ont été recueillies auprès d'une seule équipe universitaire féminine, ce qui limite la validité externe des résultats. Les charges d'entraînement, les stratégies de gestion des blessures, ainsi que l'organisation de la saison peuvent varier considérablement entre les programmes universitaires. Par conséquent, bien que les tendances observées soient cohérentes avec la littérature existante, leur généralisation à l'ensemble des joueuses de volleyball

universitaire ou à d'autres niveaux compétitifs doit être effectuée avec prudence. Cela étant dit, l'utilisation hebdomadaire du questionnaire OSTRC-H2 peut constituer un outil de dépistage/suivi pour les blessures de surutilisation à l'épaule. Le suivi à l'aide du questionnaire pourrait permettre aux thérapeutes du sport d'intervenir plus rapidement pour traiter les douleurs rapportées et prévenir leur récurrence. Ensuite, lorsqu'il y a présence de douleurs à l'épaule, il est recommandé d'ajuster les plans d'entraînement des préparateurs physiques, notamment en réduisant les mouvements de force excessive au-dessus de la tête ou en corrigeant les adaptations biomécaniques de l'épaule (Challoumas, Stavrou, *et al.*, 2017; Kugler *et al.*, 1996; Reeser, Fleisig, *et al.*, 2010) en favorisant plus de stabilité scapulaire. Des recommandations similaires pourraient être proposées aux entraîneurs de volleyball afin de réduire le nombre de mouvements d'attaque et de service lors des entraînements d'équipe (surtout pour les attaquantes), puisqu'ils sont reconnus comme des mouvements à risque pour les blessures de surutilisation (Reeser, Fleisig, *et al.*, 2010).

5.2 L'impact de la douleur sur l'amplitude de mouvement de l'épaule

Afin de mieux comprendre l'impact des douleurs à l'épaule sur l'amplitude de mouvement, nous avons comparé les valeurs, en degrés (°), mesurées de rotation interne, externe et combinée chez des athlètes féminines universitaires, selon la présence de la douleur. Les participantes ont été catégorisées selon leurs scores au questionnaire OSTRC-H2, complétés par les données issues du questionnaire d'historique de blessure. Une comparaison des valeurs d'amplitudes de mouvement par catégorie de douleur pour l'épaule dominante (droite) nous montre qu'il ne semble pas y avoir de relation significative entre ceux-ci. Les valeurs pour la rotation interne, externe et combinée demeurent similaires entre les différentes catégories de douleur. Il était attendu que les participantes souffrant de douleurs majeures présentent une diminution d'amplitude de mouvement comparativement à celles n'ayant aucune douleur, mais aucune relation significative n'a été observée. De plus, lorsque les valeurs d'amplitude de mouvement en rotation interne et externe ne sont pas séparées par catégorie de douleur, l'épaule droite démontre une variation non significative pour chaque mesure dans le temps. Les athlètes qui souffrent de blessures de surutilisation sont souvent très fonctionnels dans leur sport et maintiennent quand même une amplitude de mouvement normale (Clarsen *et al.*, 2013). Il est plus commun de voir des changements plus drastiques dans l'amplitude de mouvement lors de blessures aiguës à l'épaule (Monica *et al.*, 2016). Les blessures aiguës dans la présente étude étant exclues pour cibler les blessures de surutilisation au volleyball, le changement d'amplitude de mouvement n'était pas observable. Dans notre étude, les athlètes ayant une douleur majeure à l'épaule continuaient tout de même leur sport, malgré des fluctuations de douleur. Une

évaluation plus profonde lors de présence de douleur pourrait aider à déterminer plus concrètement s'il y avait ou non des variations dans l'amplitude de mouvement.

Il y avait des changements non significatifs dans l'amplitude de mouvement des participantes ayant des douleurs mineures avec celles n'ayant aucune douleur, mais inversées à nos attentes ; en rotation externe à la semaine 18, nous pouvons observer une plus grande amplitude chez les athlètes avec des douleurs mineures. Cette observation inattendue pourrait s'expliquer par des adaptations biomécaniques communément vu au volleyball (Challoumas, Artemiou, *et al.*, 2017; Forthomme *et al.*, 2013; Kugler *et al.*, 1996; Wang et Cochrane, 2001a, 2001b) ou à une variabilité interindividuelle importante. Cela suggère que la présence de douleur n'entraîne pas nécessairement une restriction fonctionnelle visible, et que d'autres mécanismes d'adaptation pourraient être en jeu. Après avoir analysé les réponses au questionnaire sur la douleur, toute personne ayant un score supérieur à 0 sur 100 est automatiquement classée comme souffrant de douleurs mineures (et potentiellement de douleurs majeures avec un score plus élevé). Cependant, certaines participantes ont un score très bas, et ne sentent aucune restriction à l'épaule due à leurs douleurs. Il est possible que certaines participantes classées comme ayant une douleur mineure ne présentent pas de restriction fonctionnelle associée. Elles auront donc une amplitude qui va être très similaire à leur donnée de référence ou un peu variable (à la hausse ou à la baisse) selon d'autres facteurs de leur quotidien. Bien que ces résultats ne révèlent pas de relation statistiquement significative entre la douleur et l'amplitude de mouvement à l'échelle du groupe, ils n'excluent pas la possibilité d'effets cliniquement pertinents chez certaines athlètes. Les blessures de surutilisation se manifestent souvent de façon graduelle et individuelle, ce qui peut limiter la détection de relations significatives dans des analyses groupées.

Finalement, il y avait des changements dans le temps pour les participantes n'ayant aucune douleur, malgré nos attentes de n'avoir aucun changement dans ces catégories. Il est important de noter que le questionnaire OSTRC-H2 permet une catégorisation dynamique des douleurs, ce qui entraîne un changement possible de catégorie pour une même athlète au fil des semaines. Ainsi, les variations d'effectifs dans chaque sous-groupe (aucune douleur, douleur mineure, douleur majeure) peuvent avoir influencé les moyennes hebdomadaires d'amplitude de mouvement, limitant la puissance statistique de l'analyse. Dans le but d'observer les changements d'amplitude de mouvement liée aux douleurs. Nous avons analysé les données d'une seule participante qui avait obtenu des résultats très élevés (84/100 à la semaine 8 et 92/100 à la semaine 15). Lorsqu'on compare ses données d'amplitude avec les valeurs de

référence du groupe, il y a une diminution significative en rotation interne, externe (seulement à la semaine 8), et combinée. Le test t pour un échantillon unique suppose une distribution normale des données. Or, avec notre petit échantillon ($n=13$), cette hypothèse est difficile à vérifier, ce qui limite la puissance statistique de ce test. Dans le contexte d'un environnement comme celui de notre étude, il peut être suggéré d'analyser l'amplitude de mouvement des athlètes qui rapportent un score très élevé. Ceci peut communiquer de l'information cruciale aux entraîneurs et préparateurs physiques sur la capacité de l'athlète à l'entraînement. Ces résultats soulignent la complexité de l'évaluation fonctionnelle des douleurs de surutilisation à l'épaule et suggèrent l'utilité d'un suivi individualisé pour optimiser la performance et la prévention.

