



**QUANTIFICATION DE LA CHARGE
DE TRAVAIL DANS LA
REEDUCATION D'UNE LESION
MYO-APONEVROTIQUE DES
ISCHIO-JAMBIERS CHEZ LE
FOOTBALLEUR.**

Revue de littérature



Quels sont les outils permettant de quantifier la charge de travail les plus adaptés à la rééducation d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers chez le footballeur en cabinet libéral ?

- **Directeur de mémoire** : Monsieur Briot Pascal, MKDE, Enseignant à l'IFMKD et Référent des étudiants de 1^{ère} année

Remerciements

Tout d'abord, je tiens sincèrement à remercier plusieurs personnes qui ont participé à la réalisation de ce mémoire :

- Mon directeur de mémoire, Monsieur Pascal Briot pour sa disponibilité, ses connaissances en kinésithérapie du sport ainsi que ses conseils avisés qui m'ont permis de faire évoluer ma réflexion et d'orienter mes recherches durant tout ce travail.
- Monsieur Laurent Pardon, formateur à l'école pour son aide et sa réflexion à propos de mon mémoire.
- Mme Martineau pour son aide précieuse qui m'a permis d'organiser ma recherche de littérature ainsi que de structurer ma bibliographie.
- Bart Merkelbach, ancien tuteur de stage avec qui j'ai gardé de très bons contacts et qui a su m'aider et me conseiller tout au long de ce travail.
- Tanguy Fleury, ancien kinésithérapeute au centre de formation de l'AJ Auxerre qui m'a énormément apporté et qui a su être disponible quand j'avais des questions.
- Ma famille et particulièrement mes parents pour, leur soutien, leur patience et leur bienveillance malgré la distance depuis le début de mes études. Je tiens aussi à remercier mon cousin pour sa motivation et pour les nombreux échanges que nous avons eu à propos de nos mémoires respectifs.
- Et enfin mes amis et futurs confrères pour tous les moments passés ensemble sans qui ces 4 années n'auraient pas été d'aussi bons souvenirs.

Sommaire

1. Introduction	1
2. Cadre Théorique.....	5
2.1. Anatomie.....	5
2.1.1. Le tissu musculaire	5
2.1.2. Le tissu conjonctif	5
2.1.3. Les Ischio-jambiers	6
2.1.4. Physiologie de la contraction	6
2.2. Les Lésions musculaires	7
2.2.1. Epidémiologie	7
2.2.1.1. Mécanismes lésionnels	7
2.2.1.2. Différence match / entraînement	8
2.2.2. Physiopathologie	8
2.2.3. Classification.....	9
2.2.4. Diagnostic clinique	9
2.2.5. Diagnostics différentiels	10
2.2.6. Facteurs de risque.....	10
2.2.6.1. Non modifiables	10
2.2.6.2. Modifiables.....	11
2.3. La Rééducation	11
2.3.1. Phase I.....	11
2.3.2. Phase II.....	13
2.3.3. Phase III	14
2.3.4. Les récives	14
2.4. La Quantification.....	15
2.4.1. Définition	15
2.4.1.1. La charge ou load	16
2.4.1.2. La charge externe	16
2.4.1.3. La charge interne	16
2.4.1.4. La charge aiguë.....	17
2.4.1.5. La charge chronique	17
2.4.1.6. Le ratio ACWR.....	17
2.4.1.7. La surcharge / Overloading	17
2.4.1.8. La quantification de la charge	17
2.4.2. Données actuelles.....	17
2.5. Synthèse du cadre théorique	18
3. Méthodologie.....	20
3.1. Ressources Internet	20
3.1.1. Base de données	20
3.1.2. Mots clés	20

3.1.3. Equations de recherche	21
3.2. Critères de sélection.....	21
3.3. Critères d'inclusion	22
3.4. Critères d'exclusion	22
3.5. Autres ressources	23
4. Résultats	25
4.1. La charge externe	25
4.1.1. Le suivi des séances	25
4.1.2. Les micro technologies	26
4.1.2.1. L'expansion des données	26
4.1.2.2. Le GPS	27
4.1.2.3. Les seuils de vitesse	27
4.1.2.4. Validité / Fiabilité.....	27
4.1.2.5. Applicabilité	28
4.1.2.6. En rééducation.....	28
4.2. La charge interne	29
4.2.1. Mesures objectives	29
4.2.1.1. La fréquence cardiaque	30
4.2.1.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité.....	31
4.2.1.3. Autres mesures	31
4.2.2. Mesures subjectives	32
4.2.2.1. RPE.....	32
4.2.2.2. sRPE.....	33
4.2.2.3. Validité, Fiabilité et Applicabilité.....	33
4.2.2.4. Questionnaires	34
4.2.2.5. Validité, Fiabilité et Applicabilité.....	34
4.3. Le ratio ACWR	36
4.3.1. La charge aiguë	36
4.3.2. La charge chronique.....	36
4.3.3. Le ratio ACWR	36
4.3.3.1. Interprétation	36
4.3.3.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité.....	37
4.3.3.3. En rééducation.....	38
4.3.3.4. Autres variables.....	38
5. Discussion	39
5.1. La charge externe	39
5.1.1. Le suivi des séances	39
5.1.2. Les micro technologies	40
5.1.2.1. L'expansion des données	41
5.1.2.2. Le GPS	41
5.1.2.3. Les seuils de vitesse	42
5.1.2.4. Validité / Fiabilité.....	43
5.1.2.5. Applicabilité.....	44
5.1.2.6. L'utilisation dans la rééducation	44

5.2. La charge interne	45
5.2.1. Mesures objectives	45
5.2.1.1. La fréquence cardiaque	46
5.2.1.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité	46
5.2.1.3. Autres mesure	47
5.2.2. Mesures subjectives	47
5.2.2.1. RPE	47
5.2.2.2. sRPE	48
5.2.2.3. Validité, Fiabilité et Applicabilité	49
5.2.2.4. Questionnaires	50
5.2.2.5. Validité, Fiabilité et Applicabilité	50
5.3. Le ratio ACWR	51
5.3.1. La charge aiguë	51
5.3.2. LA charge chronique	51
5.3.3. Le ratio ACWR	51
5.3.3.1. Interprétation	52
5.3.3.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité	52
5.3.3.3. En rééducation	53
5.3.3.4. Autres variables	54
6. Conclusion	55
7. Bibliographie	62
8. Annexes	68

Glossaire

ACWR : Acute Chronique Workload Ratio

AJA : Association de la Jeunesse Auxerroise

CR-10 : Category Ratio-10

DALDA : Daily Analysis of Life Demands for Athletes

ESTAC : Espérance Sportive Troyes Aube Champagne

FIFA : Fédération Internationale de Football Association

GPS : Global Positioning System

HRmax : Maximal Heart Rate

HRR : Recovery Heart Rate

HRV : Heart Rate Variability

HSRD : High Speed Running Distance

IFMK : Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie de Dijon

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

JOSPT : Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy

LMA : Lésion myo-aponévrotique

MKDE : Masseur-Kinésithérapeute Diplômé d'Etat

POLICE : Protection / Optimal Loading / Ice / Compression / Elevation

POMS : Profil Of Mood States

PRICE : Protection / Rest / Ice / Compression / Elevation

PSG : Paris Saint-Germain

QDC : Quantification de la charge de travail

REST-Q : questionnaire de stress et de récupération

RICE : Rest / Ice / Compression / Elevation

RM : Résistance Maximale

RPE : Rating of Perceived Exertion

sRPE : session Rating of Perceived Exertion

TRIMP : Training Impulse

UEFA : Union des Associations Européennes de Football

VHSRD : Very High Speed Running Distance

Partie 1 : Introduction

Inventé au XIX siècle en Grande-Bretagne, le football est rapidement devenu le sport le plus populaire et le plus pratiqué en Europe mais aussi dans le monde. Une étude de la FIFA (Fédération Internationale de Football Association) datant de 2000 et publiée en 2001 a recensé plus de 240 millions de joueurs de football, sans compter tous les joueurs qui n'ont pas forcément de licence mais qui jouent par simple plaisir dans la rue ou entre amis [1]. En France, en 2018 on comptait plus de 2 millions de licenciés officiels entre les hommes et les femmes [2].