5.3 L'impact de la douleur sur la force de l'épaule

Les moments de force en rotation interne et externe ont été analysés de la même manière que l'amplitude de mouvement pour mieux comprendre l'impact des douleurs à l'épaule sur la force. Une comparaison des valeurs de moment de force, en Newton mètre (Nm), par catégorie de douleur pour l'épaule dominante (droite) nous montre qu'il ne semble pas y avoir de relation significative entre ceux-ci. Les valeurs des moments de force en rotation interne et en rotation externe sont très similaires et ne varient pas beaucoup par catégorie de douleur. Il était attendu que les participantes souffrant de douleurs majeures présentent une diminution de force comparativement à celles n'ayant aucune douleur, mais aucune relation significative n'a été observée. Malgré la catégorisation dynamique des douleurs, et comme il est possible qu'une même athlète change de catégorie au fil des semaines, aucun changement des moments de force des participantes ayant des douleurs mineures avec celles n'ayant aucune douleur n'a été observé. En présence de douleur mineure, les blessures de surutilisation ne limitent pas nécessairement la force musculaire (Clarsen *et al.*, 2013). Cela rend difficile l'observation de variations significatives de la force isométrique de l'épaule dans un tel contexte. Pour ce qui est des variations des moments de force des participantes n'ayant aucune douleur, il est important de savoir que la catégorisation dynamique des douleurs explique les changements non significatifs à travers le temps.

Lorsqu'on observe les moyennes des moments de force en rotation interne pour l'épaule droite, il ne semble pas y avoir de lien avec la douleur ressentie. Toutefois, une augmentation significative a été observée pour les valeurs de référence à la semaine 7 suivie d'une diminution significative des valeurs de la semaine 7 à 18, mais aucune différence significative des valeurs de référence à la semaine 18. Puis, pour la rotation externe, il est possible de voir une tendance similaire, mais non significative. Avec une

prévalence de douleur hebdomadaire au-dessus de 30 % aux semaines 6, 7, et 8 (avant, pendant, et après la deuxième mesure de force), les attentes auraient été de voir une diminution de la force à la semaine 7. Cependant, l'augmentation de la force suggère que les douleurs à l'épaule n'ont pas de lien direct avec la force isométrique en rotation interne et externe.

Une analyse du ratio de rotation externe sur rotation interne ou RE/RI, mesuré en Newton (N), démontre qu'il n'y a pas non plus une différence significative lors de présence de douleur mineure ou majeure à l'épaule. Les attentes étaient d'observer une diminution du ratio à 0,75 ou moins lors de présence de douleur majeure à l'épaule. Cependant, peu importe la catégorie de douleur, le ratio RE/RI n'a jamais été plus bas que 1,00. Un ratio supérieur à 1,00 indique un bon équilibre musculaire entre les rotateurs internes et externes, ce qui est généralement associé à une meilleure stabilité de l'épaule et un risque moindre de blessure. Un ratio inférieur ou égal à 0,75 est un facteur de risque pour les blessures à l'épaule (Cools *et al.*, 2015). Ces résultats suggèrent que les participantes ne présentaient pas de profil à risque élevé de blessure à l'épaule. Cette impression est confirmée par les faibles scores de douleur observés, comme présentés à la section 4.3.1.

Finalement, comme pour l'amplitude de mouvement, une mesure supplémentaire de force a été analysée pour les scores de douleur très élevés d'une participante à la semaine 8 et 15. La comparaison des valeurs de force de cette participante avec la moyenne des valeurs de référence du groupe démontre encore que la douleur ne semble pas avoir un impact sur la force à l'épaule. Malgré les scores de douleur très haut, il y a eu une amélioration de la force lorsque la douleur était présente (rotation interne à la semaine 8 et 15, rotation externe à la semaine 8). La force de rotation externe à la semaine 15 semble significativement inférieure aux valeurs de référence, mais nous ne pouvons pas conclure que ceci est important à noter puisque la puissance statistique du test t à un échantillon unique est affectée par notre petit échantillon (n=13).

Ces résultats suggèrent que, dans un contexte de sport universitaire avec peu de douleurs rapportées, la force isométrique des épaules semble peu influencée par la douleur. Cela soulève une question importante sur la pertinence clinique de ces mesures. Est-il pertinent de mesurer la force isométrique de l'épaule chez des athlètes de volleyball au cours d'une saison ? Si l'objectif est de suivre l'évolution de la performance ou d'évaluer les gains de force, alors la mesure conserve tout son intérêt : notre étude montre que la force varie au fil de la saison. En revanche, si l'objectif est d'identifier ou de dépister des blessures à l'épaule à

partir de mesures de force, notre étude suggère que cette approche pourrait ne pas être efficace. Aucun lien clair n'a été observé entre la douleur et force isométrique dans ce groupe d'athlètes.

Malgré l'absence de relation significative entre la douleur à l'épaule et la force isométrique mesurée au cours de la saison, les résultats de la présente étude permettent de préciser le rôle potentiel du dynamomètre fixe dans un contexte de dépistage. Le dépistage des blessures de surutilisation ne vise pas nécessairement à identifier une blessure manifeste, mais plutôt à repérer des profils atypiques ou des changements individuels pouvant nécessiter une surveillance accrue. Dans cette optique, le dynamomètre fixe apparaît particulièrement pertinent pour établir des valeurs de référence individuelles en début de saison et pour assurer un suivi longitudinal de la force de l'épaule. Des variations marquées par rapport à la valeur propre d'une athlète, des asymétries croissantes entre le membre dominant et non dominant, ou une diminution de force non expliquée par la charge d'entraînement pourraient constituer des signaux d'alerte clinique, même en l'absence de douleur significative. Les résultats suggèrent ainsi que la force isométrique mesurée isolément ne permet pas de dépister efficacement les blessures de surutilisation à l'épaule, mais que son intégration à d'autres indicateurs, tels que le suivi de la douleur à l'aide du questionnaire OSTRC-H2 et la surveillance des charges d'entraînement, pourrait améliorer l'identification précoce des athlètes à risque. Dans un contexte universitaire où l'accès à des outils de mesure avancés est parfois limité, le dynamomètre fixe représente donc un outil complémentaire intéressant pour le suivi de la condition neuromusculaire de l'épaule et l'orientation des décisions cliniques et d'entraînement.

5.4 Asymétries en amplitude de mouvement : membre dominant sportif et non dominant

Les asymétries d'amplitude de mouvement entre le membre dominant sportif et non dominant sont très répandues au volleyball et connus en tant que phénomènes « GIRD » et « GERG » (Challoumas, Stavrou, *et al.*, 2017). Malgré des valeurs non significatives statistiquement, il est possible de voir la tendance de ces deux phénomènes dans les mesures d'amplitude de mouvement de notre étude. Il est important de noter que l'épaule droite était le membre dominant sportif pour toutes les participantes de notre étude. L'amplitude de mouvement en rotation interne est plus petite dans l'épaule droite que dans l'épaule gauche en début et en milieu de saison, mais devient légèrement supérieur en fin de la saison. Tandis que l'amplitude de mouvement en rotation externe est toujours plus grande pour l'épaule droite, peu importe le moment dans la saison. Il était attendu de pouvoir observer ces deux phénomènes, cependant, le petit nombre de participantes (n=13) pourrait être une raison pourquoi les résultats n'étaient pas significatifs. On s'attendait à ce que l'amplitude de mouvement combinée soit préservée malgré la présence des

phénomènes « GIRD » et « GERG » (Forthomme *et al.*, 2013; Lajtai *et al.*, 2009; Martelli *et al.*, 2013). En moyenne, l'amplitude de mouvement combinée de l'épaule droite et de l'épaule gauche était presque pareille avec moins de 5 degrés de différence des mesures faites dans la saison. Ceci nous confirme que l'amplitude de mouvement combinée a été préservée dans l'épaule droite malgré les asymétries en rotation interne et externe.

Les valeurs normales des amplitudes de mouvement en rotation interne et externe (Magee, 2008, p. 247) ont été utilisées pour observer si le groupe de participantes étaient inférieur à la normale, dans la moyenne, ou supérieur à la normale. En rotation interne, l'amplitude de l'épaule droite était plus souvent inférieure à la normale comparativement à l'épaule gauche. En rotation externe, un plus grand nombre de participantes présentaient une amplitude supérieure à la normale en comparaison à l'épaule gauche. Cela reflète à nouveau les adaptations typiques observées dans le volleyball, illustrant la présence des phénomènes « GIRD » et « GERG » dans les épaules dominantes des joueuses de volleyball.

La surveillance régulière de ces amplitudes de mouvement pourrait ainsi jouer un rôle important pour détecter des déséquilibres potentiellement problématiques et orienter des interventions spécifiques, comme des exercices de renforcement ciblés, ou des étirements de la capsule postérieure. Il est toutefois important de souligner que ces asymétries ne sont pas systématiquement néfastes. Elles peuvent aussi représenter des adaptations fonctionnelles à long terme favorisant la performance, tant qu'elles ne s'accompagnent pas de perte de contrôle neuromusculaire ou de douleur (Reinold *et al.*, 2008).

5.5 Asymétries en force : membre dominant sportif et non dominant

L'épaule droite semble généralement plus forte en rotation interne que l'épaule gauche. On s'attendait à observer une force en rotation interne au moins 10% plus élevée dans l'épaule droite. Cependant, les résultats n'étaient pas significatifs, il existe moins de 8% de différence. La tendance est pourtant présente. De plus, Hadzic *et al.* (2014) et Wang et Cochrane (2001b) suggèrent que, dû aux adaptations de l'épaule au volleyball, il est possible de voir cette asymétrie dans la force. Il est possible que la taille de l'échantillon ait limité la détection d'une différence plus marquée. Avec un plus grand nombre de participantes, nous pouvons assumer qu'il aurait été possible de noter une différence significative. En rotation externe, l'épaule droite est presque identique que l'épaule gauche, et légèrement inférieure à la semaine 18. Une asymétrie d'au moins 10% plus élevée dans l'épaule droite était aussi anticipée en rotation externe, puisque les adaptations de l'épaule dominante au sport donnent un avantage à l'épaule dominante

(Challoumas, Stavrou, *et al.*, 2017). La force isométrique, mesurée à angle fixe, ne nous a pas permis de détecter les variations en rotation externe.

En lien avec la rotation externe, le ratio RE/RI a été calculé. Celui-ci a été utilisé principalement pour déterminer si le groupe de participantes avait un ratio qui pouvait les mettre à risque de blessures à l'épaule. On s'attendait à un ratio plus faible dans l'épaule dominante, en raison d'une force présumée plus élevée en rotation interne. Cependant, nous n'avons observé aucune différence significative du ratio RE/RI entre l'épaule droite et la gauche durant la saison. La tendance que nous avons observée est un ratio RE/RI relativement stable pour l'épaule droite et une augmentation du ratio de l'épaule gauche à travers la saison. La différence entre les valeurs de référence et la semaine 18 sont significatives. Conséquemment, une augmentation de la force en rotation externe en comparaison à la rotation interne dans l'épaule gauche peut être observée. Un ratio RE/RI inférieur à 75 % est cité comme facteur de risque de blessure à l'épaule dans la littérature (Cools *et al.*, 2015). Bien que nos ratios soient supérieurs à ce seuil, leur stabilité dans l'épaule dominante et leur augmentation dans l'épaule non dominante pourraient refléter une adaptation fonctionnelle ou un déséquilibre croissant à surveiller. Il est possible de conclure que la rotation externe de l'épaule droite est légèrement plus faible que celle de l'épaule gauche. La force isocinétique démontre qu'il y a des faiblesses dans la contraction excentrique en rotation externe du membre dominant en comparaison avec le membre non dominant (Hadzic *et al.*, 2014; Wang et Cochrane, 2001a, 2001b). Même en l'absence de résultats statistiquement significatifs, les tendances observées en force isométriques rejoignent les conclusions obtenues par d'autres auteurs en force isocinétique. Pour observer des résultats plus concrets, il serait conseillé d'utiliser la force isocinétique pour essayer d'observer les asymétries en force de l'épaule. Dans un contexte de sport universitaire où l'accès à des mesures de force isocinétique n'est pas aussi facile que les outils pour mesurer la force isométrique, un dynamomètre fixe (ex. *VALD Forceframe*) peut ainsi servir non seulement au dépistage des asymétries, mais aussi comme outil de suivi longitudinal en contexte de retour au jeu.

Les tendances de la variation des forces sont très similaires pour les deux épaules. On observe que, lorsqu'il y a une augmentation (ou diminution) de la force à un temps dans la saison pour l'épaule droite, il y a la même tendance dans l'épaule gauche. On peut donc affirmer que, lors des tests de force, les participantes forçaient de la même manière avec les deux épaules. Cette information peut servir pour les préparateurs physiques, dans le sens où, lorsqu'ils voient une variation différente entre l'épaule gauche et droite, il est pertinent d'investiguer pour trouver la source de ces asymétries. Nous avons conclu, dans la section 5.3,

que les blessures de surutilisation ne semblent pas avoir un impact sur la force à l'épaule. Mais nous savons que les blessures aiguës peuvent avoir un impact sur la force, donc en contexte de réadaptation, l'utilisation du *VALD Forceframe* pour suivre la progression de la force à l'épaule serait une bonne idée. En somme, malgré l'absence de différences significatives entre les côtés, les tendances observées méritent d'être surveillées dans une perspective de prévention des blessures et d'optimisation de la performance.

5.6 Limites de l'étude

Le nombre limité de participantes représente une contrainte majeure de cette étude. Un calcul de puissance à l'aide de G*Power (ver.3.1.9.7) a indiqué un $n=34$ basé sur un effet de taille de 0,5 (bêta de 0,8 et un p de 0,05). Notre échantillon était composé des athlètes Citadins de l'UQAM. Donc, le nombre de joueuses officiellement permis par le *Réseau du Sport Étudiant au Québec* est de 14 (RSEQ, 2023), ainsi, le nombre de participantes disponibles correspondait au nombre de joueuses retenues par l'entraîneur-chef pour la saison 2024-2025. Une possibilité aurait été de recruter des participantes de volleyball universitaire d'autres équipes du RSEQ. Cependant, au volleyball universitaire division 1, la compétition entre les équipes pourrait causer un conflit pour les entraîneurs. Les tests ont été effectués dans le centre sportif à l'UQAM. Il est généralement mal vu, dans le milieu sportif, de se rendre dans les installations adverses pour effectuer des tests ou des séances de préparation physique en cours de saison. De plus, le fonctionnement de la préparation physique et des tests effectués tout le long d'une saison universitaire varie pour chaque université. Il est possible que les tests qui ont été effectués avec les Citadins de l'UQAM ne soient pas les mêmes ailleurs. Les autres équipes universitaires pourraient tirer avantage d'un accès aux informations sur la préparation physique de leurs adversaires. Dans ce contexte, il était plus sage d'utiliser les athlètes disponibles à la même université pour effectuer les tests. Le choix d'utiliser des athlètes d'une seule université limite la validité externe de cette étude. Étant donné que l'échantillon est constitué d'athlètes d'une seule équipe universitaire, la généralisation des résultats à l'ensemble des joueuses de volleyball universitaire, ou à d'autres niveaux compétitifs, demeure limitée.