Associé à ces données, le football est le sport le plus médiatisé, en effet, à l'échelle internationale, tous les 4 ans se tient la coupe du monde, organisée par la FIFA et regroupant 32 équipes après de longues phases de qualification. A l'échelle européenne, tous les 4 ans a lieu l'Euro, organisé par l'UEFA (Union des associations européennes de football) à deux années d'intervalle de la coupe du monde. Lors de l'édition russe en 2018 remportée par la France, l'audience a cumulé plus de 3,5 milliards de téléspectateurs avec un record de 516 millions de téléspectateurs dans le monde pour la finale. Le football féminin reste encore moins médiatisé mais il se développe de plus en plus notamment en France avec les très bonnes performances de l'équipe nationale féminine ainsi que des clubs français à l'échelle européenne. Ainsi, entre la victoire de la coupe du monde en 2018 et le développement du football féminin, les licenciés français sont de plus en plus nombreux ces dernières années [3].

Depuis toujours, pour beaucoup de clubs, qu'ils soient professionnels ou amateurs, les résultats et les performances sont deux objectifs principaux. S'ils font partie des équipes les moins fortes de son championnat, chaque club cherche à se maintenir dans sa division. A l'inverse, les meilleures équipes essayent du mieux qu'elles peuvent de finir à la première place et de monter dans la division supérieure. Afin d'arriver au meilleur niveau, les joueurs sont poussés au maximum de leurs capacités et une évolution se fait ressentir à tous les niveaux que ce soit technique, physique et mental. Dans le monde professionnel, cette recherche de la performance est encore plus importante car ce sport qui de base est un jeu devient un métier avec des joueurs rémunérés pour jouer. Afin de mettre les joueurs professionnels dans les meilleures conditions possibles, tout un staff est mis en place. Une grande partie de ce staff est composé des entraîneurs pour proposer des idées de jeux, des schémas tactiques, etc. A côté de cela, une équipe médicale et paramédicale assure la bonne santé et la bonne préparation physique des joueurs.

En plus des compétitions internationales ayant lieu tous les 2 ans et réunissant les meilleures nations du football ainsi que des compétitions nationales annuelles, des compétitions européennes entre meilleurs clubs européens ont aussi lieu tous les ans. Ainsi, sur une saison, les meilleurs joueurs présents dans les plus grands clubs européens et qui d'autant plus représentent leur nation jouent davantage de matchs officiels que d'autres joueurs professionnels moins performants et donc présents sur moins de compétitions. Par conséquent, il arrive souvent que des joueurs disputent plus de 60 matchs officiels au cours d'une seule saison. Ce nombre important de matchs disputés implique un gros travail de préparation et de gestion de la condition physique par les clubs mais aussi lors des rassemblements internationaux. En effet, l'objectif est d'amener les joueurs au meilleur de leur forme aux moments les plus importants c'est-à-dire aux mois de juin et juillet lors

de ces compétitions internationales. Après une longue saison en club avec minimum 38 matchs de championnat plus les compétitions nationales comme la coupe de France, il va être primordial d'avoir une gestion de la condition physique et de la charge de travail minutieuse. Ce fut le cas pour l'équipe de France lors de la coupe du monde 2018 au cours de laquelle les joueurs sont montés en puissance tout au long de la compétition et étaient meilleurs sur le plan athlétique que leurs adversaires.

De nos jours, cette gestion de la charge de travail pose quelques problèmes aux clubs de football notamment à cause de la récente pandémie mondiale du Covid-19 qui a modifié l'organisation des compétitions. Cette saison, des équipes comme le PSG allant en final de la ligue des champions n'ont quasiment pas eu de repos entre la fin de la saison 2019-2020 au mois d'août (dernier match le 23 août) et le début de la saison 2020-2021 (premier match le 10 septembre). Seuls 13 jours ont séparé la fin de la saison et le début de la suivante pour eux. Cet intervalle de temps ne laissant pas la possibilité aux joueurs de se reposer et d'enchaîner avec une bonne préparation pour la saison suivante. Avant cette pause minimale entre les deux saisons, la pandémie a dans un premier temps empêché tous matchs d'être joués pendant 3 mois, du mois de mars jusqu'au mois de mai. Cet arrêt soudain fut responsable d'une grosse pause dans la préparation et les entraînements des joueurs pouvant diminuer leur capacité physique et entraîner des déconditionnements à l'effort. Tout ceci malgré des entraînements à domicile bien différents des conditions réelles nécessaires. Par la suite, pour terminer les compétitions engagées, les clubs ont vu la fréquence des matchs augmenter et le temps de repos entre le match diminuer. Par conséquent, plusieurs études observationnelles ont montré une augmentation du nombre de blessures pour beaucoup d'équipes depuis la reprise [4].

C'est dans cette situation que la gestion de la charge d'entraînement par les préparateurs physiques est particulièrement importante pour éviter toute surcharge d'entraînement et réduire le risque de blessures des joueurs. Avec un peu d'imagination, ce contexte à une plus grande échelle temporelle peut être comparé à plus petit niveau aux événements qui surviennent après une blessure. Lorsqu'un joueur se blesse, on va observer une phase de rééducation plus ou moins longue avec une diminution des charges d'entraînement conduisant à une diminution de sa condition physique. Cette période peut être comparée à la période de confinement au printemps dernier. Par la suite, une fois le joueur rétabli, il va progressivement retourner sur le terrain puis retrouver le groupe d'entraînement et enfin rejouer des matchs. Ceci va progressivement provoquer une augmentation du stress imposé à son organisme comme ce fut le cas à la reprise des compétitions après le confinement. Ainsi, il paraît important d'avoir une bonne gestion de la charge de travail après une blessure pour retrouver les terrains au minimum dans un état similaire à l'état de forme précédent la blessure voir dans de meilleures conditions pour éviter une récurrence. En revanche, avant de pouvoir gérer la charge de travail, il est important de bien savoir la mesurer. C'est ainsi, dans la quantification et dans la gestion de la charge de travail que s'exprime le savoir-faire des préparateurs physiques.