Une autre limite méthodologique concerne l'absence d'aveuglement de l'examineur au statut de douleur des participantes lors des mesures d'amplitude de mouvement effectuées en cours de saison. Bien que l'examineur ait été aveugle aux catégories de douleur lors de la première évaluation, cette condition n'a pu être maintenue lors des mesures subséquentes en raison du suivi longitudinal et du contexte clinique de l'étude. Cette absence d'aveuglement pourrait avoir introduit un biais d'observation, notamment lors de l'interprétation de la fin de l'amplitude de mouvement active. Toutefois, l'utilisation

d'un protocole standardisé, de consignes uniformes et d'un instrument simple et validé visait à limiter l'impact potentiel de ce biais.

L'outil de mesure de force isométrique est aussi une limite pour cette étude. Bien que le choix soit justifié (section 3.4.2), nous savons que la force isocinétique est une mesure qui permet d'analyser beaucoup mieux les différences entre le membre dominant et non dominant, et est beaucoup plus utile pour observer des mesures de différents types de contraction (isométrique, concentrique, excentrique). De plus, le dynamomètre fixe (ex. *VALD Forceframe*) ne permet pas de tester la force dans d'autres positions que celle qui a été utilisée dans cette étude. Encore une fois, bien que le choix de position soit justifié (section 3.4.3), il est possible que d'autres résultats aient pu être observés dans une position plus représentative du service ou de l'attaque au volleyball. Cependant, la contraction musculaire dans cette position aurait possiblement mis un stress supplémentaire sur l'articulation gléno-humérale. Lors des mesures de force, des indications précises ont été données (section 3.3.2). Cependant, les tests sont effectués dans le contexte universitaire où les outils de mesures sont au même endroit où les athlètes s'entraînent. L'encouragement des pairs a été déconseillé, mais un impact aurait pu être noté avant l'arrêt de ceux-ci. En plus d'une motivation extrinsèque limitée, la contraction maximale volontaire repose sur la motivation intrinsèque des participantes. Cette variabilité liée à la motivation individuelle était difficile à contrôler dans un contexte d'évaluation en milieu d'entraînement.

5.7 Conflit d'intérêt

L'auteur de cette étude est thérapeute du sport agréé, ce qui implique une responsabilité particulière envers la santé et la sécurité des athlètes. Toutefois, pour la saison 2024-2025 de volleyball universitaire à l'UQAM, il n'était pas le thérapeute du sport attitré à l'équipe féminine. Un autre thérapeute du sport assumait ce rôle pendant les matchs et les entraînements. En tout temps, les athlètes présentant des douleurs à l'épaule ont été recommandées au thérapeute responsable de l'équipe. Aucun conseil clinique ni traitement n'a été offert par l'auteur aux participantes, afin d'éviter toute influence sur leur condition ou leur prise en charge médicale.

5.8 Conclusion

Cette étude met en évidence l'intérêt du dynamomètre fixe comme outil de suivi longitudinal et de surveillance des asymétries et des variations individuelles de force au cours d'une saison. Intégrée à un suivi systématique de la douleur, tel que le questionnaire OSTRC-H2, et à l'analyse des charges d'entraînement, la mesure de la force isométrique peut contribuer à une approche multimodale du dépistage, permettant une identification plus précoce des athlètes nécessitant une attention clinique particulière. Dans un contexte universitaire, où l'accessibilité, la simplicité et la reproductibilité des outils sont essentielles, le dynamomètre fixe représente ainsi un outil complémentaire pertinent pour soutenir la prévention des blessures et l'optimisation de la performance.

CHAPITRE 6

CONCLUSION

Les blessures de surutilisation à l'épaule représentent une problématique importante dans le volleyball universitaire féminin. Malgré leur fréquence, ces blessures sont encore difficilement quantifiables dans un cadre universitaire en raison du manque de suivi rigoureux et de l'utilisation limitée d'outils de mesure validés. La présente étude visait à vérifier l'hypothèse selon laquelle la présence de douleurs à l'épaule serait associée à une diminution de la force isométrique et de l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe, ainsi qu'à des asymétries plus marquées entre les membres dominants et non dominants. Les résultats obtenus n'ont pas confirmé ces hypothèses à l'échelle du groupe, suggérant que les douleurs de surutilisation peuvent être présentes sans altération mesurable de ces paramètres chez des athlètes demeurant fonctionnelles. La présente étude avait pour objectif principal d'évaluer l'effet des douleurs à l'épaule sur la force isométrique et l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe chez des joueuses de volleyball universitaire, ainsi que d'examiner les différences entre les membres dominants et non dominants. L'objectif secondaire consistait à tester la faisabilité et la pertinence d'utiliser des instruments de mesure dans un contexte réel, au sein d'une saison de 18 semaines. En combinant des mesures objectives de force et d'amplitude, et un suivi hebdomadaire des douleurs à l'aide du questionnaire OSTRC-H2, cette recherche a permis d'approfondir la compréhension de l'évolution de la condition physique de l'épaule en contexte réel de saison compétitive.

Nous avons conclu que l'utilisation du OSTRC-H2 pour le suivi des douleurs à l'épaule s'est révélée être une méthode simple, fiable et informative pour documenter la prévalence des blessures de surutilisation

à l'épaule. La classification des douleurs est représentative du niveau de fonction de l'athlète et permet de cibler les athlètes en besoin d'aide pour leur blessure. Malgré un échantillon limité ($n = 13$), les données obtenues ont permis d'observer une tendance cohérente avec le déroulement de la saison compétitive. Ce questionnaire permet de cibler les athlètes nécessitant une intervention, il est donc suggéré de l'intégrer dans le suivi régulier des joueuses dans le but de dépister les blessures de surutilisation et d'offrir de l'aide appropriée aux athlètes.

Les mesures répétées d'amplitude de mouvement à l'aide d'un goniomètre *Baseline* ont confirmé leur faisabilité auprès d'athlètes universitaires sans perturber les activités. Bien qu'aucune relation significative entre la douleur et l'amplitude n'ait été observée pour l'ensemble du groupe, un cas isolé a permis de suggérer une influence négative possible de la douleur sur la mobilité articulaire. Toutefois, la taille de l'échantillon ne permet pas de conclure qu'il y a une relation significative entre la douleur et l'amplitude de mouvement. Par ailleurs, les tendances observées appuient la présence des phénomènes *GIRD* et *GERG* et la conservation de l'amplitude combinée souvent décrits dans les épaules des athlètes de sports asymétriques. Des études avec un plus grand échantillon permettront de confirmer la réduction de l'amplitude de mouvement lors de présence de blessures de surutilisation. De plus, il serait pertinent d'inclure les blessures traumatiques ou aiguës pour comparer la fluctuation de l'amplitude de l'épaule pour ce genre de blessures en comparaison avec des blessures de surutilisation.