Mon expérience personnelle en tant qu'ancien joueur de centre de formation se rapprochant au plus possible des structures professionnelles pour les jeunes joueurs m'a permis de me rendre compte de plusieurs éléments. Dans un premier temps, dans ce contexte d'équipe de haut niveau, le travail entre les kinésithérapeutes pour la phase de rééducation et le travail des préparateurs

physiques est très complémentaire. En effet, les kinésithérapeutes prennent en charge les joueurs en phase aiguë et commencent le travail actif de renforcement afin de réhabiliter le joueur. Par la suite, le joueur ira entre les mains des préparateurs physiques qui vont plus précisément améliorer la condition physique et la préparation physique générale en fonction des besoins du joueur. Dans leur pratique quotidienne, certaines compétences se chevauchent comme le travail de la coordination, le renforcement musculaire ou autres, il est donc important de travailler ensemble avec une bonne communication. Dans un second temps, j'ai pu me rendre compte qu'en étant en rééducation et à l'écart du groupe d'entraînement, l'envie de reprise et de retourner sur le terrain peut être un défaut. Du point de vue du kinésithérapeute, il est important de ne pas précipiter les choses et de savoir l'expliquer aux joueurs. Il est fréquent et pas étonnant que certains joueurs trichent et minimisent leur blessure ou mentent sur leur ressenti afin de retrouver les terrains plus rapidement.

Après mon expérience de joueur, j'ai eu la chance d'effectuer un stage de 5 semaines avec l'équipe de kinésithérapeutes de l'ESTAC, club de football professionnel de Ligue 2. Au cours de ce stage, je me suis rendu compte que les joueurs étaient accompagnés personnellement avec une prise en charge complète et quotidienne afin qu'ils puissent retrouver les terrains le plus tôt possible. En revanche, en passant du soigné au soignant, j'ai remarqué qu'il était assez difficile de savoir si la séance que nous avions proposée était optimale et si nous avions fait le maximum pour rééduquer les joueurs présents en rééducation. Je me posais plusieurs questions afin de savoir si tel joueur avait suffisamment travaillé pour aujourd'hui, pourquoi ne pas faire une série de plus ou encore si une deuxième séance dans la journée était nécessaire. J'ai aussi remarqué que le moment du passage au terrain et du retour avec le groupe d'entraînement était des moments clés en rééducation et qu'ils peuvent être difficiles pour certains joueurs. Il est donc primordial de savoir situer le joueur correctement dans sa rééducation en fonction de sa progression. Ainsi, beaucoup de questions se présentaient à moi et d'une façon globale je me suis rendu compte qu'un outil permettant de savoir où se trouvait la frontière entre la sous-sollicitation, la sollicitation optimale et la sur-sollicitation pourrait être utile. Cet outil permettrait de situer l'état de forme du joueur et de s'approcher de la sollicitation optimale sans dépasser les limites.

Au cours de ce stage, j'ai aussi appris que les blessures musculaires sans contact au niveau de la cuisse étaient les blessures musculaires les plus importantes chez les footballeurs. Il me paraissait assez intéressant d'étudier cette pathologie lors de mes recherches thématiques afin d'apporter si possible des données supplémentaires à travers ce travail d'investigation pour mieux connaître ces blessures.

Par la suite, lors de mes recherches pour ce travail autour des blessures musculaires, j'ai pu échanger avec Tanguy Fleury, ancien kinésithérapeute du centre de formation de l'AJ Auxerre qui s'occupe désormais personnellement de joueurs professionnels. A travers nos échanges, il a su me transmettre une vision de la kinésithérapie axée davantage sur la prévention. En effet, en s'occupant seul de plusieurs joueurs, il a la possibilité de mettre en place tout le nécessaire afin que les joueurs passent le moins de temps en rééducation. Aujourd'hui, la kinésithérapie occupe une place importante dans l'environnement médical d'un club de foot, et ne se préoccupe pas uniquement de la rééducation et des soins. Le kinésithérapeute intervient aussi à titre préventif dans le cadre de la prévention des blessures et de la préparation à la performance que ça soit dans

les clubs amateurs, les clubs professionnels ou des cabinets libéraux travaillant avec des clubs de sport. Afin d'améliorer les compétences et les connaissances des kinésithérapeutes pour réduire le risque de blessures musculaires, de nombreuses études ont été menées. Dans un premier temps, l'identification et la compréhension des mécanismes de blessure ont permis d'agir sur la prévention. C'est ainsi que plusieurs programmes de prévention ont été développés comme le FIFA 11+ contenant des exercices de course et de renforcement.

Avec les informations récoltées au cours de mes recherches et les échanges que j'ai pu avoir avec des kinésithérapeutes, mon raisonnement fut le suivant. Les kinésithérapeutes s'occupant de footballeurs au sein de club professionnel travaillent en collaboration avec des préparateurs physiques. A l'inverse, les kinésithérapeutes libéraux s'occupant de joueurs de football amateurs travaillent rarement avec des préparateurs physiques. Par conséquent, c'est à eux de travailler la phase de réathlétisation correctement avant que les joueurs ne puissent retourner sur le terrain. De plus, une approche préventive est indispensable afin de limiter le nombre de récurrences et le temps passé par les joueurs en rééducation. Ainsi, il est possible que certains professionnels rencontrent des difficultés à se situer entre la sous-sollicitation et la sur-sollicitation que ce soit dans les premières phases de la rééducation ou dans les phases plus tardives de réathlétisation.

A l'issue de ce raisonnement faisant suite à mon expérience personnelle en tant que joueur puis à mon expérience professionnelle acquise au cours de mes études, mes stages ainsi qu'en échangeant avec différents professionnels, l'étude de la quantification de la charge d'entraînement chez les footballeurs victimes de blessures musculaires me semblait être une piste de réflexion intéressante. Mon approche s'est alors orientée vers les méthodes de quantification ainsi que leur modalité d'application afin de les utiliser en rééducation.

Au cours de ce travail, nous verrons dans un premier temps le cadre conceptuel afin d'avoir une représentation du contexte actuel. Dans ce cadre conceptuel, j'ai pu décrire les mécanismes physiologiques de la blessure musculaire et exprimer quelques données épidémiologiques sur les footballeurs. Par la suite, j'ai expliqué rapidement les principes de rééducation d'une lésion musculaire, j'ai pu introduire la notion de quantification de la charge de travail et définir quelques termes importants pour la suite de ce travail. Dans la partie suivante, j'ai abordé la méthodologie de recherche employée afin de répondre à la problématique. J'ai pu détailler les bases de données ainsi que les mots clés que j'ai utilisés au cours de mes recherches. Cette partie représente une part importante de ce mémoire car elle constitue la base du travail de recherche des données scientifiques qui apporteront des éléments de réponses à notre problématique.

Après ce travail de recherche et de tri, plusieurs articles ont été inclus dans la partie résultats afin d'extraire les données. Par la suite, la discussion permet d'apporter un regard critique aux résultats exprimés précédemment. Dans cette partie nous retrouverons les différentes limites des études incluses ainsi que certaines nuances pratico-pratiques ou purement scientifiques concernant les données évoquées auparavant. Après ceci, la partie conclusion permet de présenter une réponse basée sur des preuves scientifiques concernant les méthodes de quantification de la charge de travail en rééducation et de répondre à la problématique.

Partie 2 : Cadre Théorique

2.1. Anatomie

Le corps humain est composé de différents types de tissus, qu'ils soient conjonctifs, nerveux, musculaires ou autre, chacun avec leurs rôles, leurs composants et leurs spécificités. Parmi tous ces tissus, le tissu musculaire représente une partie essentielle du bon fonctionnement de l'organisme. Il existe différents types de tissus musculaires au sein du corps humain mais tous vont permettre le mouvement par la conversion d'une énergie chimique en énergie mécanique. Au cours de ce travail, nous nous intéresserons au tissu musculaire squelettique.

2.1.1. Le tissu musculaire

Quatre grandes propriétés définissent le tissu musculaire squelettique. Parmi ces quatre propriétés, on retrouve l'excitabilité, la contractilité qui vont définir sa capacité à répondre à un stimulus et à se contracter. Il est aussi défini par l'élasticité et l'extensibilité. Ces deux dernières caractéristiques du muscle vont lui conférer des propriétés viscoélastiques, permettant au muscle de se laisser étirer puis de restituer la force accumulée en revenant à sa forme initiale. [5]. Enfin, la dernière caractéristique du muscle va être sa plasticité. C'est la capacité du muscle à adapter sa structure en fonction des activités et des stimulations régulières.

Tous les muscles squelettiques ne sont pas identiques, que ce soit par leur composition ou leur fonction. Il existe 3 types de fibres musculaires différentes, les fibres rapides de type IIB, intermédiaires de type IIA et lentes de type I. Ces dernières, les fibres oxydatives lentes sont très résistantes à la fatigue. Ce sont principalement les muscles agissant sur la posture et devant rester contractés intensément sur de longues périodes. A l'inverse, les fibres IIB rapides sont les fibres glycolytiques, elles peuvent se contracter très rapidement et intensément pour un effort bref. En contrepartie, elles se fatiguent beaucoup plus vite que les fibres lentes. Par conséquent, le risque de blessure est plus important pour un muscle composé principalement de fibres de type IIB [6]. Enfin on retrouve un type de fibre intermédiaire, moins rapide que les fibres de type IIB mais plus résistantes à la fatigue, c'est un mélange entre les deux types précédents. Ces trois types de fibres musculaires sont tous présents dans les muscles squelettiques mais leur proportion varie en fonction de la génétique, de l'action finale du muscle mais aussi de son entraînement. Une modification structurelle du muscle est possible avec l'entraînement ainsi que les répétitions de sollicitation en force ou en endurance. [5]

2.1.2. Le tissu conjonctif

Au niveau de leur structure macroscopique, les muscles squelettiques sont composés de tissu musculaire à proprement parler mais aussi de tissu conjonctif. Celui-ci va avoir un rôle de soutien et va faire l'intermédiaire entre les différents faisceaux musculaires, c'est l'armature du muscle. On retrouve trois couches successives de tissu conjonctif : l'épimysium, le périmysium, et l'endomysium. Ce tissu conjonctif est composé de différentes fibres de collagène de type I ou de

type III réparties différemment en fonction de sa localisation au sein du muscle [7]. Les fibres de collagène de type I vont apporter de la résistance aux forces exercées sur le muscle grâce à sa rigidité et à l'inverse, le collagène de type III présent seulement au niveau des couches les plus profondes est plus facilement extensible [8]. Il est important de noter que c'est dans le périmysium que se trouvent les vaisseaux et les différents nerfs (sensitifs et moteurs) responsables de la nociception, transmise au cerveau et provoquant subjectivement la sensation douloureuse lors d'une blessure musculaire [5].

L'orientation des fibres du tissu conjonctif et plus particulièrement de l'endomysium est très importante. En effet, elle va permettre de rassembler les forces développées lors de la contraction du muscle pour les transmettre au tendon et provoquer le mouvement, c'est la transmission longitudinale. Il existe aussi une transmission latérale qui va transmettre les forces aux autres fibres musculaires adjacentes. Cette dernière va réduire le stress exercé sur les fibres individuellement en élargissant la zone de transmission et par conséquent réduire le risque de blessure [9]. Lors du processus de cicatrisation suite à une blessure, le tissu cicatriciel peut présenter une organisation désordonnée et perturber la transmission des forces, entraînant par conséquent un risque accru de récurrence [10]. En revanche, avec l'entraînement et les sollicitations répétées (notamment les contractions excentriques), la composition et l'orientation des fibres du tissu conjonctif seront de meilleure qualité. En effet, les contractions excentriques permettent la dégradation du collagène entraînant une synthèse orientée de nouvelles fibres et ainsi une meilleure cicatrisation. [11]

2.1.3. Les Ischio-jambiers

Anatomiquement, nous allons nous intéresser aux muscles de la face postérieure de la cuisse, les ischio-jambiers. Ce groupe musculaire est composé de trois muscles différents : le biceps fémoral, le semi-tendineux et le semi-membraneux. Ces muscles sont bi articulaires et vont permettre d'une part de fléchir le genou et d'autre part de réaliser une extension de hanche. Ils ont aussi une action sur les rotations du genou avec une rotation latérale pour le biceps fémoral et une rotation médiale pour le semi-membraneux et le semi-tendineux. L'ensemble de ce groupe musculaire est innervé par le nerf sciatique [12]. Les ischio-jambiers sont composés de plus de 50% de fibre de type II [6], le risque de blessure est donc naturellement plus important que pour des muscles profonds composés de fibres de type I comme évoqué précédemment .

2.1.4. Physiologie de la contraction

Au niveau des fibres musculaires, lors d'une contraction qu'elle soit volontaire ou non, des ponts d'actines et de myosine se forment dans les myofibrilles avec un basculement des têtes de myosine entraînant un raccourcissement des sarcomères. Le raccourcissement des sarcomères va entraîner un rapprochement des insertions du muscle responsable du mouvement, c'est une contraction concentrique. A l'inverse, le mode excentrique correspond à une contraction du muscle avec allongement de ses extrémités, la contrainte exercée sur le muscle est supérieure à la force développée. Ce mode de contraction est le plus traumatique pour les tissus musculaires. Enfin, lors d'une contraction isométrique, les deux extrémités du muscle ne bougent pas, les forces développées s'opposent aux résistances. Elles permettent entre autres de stabiliser certaines articulations pendant que d'autres sont en mouvement mais aussi de maintenir une posture. [13]

2.2. Les lésions musculaires

Les blessures musculaires sont un vrai problème en pathologie du sport. Elles peuvent être une douleur / gêne sans forcément de lésion avérée mais elles peuvent aussi être bien plus graves avec de nombreuses semaines d'indisponibilité. En effet, il n'est pas rare que des lésions musculaires mettent plusieurs mois à cicatrifier et compromettent la saison et dans le pire des cas la carrière du sportif. C'est le cas de Ousmane Dembélé, joueur du FC Barcelone qui est actuellement à sa 5^{ème} blessure musculaire et 33^{ème} semaine d'absence.

Généralement, les blessures musculaires posent 3 problématiques. Le premier est un problème de diagnostic avec des facteurs de risque non modifiables et modifiables que nous verrons par la suite. Elles posent aussi un problème de pronostic en fonction de la localisation et de la gravité de la lésion qui entraîneront des techniques thérapeutiques et des délais différents. Enfin, il y a aussi un problème thérapeutique avec un traitement encore mal codifié.