L'utilisation d'un dynamomètre fixe valide et fiable comme le *VALD Forceframe* a permis d'effectuer des mesures répétées dans un environnement sportif réel, tout en minimisant les contraintes logistiques associées aux outils de mesure isocinétiques. Cette méthodologie a également ouvert la voie à une meilleure compréhension de la relation entre la force isométrique et l'apparition ou l'aggravation de douleurs à l'épaule. Les résultats n'ont pas permis d'identifier un lien significatif entre les douleurs à l'épaule et la force isométrique, que ce soit à l'échelle du groupe ou dans des cas isolés. Ainsi, les blessures de surutilisation qui comporte des douleurs, même modérées ou sévères, ne semblent pas limiter la force de l'épaule de manière significative. Le ratio RE/RI élevé indique que les participantes ne présentaient pas de déséquilibre musculaire préoccupant les mettant à risque de blessure à l'épaule. En revanche, la taille de l'échantillon a limité la détection d'asymétries fonctionnelles attendues. Les asymétries de force et de mobilité entre les membres dominants et non dominants représentent toutefois une avenue de recherche particulièrement pertinente en volleyball, compte tenu du caractère hautement asymétrique de ce sport. Des études futures devraient s'intéresser davantage à l'évolution longitudinale de ces asymétries et à leur

relation avec la charge d'entraînement et l'apparition de douleurs, plutôt qu'aux valeurs absolues de force ou d'amplitude seules. Des recherches futures avec davantage de participantes pourraient confirmer les adaptations fonctionnelles attendues et mieux définir le rôle de la force isométrique dans la détection des blessures. L'utilisation d'un dynamomètre fixe pourrait également être exploré pour suivre l'évolution de la force après une blessure traumatique. Du point de vue de la performance, l'évolution de la force à travers une saison peut être mesurée en utilisant cet outil.

En somme, cette étude contribue à documenter les adaptations musculosquelettiques de l'épaule chez les athlètes de volleyball universitaire et à mieux cerner les enjeux liés aux blessures de surutilisation. Elle met en lumière la pertinence d'intégrer des outils simples, accessibles et validés dans la routine d'évaluation des athlètes. Ces outils peuvent non seulement guider les interventions cliniques et préventives, mais également soutenir une approche individualisée du suivi de la santé de l'épaule en contexte sportif. Des études futures avec un échantillon plus large, incluant plusieurs équipes universitaires ou un suivi sur plusieurs saisons, permettraient d'augmenter la puissance statistique des analyses et de mieux identifier les profils d'athlètes à risque de développer des blessures de surutilisation à l'épaule.

ANNEXE A

Questionnaire sur l'historique de blessure

Veillez répondre à toutes les questions du mieux de vos connaissances.

Section 1 : Expérience volleyball

- 1) Quelle est votre âge ? (*nombre d'années*)
- 2) Quelle est votre sexe ? (*courte réponse*)
- 3) Combien d'années d'expérience en tant que joueuse au volleyball avez-vous? (*nombre d'années*)
- 4) Quelle est votre position de jeu au volleyball ? Si vous en avez plusieurs, nommez en ordre de celle la plus fréquemment joué. (*courte réponse*)
- 5) Quelle est votre épaule dominante au volleyball? (*choix de réponse*)
 - a. Épaule droite
 - b. Épaule gauche

Section 2 : Blessures à l'épaule

- 1) Avez-vous présentement une blessure ou des douleurs à l'épaule ? (*oui/non*)
 - a. Si oui, laquelle (*dominante, non dominante, les deux*)
- 2) Estimez le nombre de blessures à l'épaule que vous avez subies dans le passé
 - a. Dominante (*nombre*)
 - b. Non dominante (*nombre*)
- 3) À quand date la blessure la plus récente ? (*nombre d'années*)
- 4) Quel type de blessures avez-vous subi dans le passé ?

Choix de réponses : (*une ou plusieurs*)

 - a. Tendinite
 - b. Bursite
 - c. Subluxation/dislocation
 - d. Entorse
 - e. Déchirure musculaire
 - f. Autre

g. Aucune de ces réponses

5) Avez-vous déjà eu une chirurgie à l'épaule (dominante ou non dominante) ? (*oui/non*)

6) Avez-vous dû arrêter le volleyball en lien à une blessure à l'épaule ? (*oui/non*)

a. Si oui, environ combien de temps ? (*nombre*)

b. Si non (ou moins d'une semaine), est-ce que, selon vous, vos performances au volleyball ont été affectés par cette blessure ? (*oui/non*)

ANNEXE B
Version Française du OSTRC-H2

Le questionnaire du Centre de Recherche des Traumas Sportifs d'Oslo sur les problèmes de santé
(OSTRC-H2)("French Version of the OSTRC-H2,")

Veillez répondre à toutes les questions, que vous ayez souffert ou non de problèmes de santé durant les 7 derniers jours. Sélectionnez la réponse la plus appropriée pour vous et, en cas d'incertitude, essayez de répondre de la manière la plus juste possible.

Un problème de santé est un état que vous considérez comme un écart par rapport à votre état de santé habituel, quels que soient le besoin d'assistance médicale ou ses conséquences sur votre pratique sportive. Cela peut inclure, entre autres, des blessures, maladies ou problèmes psychologiques.

Si vous avez plusieurs problèmes de santé, veuillez commencer par enregistrer celui qui a été le plus important au cours des 7 derniers jours. Vous aurez la possibilité d'enregistrer vos autres problèmes à la fin du questionnaire.

Question 1. Participation

Avez-vous éprouvé des difficultés quelconques à participer à un entraînement normal ou une compétition à cause d'une blessure, une maladie ou un autre problème de santé durant les 7 derniers jours ?

- a. Participation complète sans aucun problème de santé
- b. Participation complète mais avec des problèmes de santé
- c. Participation réduite à cause de problèmes de santé
- d. Incapable de participer à cause de problèmes de santé

Question 2. Modification de l'entraînement/la compétition

À quel point avez-vous réduit votre entraînement ou compétition à cause d'une blessure, une maladie ou un autre problème de santé durant les 7 derniers jours ?

- a. Aucune réduction
- b. Réduction légère
- c. Réduction modérée
- d. Réduction considérable

Question 3. Performance

À quel point votre blessure, maladie ou autre problème de santé a-t-il affecté votre performance durant les 7 derniers jours ?

- a. Aucun effet
- b. Légèrement
- c. Modérément
- d. Considérablement

Question 4. Symptômes

À quel point avez-vous ressenti des symptômes ou exprimé des plaintes/douleurs durant ces 7 derniers jours ?

- a. Aucun symptôme/problème de santé
- b. Légèrement
- c. Modérément
- d. Sévèrement

ANNEXE C

Formulaire de consentement



FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de projet de recherche

Blessures à l'épaule chez des athlètes de volleyball féminin universitaire : effet sur la force isométrique et l'amplitude de mouvement

Étudiant-chercheur

Karl Falardeau, Maîtrise en sciences de l'activité physique (1799), falardeau.karl@courrier.uqam.ca, (514) 458-5019

Direction de recherche

Alain Steve Comtois, Département des sciences de l'activité physique, comtois.alain-steve@uqam.ca, (514) 987-3000 poste 1506

Approbation Éthique

Le présent projet de recherche a été donné l'approbation éthique par le Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants impliquant des êtres humains (CERPÉ PLURI). No. de certificat : 2025-7197.

Préambule

Nous vous invitons à participer à un projet de recherche qui implique des tests de force et d'amplitude de mouvement de l'épaule à 3 reprises, ainsi qu'un questionnaire hebdomadaire sur la douleur. Avant d'accepter de participer à ce projet de recherche, veuillez prendre le temps de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin.

Le présent formulaire de consentement peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Vous pouvez nous poser toutes les questions que vous jugez nécessaires.

Description du projet et de ses objectifs

Les blessures dans les sports universitaires sont très communes. Il est possible de voir qu'au volleyball, les mouvements répétitifs sont la cause de blessures chroniques à la coiffe des rotateurs. Cependant, certains athlètes de volleyball sont asymptomatiques malgré le fait qu'une pathologie a été détectée lors d'imagerie (résonance magnétique) à l'épaule. La faiblesse musculaire de la coiffe des rotateurs a été identifiée comme facteur de risque pour des blessures à l'épaule. Lors d'une saison de volleyball universitaire, les athlètes font plusieurs tests pour garder un suivi de leur état physique. Les blessures à l'épaule étant très répandues dans le sport, il serait pertinent de surveiller la force musculaire de la coiffe des rotateurs pour voir le lien avec les blessures à l'épaule.