2.2.1. Epidémiologie

Dans ce travail, nous allons nous intéresser uniquement aux joueurs de foot. Le Football est un sport d'endurance et de technique nécessitant des capacités athlétiques importantes ainsi qu'une préparation en conséquence. Pendant les entraînements et les matchs, les joueurs vont enchaîner les efforts, les courses et les changements de direction. Chaque joueur, en fonction de son poste et de ses capacités aura des efforts différents à réaliser et sera exposé différemment aux risques de blessure.

2.2.1.1. Mécanismes lésionnels

Comme le montre l'étude de l'UEFA sur la saison 2015/2016 [14], dans le monde professionnel européen, la cuisse est le premier foyer de blessures et représente à elle seule 30 % de l'ensemble des blessures, devant le genou et la cheville. Différents types de blessures ont été recensées mais les blessures musculaires sont les plus fréquentes avec environ 45 % de l'ensemble des blessures, devant les entorses ligamentaires (15,3 %). Ainsi, les blessures musculaires à la cuisse sont très fréquentes et sont les blessures qui vont avoir le plus d'impact sur un groupe au cours de la saison.

En termes de mécanismes lésionnels, les blessures musculaires surviennent dans 97,4 % des cas sans contact, c'est-à-dire sans l'intervention d'une personne extérieure ou d'un objet. Elles se déclarent dans 44 % des cas suite à un sprint, un tir dans 12% des cas, ou encore en lien avec une surcharge, une fatigue musculaire excessive (12 %). Il est important de retenir que ce type de blessure présente une durée d'indisponibilité plus importante que les blessures avec contacts et qu'il s'est avéré en hausse lors de l'euro 2016 [15]. Les lésions musculaires à la cuisse sans contact sont donc les plus courantes, les plus handicapantes mais aussi les plus évitables car sans l'intervention d'un objet extérieur. Il est légitime de penser pouvoir agir sur la structure, la composition du muscle afin de le renforcer et le rendre moins susceptible de se blesser.

Pour ce qui est du diagnostic, l'ensemble du groupe des ischio-jambiers (comprenant le semi-membraneux, le semi-tendineux et le biceps fémoral) représente à lui seul plus 30 % de l'ensemble des blessures avec 26% uniquement pour le biceps fémoral [14]. Ces chiffres montrent bien une triste réalité concernant les risques élevés de blessures au niveau des ischio-jambiers évoqués précédemment.

2.2.1.2. Différence match / entraînement

En lien avec ces données, il est important de noter que l'incidence des blessures est nettement plus importante lors des matchs que lors des entraînements. Malgré le fait que le nombre de blessures aux entraînements soit supérieur aux nombres de blessures pendant les matchs, le temps passé aux entraînements est bien plus important que le temps passé en match. Ainsi, le fardeau (caractérisé par la mesure combinée du taux de blessures et des jours d'absences en conséquence) moyen pour les blessures survenues aux entraînements est de 27 jours d'absence pour 1000 heures d'exposition, quant au fardeau moyen des blessures survenues lors des matchs, il est de 476 jours d'absence pour 1000 heures d'exposition, la différence est considérable [14].

2.2.2. Physiopathologie

Les lésions surviennent généralement suite à une activité musculaire excessive, une contraction agressive et brutale exposant le muscle à des tensions supérieures à ses capacités physiologiques. Les contractions les plus traumatiques pour les muscles sont les contractions excentriques. En effet, lors d'une contraction excentrique des contraintes supérieures à la force développée par le muscle vont s'exercer sur celui-ci, responsable d'un allongement du muscle en même temps qu'il se contracte. L'étirement sera d'autant plus important chez les muscles bi articulaires, sujets à de plus grandes amplitudes articulaires.

Cet allongement lors de la contraction excentrique entrainera une réduction du nombre de sites de liaison de l'actine avec la myosine au cours du mouvement et ainsi réduira la force développée par le muscle. Par conséquent, les contraintes exercées sur les sarcomères augmentent et peuvent être responsables de dommages au sein de certaines fibres musculaires. En effet, « l'hypothèse du sarcolemme éclatant » suggère la présence de sarcomères plus longs et d'autres plus courts. Les sarcomères les plus longs deviendront plus faibles lorsqu'ils seront étirés et subiront plus de contraintes. Ceci explique que le risque de blessure est plus élevé en fin d'amplitude. Une des conséquences de ces excès de tension au sein du sarcomère est la dysfonction des filaments fins et épais. Ceux-ci ne retrouveront pas leur position initiale fonctionnelle lors du relâchement du muscle et les prochaines forces d'étirement se transmettront à d'autres sarcomères qui seront à leur tour dysfonctionnels, et ceci jusqu'à la lésion. De plus, les contractions excentriques provoquent un dysfonctionnement du couplage excitation-contraction. L'association de ce procédé avec l'hétérogénéité de longueur des sarcomères est responsable de potentielles lésions musculaires lors de contractions excentriques à haute intensité ou sur de trop longues périodes [16].

Enfin un dernier point notable sur ces lésions est leur localisation. Topographiquement, elles peuvent survenir à différents endroits clés du muscle. Elles peuvent se situer au niveau du muscle

avec une atteinte des fibres musculaires à proprement parler mais c'est assez rare pour les ischio-jambiers présentant une armature conjonctive. En effet, le tissu conjonctif étant moins élastique que les fibres musculaires, celui-ci est plus propice aux lésions que cela soit au niveau des fascias périmusculaires, des éléments conjonctifs intramusculaires ou des insertions distales du muscle (intratendineux). Ces lésions anatomiques au sein du tissu conjonctif nécessitent un temps d'arrêt de l'activité sportive plus long qu'une atteinte exclusive de fibres musculaires. Enfin, on peut aussi retrouver des lésions au niveau de la jonction entre le tissu musculaire et le tissu conjonctif, ce sont les lésions myo-aponévrotique, myo-osseuse et myo-tendineuse. [17]

2.2.3. Classification

Toutes les lésions musculaires sont différentes de par leur gravité, leur localisation et leurs conséquences sur la rééducation à venir. Plusieurs classifications ont été établies afin d'optimiser les prises en charge et pouvoir émettre un pronostic quant au temps de rééducation nécessaire.

La classification la plus utilisée et qui cliniquement correspond le mieux aux attentes des kinésithérapeutes, tout en étant la plus complète possible, est la classification de Rodineau et Durey. En effet, elle intègre la réversibilité, la quantité de fibre musculaire lésée et inclut les paramètres du tissu conjonctif. Le grade 0 correspond aux courbatures avec une atteinte réversible des fibres musculaires sans atteinte du tissu conjonctif. Le grade suivant définit la « contracture » avec une atteinte irréversible de la fibre musculaire sans atteinte du tissu conjonctif. Le grade 2 correspond à une atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires ainsi que du tissu conjonctif de soutien. Le grade 3 intègre un plus grand nombre de fibres musculaires et la présence d'un hématome. Enfin, le dernier grade, le grade 4 définit la blessure comme une rupture partielle ou totale d'un muscle et de son tissu conjonctif [18].

2.2.4. Diagnostic clinique

Dans ce travail et pour la suite, nous allons exclure les causes traumatiques de lésions musculaires, nous nous intéresserons uniquement aux blessures sans contact.

Le premier élément du diagnostic va être l'anamnèse et l'interrogatoire. Il sera important de connaître l'activité physique pratiquée et le mécanisme traumatique responsable de la blessure. Les activités nécessitant beaucoup de course, de sprint, d'accélération et des changements de rythme entraînant une alternance de contractions excentriques et concentriques à haute vitesse angulaire exposent davantage le muscle à la lésion [19]. L'intensité et le mode d'apparition de la douleur permettent de faire la différence entre une contracture (apparaissant progressivement au cours de l'effort et après l'effort) et une elongation ou claquage (d'apparition brutale au cours de l'effort). La sensation décrite par la victime (si elle a eu la sensation de déchirure ou de craquement) ainsi que le retentissement fonctionnel immédiat permettent d'avoir une idée de la gravité de la lésion avant l'examen [18].

Le second élément du diagnostic va être l'examen clinique. Cet examen clinique comprend en premier lieu une inspection générale mais aussi du relief musculaire. Nous pouvons dès l'arrivée du blessé, à sa façon de marcher et de bouger avoir une idée subjective de la gravité de la blessure.

Au niveau de la masse musculaire, en cas de rupture complète, les deux extrémités du muscle peuvent se rétracter et provoquer la formation d'une encoche au niveau de la zone blessée. Avec un peu de retard, un hématome, ou des ecchymoses peuvent apparaître et se diffuser largement sur toute la face postérieure de la cuisse et pas uniquement sur le lieu de la lésion. Un hématome traduirait une lésion des vaisseaux et par conséquent du périnysium. Après cette inspection, la triade « contraction étirement et palpation » intervient. Nous allons chercher des douleurs lors de la contraction isométrique dans un premier temps. Si la contraction est douloureuse, il n'est pas nécessaire d'essayer les contractions suivantes. En revanche, si cette contraction n'est pas douloureuse en course interne, moyenne puis externe, nous pouvons essayer en concentrique puis en excentrique toujours dans les trois courses. Par la suite, nous chercherons des douleurs à l'étirement. Une douleur présente dans les trois courses musculaires (interne moyenne et externe) ainsi que dans les premiers degrés d'étirement sera de moins bon pronostic qu'une douleur en course externe lors de la contraction et en fin d'amplitude d'étirement. Enfin la palpation ainsi que les informations données par le patient vont permettre de localiser la zone lésée, nous pouvons retrouver une douleur, une contracture, un creux et une perte de ballant musculaire. [20]

L'examen clinique peut être complété avec l'échographie, c'est l'examen de référence. L'échographie a l'avantage d'être dynamique, il y a la possibilité de réaliser des mouvements lors de l'examen permettant ainsi d'observer des informations difficilement visibles en statique. Elle est aussi de faible cout, précise et permet de suivre le muscle sur toute sa longueur. Elle présente tout de même quelques points négatifs, elle sera moins précise si les lésions sont profondes, on préférera alors l'IRM. Elle est aussi opérateur dépendant néanmoins, elle peut permettre de compléter le diagnostic clinique, de rechercher des complications, d'évaluer la gravité et d'orienter la prise en charge. [18]

2.2.5. Diagnostics différentiels

Une attention particulière doit être apportée aux diagnostics différentiels existants. Ces diagnostics différentiels ressemblent en quelques points aux lésions musculaires et peuvent plus ou moins être confondus avec. Par exemple, une phlébite peut provoquer un mollet rouge, gonflé et douloureux. Un syndrome de loge d'effort peut provoquer une douleur à l'effort avec aggravation progressive mais ne présente aucun signe ni symptôme au repos. On peut aussi retrouver une rupture tendineuse et chez les jeunes, un arrachement osseux apophysaire ou une pathologie de croissance comme Osgood-Schlatter. D'autres diagnostics différentiels sont possibles comme une lombo-radiculalgie provoquant des sensations de brûlure et d'irradiation dans les membres inférieurs [18].

2.2.6. Facteurs de risque

2.2.6.1. Non modifiables

Certains facteurs de risque peuvent jouer un rôle et augmenter le risque de blessure. En tant que kinésithérapeutes, nous pouvons avoir une action de prévention sur certains facteurs mais d'autres resteront non modifiables comme l'âge par exemple. En effet une étude suppose que plus nous avançons en âge, plus nous avons une diminution de souplesse musculo-tendineuse liée à une

modification structurelle [21]. Un second facteur non modifiable et sûrement le plus important est la lésion musculaire elle-même. En effet, les antécédents de blessures sont les premières causes de blessures musculaires et de récurrence [22]. D'autres facteurs non modifiables interviennent comme l'origine ethnique pouvant modifier la composition musculaire avec une prédominance de fibre de type 2 chez les sportifs d'origine africaine par exemple [23].

2.2.6.2. Modifiables

En revanche, d'autres facteurs interviennent et peuvent être modifiés. Le sommeil et la fatigue peuvent être gérés de façon à limiter les risques. En fin de match ou lorsque plusieurs matchs s'enchaînent avec peu de temps de récupération entre les deux, l'état de fatigue s'installe et le muscle a plus de difficultés pour encaisser les contraintes auxquelles il est exposé. Ceci augmentant ainsi le risque de blessure. Nous pouvons agir sur ce paramètre avec la quantification de la charge de travail lors des entraînements. Un entraînement inapproprié avec une mauvaise gestion du volume horaire et de la charge imposée peut faciliter l'installation de l'état de fatigue et augmenter le risque de blessure [24]. Enfin, l'hydratation globale de l'organisme, l'hypo-extensibilité, une mauvaise technique de course et un déséquilibre musculaire sont aussi des facteurs sur lesquels le kinésithérapeute et l'athlète peuvent avoir une action afin de limiter les risques de blessure [22,24]. Tous ces facteurs ne sont pas à négliger lors d'une saison mais ils ont aussi leur importance lors de la rééducation.

2.3. La rééducation

Suite à une lésion musculaire, la période de rééducation à toute son importance. En effet, la kinésithérapie, avec ses stimulations, son travail et ses conseils va permettre à l'athlète de cicatriser au mieux pour retrouver la fonction et l'état antérieur le plus fiable possible. Aucun consensus n'est clairement établi dans la rééducation d'une lésion musculaire des ischio-jambiers mais il existe une certaine forme d'encadrement recommandé et de principes à respecter. La rééducation est généralement séparée en plusieurs phases se chevauchant, chacune avec des objectifs et des moyens différents mis en place. Ces dernières années, avec la recherche de nombreux protocoles accompagnés d'acronyme comme RICE, PRICE et POLICE ont été mis en place afin de guider la prise en charge aiguë. Dernièrement, un protocole plus complet a vu le jour permettant de guider la prise en charge aiguë ainsi que la prise en charge subaiguë. Il s'agit du protocole PEACE and LOVE [25]. En plus de cette approche de la rééducation d'une lésion tissulaire aiguë, Laurent Erickson et Marc Sherry [26] proposent 3 phases distinctes pour la rééducation d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers.