Ce projet débutera dans la semaine avant le premier match de saison régulière de volleyball et sera terminé après la dernière prise de données à la fin de la saison de volleyball (incluant la post-saison s'il y a lieu).

Le nombre de participantes dans ce projet est l'entièreté de l'équipe de volleyball des Citadins de l'UQAM (environ 12-17 joueuses).

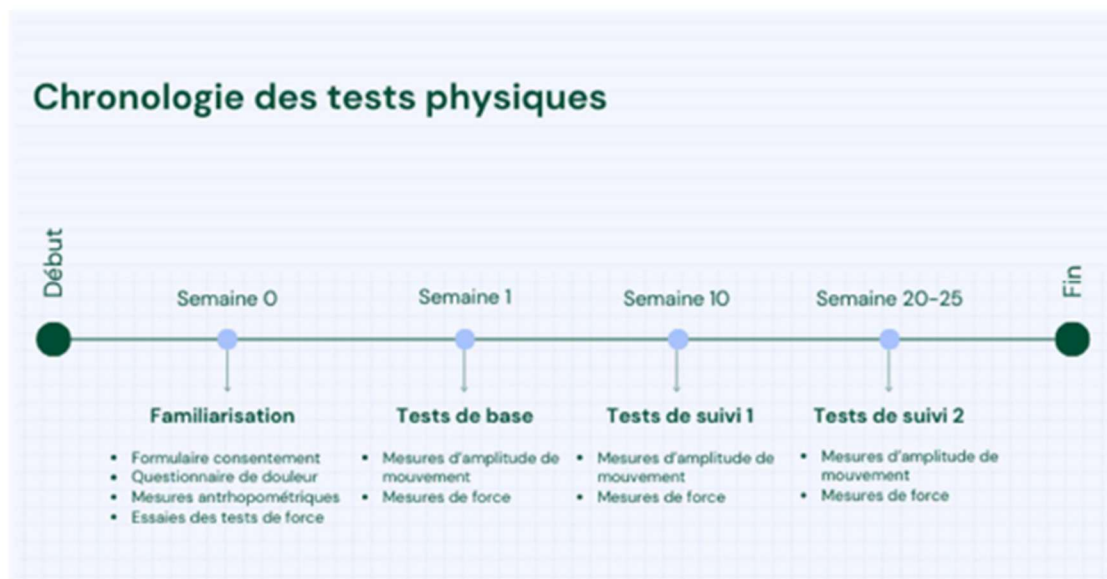
La population qui sera étudiée dans ce projet sont des athlètes de volleyball féminin universitaire.

La littérature suggère qu'une diminution de force de la coiffe des rotateurs devrait être vue lorsqu'il y a présence de pathologie. Il serait donc possible de voir une relation négative et significative de la force de la coiffe des rotateurs en relation avec l'incidence de blessures à l'épaule. La présence de douleur devrait être vue majoritairement avec la présence de pathologie. Cependant, ce serait possible de voir une diminution de force des rotateurs de coiffe si de la douleur est présente même lorsqu'il n'y a aucune pathologie de présente. De plus, la force isométrique est plus accessible en coût et prends moins de temps à faire. C'est donc la meilleure option pour ce genre de test physique pendant une saison universitaire.

Nature et durée de votre participation

Dans ce projet, il y aura 4 visites pour la prise de données, ainsi qu'un questionnaire hebdomadaire qui sera distribué à chaque lundi de la semaine. Les visites seront dans la salle d'entraînement des Citadins de l'UQAM au Centre sportif de l'UQAM. La première visite consiste à signer ce formulaire de consentement, de prendre des mesures anthropométriques, et de se familiariser avec la machine de force isométrique. Ensuite, il y aura 3 autres visites pour mesurer l'amplitude de mouvement de l'épaule et la force isométrique. Ces visites seront avant le premier match, dans la pause du mois de décembre et à la fin de la

saison de volleyball. Le questionnaire sur la douleur à l'épaule sera récolté toutes les semaines après la première séance de tests jusqu'à la dernière séance de tests. L'amplitude de mouvement de l'épaule sera mesurée avec un goniomètre couché sur le dos avec l'épaule et le coude à 90°. Les tests de force isométrique seront faits avec l'épaule à 90°, le coude à 90°, couché sur le dos. Les participants devront faire 3 contractions maximales de 5 secondes en rotation interne et externe de l'épaule en alternance. Voici un schéma de la chronologie des tests physiques :



Avantages liés à la participation

Vous ne retirerez personnellement pas d'avantages à participer à cette étude. Toutefois, vous aurez contribué à l'avancement de la science.

Risques liés à la participation

En principe, aucun risque et avantage ne sont liés à la participation à cette recherche

Confidentialité

Vos informations personnelles ne seront connues que des chercheurs et ne seront pas dévoilées lors de la diffusion des résultats. **Si vous subissez une blessure à l'épaule traumatique lors de la saison universitaire, vous serez exclue pour le reste de la collecte. En revanche, les données utilisées avant la blessure seront utilisées.** Les données de force et d'amplitude, ainsi que les réponses au questionnaire seront numérotées et seuls les chercheurs auront la liste des participants et du numéro qui leur aura été attribué. Les données seront conservées dans un ordinateur codé prévu à cet effet durant la durée de l'étude. L'ensemble des documents sera détruit 3 ans après la dernière communication scientifique.

Utilisation secondaire des données

Acceptez-vous que les données de recherche soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche dans le même domaine ?

Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par un Comité d'éthique de la recherche de l'UQAM avant leur réalisation. Les données de recherche seront conservées de façon sécuritaire. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des données de recherche, vous ne serez identifié que par un numéro de code.

Acceptez-vous que les données de recherche soient utilisées dans le futur par d'autres chercheurs à ces conditions ?

☐ Oui ☐ Non

Participation volontaire et retrait

Votre participation est entièrement libre et volontaire. Vous pouvez refuser d'y participer ou vous retirer en tout temps sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de vous retirer de l'étude, vous n'avez qu'à aviser Karl Falardeau verbalement ; toutes les données vous concernant seront détruites.

Indemnité compensatoire

Aucune indemnité compensatoire n'est prévue.

Des questions sur le projet ?

Pour toute question additionnelle sur le projet et sur votre participation, vous pouvez communiquer avec les responsables du projet: Alain Steve Comtois, Département des sciences de l'activité physique, comtois.alain-steve@uqam.ca, (514) 987-3000 poste 1506 ; Karl Falardeau, Maîtrise en sciences de l'activité physique (1799), falardeau.karl@courrier.uqam.ca, (514) 458-5019

Des questions sur vos droits ? Le Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants impliquant des êtres humains (CERPÉ) a approuvé le projet de recherche auquel vous allez participer. Pour des informations concernant les responsabilités de l'équipe de recherche au plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains ou pour formuler une plainte, vous pouvez contacter la coordination du CERPÉ plurifacultaire : cerpe-pluri@uqam.ca – 514 987-3000.

Pour toute autre question concernant vos droits en tant que personne participante à ce projet de recherche ou pour formuler une plainte, vous pouvez communiquer avec le bureau de la protectrice universitaire de l'UQAM protectriceuniversitaire@uqam.ca; 514-987-3151.

Remerciements

Nous vous remercions pour votre participation à ce projet de recherche.