2.3.1. Phase I

La première phase correspond à la partie PEACE du programme développé par Blaise Dubois et Jean-François Esculier. L'objectif initial de la prise en charge va être de limiter la formation d'un œdème et d'un hématome qui pourraient, par la suite, avoir un impact négatif sur la cicatrisation : « Immédiatement après la blessure, ne faites pas de mal et laissez la PAIX guider votre démarche » [25].

- Le **P** représente la Protection de la lésion. Nous allons éviter toutes sollicitations excessives du muscle, c'est une mise au repos relative afin de restreindre les saignements et d'éviter toute aggravation de la blessure. Le repos est cependant relatif, c'est-à-dire qu'il est le plus faible possible, uniquement guidé par la douleur pour ne pas avoir d'impact négatif sur la qualité des tissus lors de la cicatrisation.

Erickson et Sherry [26] proposent d'éviter les étirements directs, la réduction des longueurs des foulées et l'utilisation de béquilles si nécessaire pour éviter les douleurs.

- Le **E** désigne l'Élévation. La jambe lésée doit être surélevée au-dessus du cœur pour éviter la formation d'un œdème et faciliter l'écoulement du liquide interstitiel.

- Le **A** correspond à la non-utilisation des Anti-Inflammatoires. Les phases de la réaction inflammatoire vont aider la réparation des tissus lésés. Ainsi, l'utilisation d'anti-inflammatoire va annihiler cette réaction et peut avoir des conséquences négatives pour la suite de la rééducation. L'utilisation de la Glace est aussi de plus en plus remise en question au vu des faibles preuves concernant son utilité. En effet, bien qu'elle soit antalgique, ses effets sur la réaction inflammatoire et la revascularisation du site lésionnel méritent d'être davantage étudiés car ils pourraient entraîner une altération de la réparation tissulaire avec une augmentation du taux de collagène.

Dans la partie gestion de la douleur et du gonflement de leur protocole, Erickson et Sherry [26] recommandent aussi de ne pas utiliser d'anti-inflammatoire ainsi que la mise en place de compression au niveau de la cuisse et d'élévation de la jambe au-dessus du cœur. En revanche, ils préconisent l'application de glace deux à trois fois par jour.

- Le **C** représente la Compression avec des bandages ou bas de contention pour éviter le saignement interne avec la formation d'un hématome ou encore d'œdème

- Et enfin le **E** représente l'éducation du patient afin de le guider dans sa rééducation et lui présenter les bienfaits d'une rééducation active. D'après Dubois et Esculier [25], l'éducation permettrait aussi de sensibiliser le patient sur la notion de charge afin d'éviter le surentrainement et elle réduit le risque d'injections ou d'opérations chirurgicales inutiles.

Ainsi, à la suite de ces guides de prise en charge aiguë, tout un protocole va se mettre en place assez rapidement, en règle générale 48H après la lésion. Cette seconde partie est représentée par la fraction LOVE du programme PEACE and LOVE valable pour toute la suite de la rééducation.

- Le **L** correspond à la charge, Load en anglais. Il sera important d'amener rapidement des mouvements actifs. Le stress mécanique doit commencer rapidement, dès que les symptômes vont le permettre. Une charge optimale sans augmentation de la douleur va permettre de favoriser la réparation tissulaire.

- Le **O** représente l'Optimisme. En effet, des attentes optimistes du patient sont associées à de meilleurs pronostics et de meilleurs résultats dans la rééducation. A l'inverse, la peur, le catastrophisme et la dépression peuvent être des obstacles au bon rétablissement du patient.

- Le **V** symbolise la Vascularisation. L'activité cardiovasculaire est primordiale dans la gestion de la blessure musculo-squelettique et doit être commencée rapidement afin de stimuler le flux sanguin vers le site lésionnel.

- Et enfin le **E** correspond aux Exercices. Cette notion est davantage utilisée dans la rééducation d'entorse de cheville. En revanche, une dernière notion évoquée dans l'article de Dubois et Esculier [25] est importante. En effet, ils précisent que les praticiens se doivent de chercher des résultats à long terme et traiter le patient plutôt que la blessure en elle-même.

En pratique, afin d'apporter une notion de progressions, une étude de 2017 [27] a montré l'intérêt et l'efficacité d'une prise en charge précoce, 2 jours post-traumatisme versus 9 jours post-traumatisme. La mobilisation passive précoce permettra une meilleure organisation des fibres cicatricielles dès le début du processus de cicatrisation avec une augmentation de la vascularisation locale et une limitation de l'atrophie des muscles péri-lésionnels. A cela peut s'ajouter des étirements statiques [18] infra douloureux toujours pour orienter les fibres cicatricielles et éviter une cicatrisation anarchique pouvant être responsable de douleurs persistantes ou encore de perte de force. Par la suite, des contractions isométriques légères et surtout infra douloureuses peuvent être commencées [28]. En actif, Erickson et Sherry [26] proposent rapidement du vélo d'appartement afin d'apporter des mouvements actifs assez faciles et non traumatiques ainsi que des exercices d'agilité et de stabilité du tronc pour renforcer la proprioception et le contrôle neuromusculaire [29]. Ces exercices vont aussi apporter de la vascularisation au niveau de la lésion que nous verrons par la suite.

Afin de passer à l'étape suivante stimulant davantage le muscle, il sera important d'avoir une démarche normale et de pouvoir courir à faible allure sans douleur. Les contractions isométriques à 90° de flexion avec une résistance de 75 % de la RM devront être indolores [26,29].

2.3.2. Phase II

Au cours de la phase suivante, l'objectif va être de retrouver progressivement de la force dans toute l'amplitude articulaire et continuer d'améliorer le contrôle neuromusculaire avec des vitesses plus rapides. En termes de protection, il faudra toujours éviter l'allongement maximal du muscle en fin d'amplitude si des faiblesses persistent [26]. Dans leur protocole, Erickson et Sherry [26] introduisent des exercices de thérapie manuelle au niveau du tronc, du bassin pour redonner de la mobilité ainsi qu'au niveau des tissus mous afin d'éviter la formation excessive de tissu cicatriciel. Activement, les exercices de contrôle neuromusculaire sont toujours intéressants permettant un meilleur contrôle du mouvement du tronc et réduisant les risques de blessure et le temps passé en rééducation avant le retour sur le terrain [30]. Il sera intéressant de renforcer d'une façon plus intense et importante le ou les muscles touchés par le traumatisme mais aussi les muscles agonistes. Les contractions isométriques vont progressivement devenir de plus en plus importantes avec des résistances croissantes. Au fur et à mesure des séances et en fonction de l'état

quotidien du blessé, nous allons nous diriger vers des contractions excentriques progressives [28]. Ces contractions excentriques vont permettre un travail en force et une augmentation de l'extensibilité des ischio-jambiers. Leur intérêt dans la rééducation des blessures musculaires a été prouvé. Elles vont aussi avoir une action préventive et réduisent le risque de blessures en protégeant les ischio-jambiers contre les vitesses angulaires très rapides présentes lors des sprints [31]. De nombreux exercices différents existent comme le soulevé de terre à une jambe, le Nordic Hamstring Exercise ou encore avec l'aide de l'isocinétisme. Tous ces exercices vont avoir une action sur les composantes physiologiques du muscle comme la force, l'extensibilité et la longueur optimale pour rétablir une tension active physiologique [29]. L'application de glace peut être continuée en prévention après la réalisation des exercices même si aucune douleur n'est ressentie [31].