Consentement

Je déclare avoir lu et compris le présent projet, la nature et l'ampleur de ma participation, ainsi que les risques et les inconvénients auxquels je m'expose tels que présentés dans le présent formulaire. J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant les différents aspects de l'étude et de recevoir des réponses à ma satisfaction.

Je, soussigné(e), accepte volontairement de participer à cette étude. Je peux me retirer en tout temps sans préjudice d'aucune sorte. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre ma décision.

Une copie signée de ce formulaire d'information et de consentement doit m'être remise.

Prénom Nom

Signature

Date

Engagement du chercheur

Je, soussigné(e) certifie

- (a) avoir expliqué au signataire les termes du présent formulaire ; (b) avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard ;
- (c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus ;
- (d) que je lui remettrai une copie signée et datée du présent formulaire.

Prénom Nom

Signature

Date

BIBLIOGRAPHIE

- Aagaard, H. et Jorgensen, U. (1996, Aug). Injuries in elite volleyball. *Scand J Med Sci Sports*, 6(4), 228-232. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1996.tb00096.x>
- Agel, J., Palmieri-Smith, R. M., Dick, R., Wojtys, E. M. et Marshall, S. W. (2007). Descriptive Epidemiology of Collegiate Women's Volleyball Injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 Through 2003-2004. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 295-302.
- Aicale, R., Tarantino, D. et Maffulli, N. (2018, Dec 5). Overuse injuries in sport: a comprehensive overview. *J Orthop Surg Res*, 13(1), 309. <https://doi.org/10.1186/s13018-018-1017-5>
- Alfredson, H., Pietila, T. et Lorentzon, R. (1998, Oct). Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scand J Med Sci Sports*, 8(5 Pt 1), 265-270. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00481.x>
- Antonietti, L., Luna, N., Nogueira, G., Ito, A., Santos, M., Alonso, A. et Cohen, M. (2014, 03/17). Reliability Index of inter-and intra-rater of manual goniometry and computerized biophotogrammetry to assess the range of motion of internal and external shoulder rotation. *MedicalExpress*, 1, 95-99. <https://doi.org/10.5935/MedicalExpress.2014.02.08>
- Bahr, R. (2009). No injuries, but plenty of pain? On the methodology for recording overuse symptoms in sports. *British Journal of Sports Medicine*, 43(13), 966.
- Bahr, R. et Bahr, I. A. (1997, Jun). Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. *Scand J Med Sci Sports*, 7(3), 166-171. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1997.tb00134.x>
- Beaudart, C., Galvanin, M., Hauspy, R., Clarsen, B. M., Demoulin, C., Bornheim, S., Van Beveren, J. et Kaux, J. F. (2023, Jun). French Translation and Validation of the OSTRC-H2 Questionnaire on Overuse Injuries and Health Problems in Elite Athletes. *Orthop J Sports Med*, 11(6), 23259671231173374. <https://doi.org/10.1177/23259671231173374>
- Beshay, N., Lam, P. H. et Murrell, G. A. C. (2017). Assessing the Reliability of Shoulder Strength Measurement: Hand-Held versus Fixed Dynamometry. *Shoulder & Elbow*, 3(4), 244-251. <https://doi.org/10.1111/j.1758-5740.2011.00137.x>
- Challoumas, D., Artemiou, A. et Dimitrakakis, G. (2017, Jan). Dominant vs. non-dominant shoulder morphology in volleyball players and associations with shoulder pain and spike speed. *J Sports Sci*, 35(1), 65-73. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1155730>
- Challoumas, D., Stavrou, A. et Dimitrakakis, G. (2017, Jun). The volleyball athlete's shoulder: biomechanical adaptations and injury associations. *Sports Biomech*, 16(2), 220-237. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1222629>
- Cheron, C., Le Scanff, C. et Leboeuf-Yde, C. (2017). Association between sports type and overuse injuries of extremities in adults: a systematic review. *Chiropr Man Therap*, 25, 4. <https://doi.org/10.1186/s12998-017-0135-1>
- Clarsen, B., Myklebust, G. et Bahr, R. (2013, May). Development and validation of a new method for the registration of overuse injuries in sports injury epidemiology: the Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) overuse injury questionnaire. *Br J Sports Med*, 47(8), 495-502. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091524>
- Cools, A. M., De Wilde, L., Van Tongel, A., Ceyssens, C., Ryckewaert, R. et Cambier, D. C. (2014, Oct). Measuring shoulder external and internal rotation strength and range of motion: comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols. *J Shoulder Elbow Surg*, 23(10), 1454-1461. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.01.006>

- Cools, A. M., Johansson, F. R., Borms, D. et Maenhout, A. (2015, Sep-Oct). Prevention of shoulder injuries in overhead athletes: a science-based approach. *Braz J Phys Ther*, 19(5), 331-339. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0109>
- Couch, J., Sayers, M. et Pizzari, T. (2021, May 28). Reliability of the ForceFrame With and Without a Fixed Upper-Limb Mold in Shoulder Rotation Strength Assessments Compared With Traditional Hand-Held Dynamometry. *J Sport Rehabil*, 30(8), 1246-1249. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0434>
- Croteau, F., Robbins, S. M. et Pearsall, D. (2021, May 5). Hand-Held Shoulder Strength Measures Correlate With Isokinetic Dynamometry in Elite Water Polo Players. *J Sport Rehabil*, 30(8), 1233-1236. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0277>
- Desmyttere, G., Gaudet, S. et Begon, M. (2019, May). Test-retest reliability of a hip strength assessment system in varsity soccer players. *Phys Ther Sport*, 37, 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.03.013>
- Edmonds, E. W. et Dengerink, D. D. (2014). Common conditions in the overhead athlete [Article]. *American Family Physician*, 89(7), 537-541. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84897401128&partnerID=40&md5=ab8c05864d32bd0088775818a80875d5>
- <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2014/0401/p537.pdf>
- Farfaras, S., Sernert, N., Rostgard Christensen, L., Hallström, E. K. et Kartus, J. T. (2018, May). Subacromial Decompression Yields a Better Clinical Outcome Than Therapy Alone: A Prospective Randomized Study of Patients With a Minimum 10-Year Follow-up. *Am J Sports Med*, 46(6), 1397-1407. <https://doi.org/10.1177/0363546518755759>
- FIVB. (2021). FIVB Volleyball Rules 2021 2024-FR v2a.
- Forthomme, B., Croisier, J. L., Delvaux, F., Kaux, J. F., Crielaard, J. M. et Gleizes-Cervera, S. (2018, Feb). Preseason Strength Assessment of the Rotator Muscles and Shoulder Injury in Handball Players. *J Athl Train*, 53(2), 174-180. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-216-16>
- Forthomme, B., Wiecek, V., Frisch, A., Crielaard, J. M. et Croisier, J. L. (2013, Oct). Shoulder pain among high-level volleyball players and preseason features. *Med Sci Sports Exerc*, 45(10), 1852-1860. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318296128d>
- French Version of the OSTRC-H2.).
- Gelber, J. D., Soloff, L. et Schickendantz, M. S. (2018, Mar 15). The Thrower's Shoulder. *J Am Acad Orthop Surg*, 26(6), 204-213. <https://doi.org/10.5435/jaaos-d-15-00585>
- Gozlan, G., Bensoussan, L., Coudreuse, J. M., Fondarai, J., Gremeaux, V., Viton, J. M. et Delarque, A. (2006, Feb). [Isokinetic dynamometer measurement of shoulder rotational strength in healthy elite athletes (swimming, volley-ball, tennis): comparison between dominant and nondominant shoulder]. *Ann Readapt Med Phys*, 49(1), 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2005.07.001> (Mesure de la force des muscles rotateurs de l'épaule chez des sportifs sains de haut niveau (natation, volley-ball, tennis) par dynamometre isocinetique: comparaison entre épaule dominante et non dominante.)
- Hadzic, V., Sattler, T., Veselko, M., Markovic, G. et Dervisevic, E. (2014, May-Jun). Strength asymmetry of the shoulders in elite volleyball players. *J Athl Train*, 49(3), 338-344. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.2.05>
- Kendall, F. P. (2005). *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain*. Lippincott Williams & Wilkins. <https://books.google.ca/books?id=AgRkvidspkMC>
- Kibler, W. B. (1998, Mar-Apr). The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med*, 26(2), 325-337. <https://doi.org/10.1177/03635465980260022801>
- Kim, D. K., Park, G., Kuo, L. T. et Park, W. H. (2020, May 26). Isokinetic Performance of Shoulder External and Internal Rotators of Professional Volleyball Athletes by Different Positions. *Sci Rep*, 10(1), 8706. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65630-9>

- Knight, K. L. (2008, Apr-Jun). More precise classification of orthopaedic injury types and treatment will improve patient care. *J Athl Train*, 43(2), 117-118. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.2.117>
- Knight, K. L. et Draper, D. O. (2012). *Therapeutic modalities: the art and science*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Kolber, M. J. et Hanney, W. J. (2012, Jun). The reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: a technical report. *Int J Sports Phys Ther*, 7(3), 306-313.
- Kugler, A., Krüger-Franke, M., Reininger, S., Trouillier, H.-H. et Rosemeyer, B. (1996). Muscular imbalance and shoulder pain in volleyball attackers. *British Journal of Sports Medicine*, 30, 256-259.
- Lajtai, G., Pfirrmann, C. W., Aitzetmüller, G., Pirkel, C., Gerber, C. et Jost, B. (2009, Jul). The shoulders of professional beach volleyball players: high prevalence of infraspinatus muscle atrophy. *Am J Sports Med*, 37(7), 1375-1383. <https://doi.org/10.1177/0363546509333850>
- Lee, C. S., Goldhaber, N. H., Davis, S. M., Dilley, M. L., Brock, A., Wosmek, J., Lee, E. H., Lee, R. K. et Stetson, W. B. (2020). Shoulder MRI in asymptomatic elite volleyball athletes shows extensive pathology [Article]. *Journal of ISAKOS*, 5(1), 10-14. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2019-000304>
- Leider, J. D., Derise, O. C., Bourdreaux, K. A., Dierks, G. J., Lee, C., Varrassi, G., Sherman, W. F. et Kaye, A. D. (2021). Treatment of suprascapular nerve entrapment syndrome. *Orthop Rev (Pavia)*, 13(2), 25554. <https://doi.org/10.52965/001c.25554>
- Magee, D. J. (2008). *Orthopedic Physical Assessment*. Saunders Elsevier. <https://books.google.ca/books?id=J6noqxMmesQC>
- Martelli, G., Ciccarone, G., Grazzini, G., Signorini, M. et Urgelli, S. (2013, Jun). Isometric evaluation of rotator cuff muscles in volleyball athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(3), 283-288.
- McBride, L., James, R. S., Alsop, S. et Oxford, S. W. (2023). Intra and Inter-Rater Reliability of a Novel Isometric Test of Neck Strength [Article]. *Sports*, 11(1), Article 2. <https://doi.org/10.3390/sports11010002>
- McMahon, T. A. (1984). *Muscles, Reflexes, and Locomotion*. Princeton University Press. <https://books.google.ca/books?id=hotzCgAAQBAJ>
- Monica, J., Vredenburg, Z., Korsh, J. et Gatt, C. (2016, Jul 15). Acute Shoulder Injuries in Adults. *Am Fam Physician*, 94(2), 119-127.
- O'Connor, C., McIntyre, M., Delahunt, E. et Thorborg, K. (2023, Jan). Reliability and validity of common hip adduction strength measures: The ForceFrame strength testing system versus the sphygmomanometer. *Phys Ther Sport*, 59, 162-167. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2022.12.010>
- O'Brien, M., Bourne, M., Heerey, J., Timmins, R. G. et Pizzari, T. (2019, Jan). A novel device to assess hip strength: Concurrent validity and normative values in male athletes. *Phys Ther Sport*, 35, 63-68. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.11.006>
- OSTRC Overuse Injury Questionnaire.).
- Ozunlu, N., Tekeli, H. et Baltaci, G. (2011, Jul-Aug). Lateral scapular slide test and scapular mobility in volleyball players. *J Athl Train*, 46(4), 438-444. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.4.438>
- Padulo, J., Trajković, N., Cular, D., Grgantov, Z., Madić, D. M., Di Vico, R., Traficante, A., Alin, L., Ardigo, L. P. et Russo, L. (2020). Validity and Reliability of Isometric-Bench for Knee Isometric Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4326. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/12/4326>
- Piatti, M., Mosca, A., Omeljaniuk, R. J., Turati, M., Gaddi, D. et Bigoni, M. (2023, Nov). Comparison of isometric strength in rotator cuff and scapulothoracic muscles between elite volleyball athletes versus non-athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 63(11), 1138-1145. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.23.14912-7>
- Reeser, J. C., Fleisig, G. S., Bolt, B. et Ruan, M. (2010, Sep). Upper limb biomechanics during the volleyball serve and spike. *Sports Health*, 2(5), 368-374. <https://doi.org/10.1177/1941738110374624>

- Reeser, J. C., Joy, E. A., Porucznik, C. A., Berg, R. L., Colliver, E. B. et Willick, S. E. (2010, Jan). Risk factors for volleyball-related shoulder pain and dysfunction. *PM R*, 2(1), 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.11.010>
- RSEQ. (2023). Règlements spécifiques 2023-2024.
- Seminati, E. et Minetti, A. E. (2013). Overuse in volleyball training/practice: A review on shoulder and spine-related injuries. *Eur J Sport Sci*, 13(6), 732-743. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.773090>
- Shih, Y. F. et Wang, Y. C. (2019, Jan). Spiking Kinematics in Volleyball Players With Shoulder Pain. *J Athl Train*, 54(1), 90-98. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-216-17>
- Skazalski, C., Whiteley, R., Sattler, T., Kozamernik, T. et Bahr, R. (2024, Jan 1). Knee, Low Back, and Shoulder Problems Among University and Professional Volleyball Players: Playing With Pain. *J Athl Train*, 59(1), 81-89. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0476.22>
- Tooth, C., Gofflot, A., Schwartz, C., Croisier, J. L., Beudart, C., Bruyère, O. et Forthomme, B. (2020, Sep/Oct). Risk Factors of Overuse Shoulder Injuries in Overhead Athletes: A Systematic Review. *Sports Health*, 12(5), 478-487. <https://doi.org/10.1177/1941738120931764>
- USports. (2024). Règlements Techniques Volleyball(F)-FR.
- Varacallo, M., El Bitar, Y., Sina, R. E. et Mair, S. D. (2024). Rotator Cuff Syndrome. Dans *StatPearls*. StatPearls Publishing

Copyright © 2024, StatPearls Publishing LLC.

- Wang, H. K. et Cochrane, T. (2001a, Feb). A descriptive epidemiological study of shoulder injury in top level English male volleyball players. *Int J Sports Med*, 22(2), 159-163. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11346>
- Wang, H. K. et Cochrane, T. (2001b). Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes [Article]. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 403-410. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0034756712&partnerID=40&md5=f5805a932b068df6cc9cca60c0e4cf75>