Le passage à la dernière phase de la rééducation est envisageable lorsque plusieurs paramètres sont respectés. Le joueur devrait avoir une force égale (côté à 5/5 au TI) ou supérieure à 80 % par rapport au côté controlatéral, sans douleur, lors d'un test isométrique maximal d'une répétition en position couchée avec le genou à 90° selon Heiderscheit et al. [29] et 45° pour Erickson et Sherry [26]. Il devrait aussi dans un second temps être capable de courir en avant et en arrière entre 50 % et 70 % de sa vitesse maximale sans douleur [26,29].

2.3.3. Phase III

Enfin la troisième et dernière phase correspond à un travail plus fonctionnel. Le but final de la rééducation est de retrouver la fonction antérieure mais avant le retour au terrain, plusieurs étapes sont encore nécessaires. Des techniques de thérapie manuelles sont toujours conseillées par Erickson et Sherry [26] mais dans des grades de mobilisation plus importants et de façon agressive notamment sur les tissus mous. Toujours en progression, les exercices de stabilité du tronc devront devenir de plus en plus difficiles et fonctionnels. Pour le renforcement musculaire, les exercices devront suivre la même idéologie, toujours progressivement, de plus en plus difficiles et fonctionnels en travaillant dans les derniers degrés d'amplitude avec des exercices pliométriques par exemple [29]. Des exercices avec des changements de direction rapides, spécifiques au sport, en situation concrète seront adéquats. Suite à cette phase et en fonction de différents critères de retour au terrain, le joueur pourra effectuer son retour à l'entraînement avec un reconditionnement à l'effort inévitable, plus ou moins important en fonction de la durée d'indisponibilité du joueur. Le joueur pourra par la suite retourner avec le groupe d'entraînement et enfin, retrouver la compétition à haute intensité comme à son état antérieur.

2.3.4. Les récives

Dans le sport professionnel, il n'est pas rare que les praticiens soient exposés à des pressions importantes pour ramener les joueurs blessés le plus rapidement possible à la compétition. Une certaine pression de résultats s'ajoute à l'obligation de moyen exercé sur le staff médical. En revanche, ce retour précoce au sport peut exposer le joueur à un risque élevé de blessures ainsi qu'une diminution de ses performances. Il est important de trouver le bon compromis entre la qualité et la rapidité de la rééducation tout en assurant la sécurité du joueur. A l'inverse, dans le football amateur, les joueurs ne vont que rarement chez le médecin et le kinésithérapeute suite à

une lésion musculaire mais vont principalement préférer l'auto rééducation. Les principales raisons peuvent être un manque de temps avec un travail à côté ou un manque de motivation. Ainsi, une rééducation de mauvaise qualité voire l'absence de rééducation peut mener les joueurs amateurs à un retour inadapté aux entraînements et à la compétition et favoriser les récides.

Deux notions importantes peuvent s'ajouter à ces conditions d'efficacité. En effet, il est important de noter que la lésion myo-aponévrotique elle-même est le principal facteur de récidence d'une nouvelle blessure le plus souvent plus importante que la première [22]. Enfin, suite à une lésion musculaire aux ischio-jambiers, il persiste un risque élevé de récidence plusieurs semaines plus tard. Ceci explique qu'environ un tiers des récides surviennent au cours des deux semaines suivant le retour sur le terrain [32]. Ce taux de récidence précoce pose question quant au programme de rééducation mis en place pouvant être inadapté ainsi qu'au critère de retour au sport.

2.4. La quantification de la charge de travail

Les praticiens du sport de haut niveau, entraîneurs, préparateurs physiques et kinésithérapeutes savent que des entraînements intenses sont nécessaires pour préparer au mieux les joueurs aux exigences du haut niveau tout au long de la saison. En effet, l'entraînement est protecteur sous deux facettes : l'exposition à une charge permet de mieux tolérer la charge intense imposée en match mais il permet aussi de développer des qualités physiques protectrices réduisant le risque de blessure [33]. En revanche, il est aussi important de savoir qu'un surentraînement menant à une augmentation de la fatigue peut accroître le risque de blessure [24]. Il est donc intéressant de quantifier la charge des entraînements imposés et leur intensité pour situer les joueurs et les préparer du mieux possible.

C'est le même principe en rééducation. Au cours des différentes phases de la rééducation d'une lésion musculaire, nous allons chercher à solliciter le muscle lésé afin de le renforcer, de retrouver un état de forme antérieur à la blessure pour préparer le joueur au retour sur le terrain. Toujours en faisant un lien avec notre profession et les problèmes rencontrés lors d'une lésion musculaire, il semble intéressant de trouver un juste milieu entre la surcharge de travail (pouvant provoquer des blessures liées à la fatigue ou à une surutilisation) et une sous-utilisation ne préparant pas correctement le muscle à un retour sur le terrain. Cette charge de travail est donc un élément capital afin de prendre les décisions les plus appropriées au cours de la rééducation. En quantifiant cette charge de travail, nous allons pouvoir identifier la quantité optimale d'efforts demandés, de séances de rééducation afin d'être le plus efficace possible et adaptée au patient. En revanche, le terme de quantification de la charge de travail est assez large et plusieurs méthodes existent, chacune utilisant des méthodes et des variables différentes

2.4.1. Définition

Dans cette première partie, nous essayerons de définir les différents termes retrouvés dans la suite des résultats afin d'éviter toute confusion et être le plus précis possible pour la suite de ce travail.

2.4.1.1. La charge ou load

La charge aussi appelée load en anglais peut être comparée à un poids. Dans le milieu sportif, ce poids définit la charge sportive et non sportive (facteurs de stress physiologiques, psychologiques ou mécaniques) comme un stimulus appliqué à un système biologique induisant une réponse physiologique [34,35]. Plus simplement, la charge correspond à différents facteurs imposés ou non à l'athlète venant influencer la réponse de son organisme. Cette charge peut par la suite être divisée en plusieurs catégories en fonction de sa nature.

2.4.1.2. La charge externe

Pour ce qui est de la quantification externe, elle représente le travail réalisé par le sportif et les contraintes imposées indépendamment de ses réactions internes. Elle va correspondre par exemple au poids soulevé, aux nombres de répétitions, à la puissance développée ou encore la vitesse d'exécution des répétitions pour un entraînement de renforcement musculaire. En revanche, pour un entraînement d'endurance dans les sports d'équipe par exemple la charge externe sera principalement la distance parcourue, le temps d'entraînement, le nombre de sprint ou autre. Cette charge externe est imposée aux joueurs dans le but de provoquer une réponse physiologique et psychologique afin d'obtenir une progression, une adaptation de l'organisme face à la charge de travail. Cette réponse correspond à la charge interne. Il est important de préciser qu'un sportif peut réaliser une même séance d'entraînement avec des valeurs de quantification externe identiques (distance, durée ou nombre de répétitions) mais ressortir de la séance avec une expérience personnelle et des valeurs de quantification interne différentes selon son état de fatigue ou l'intensité de la séance. En effet, si les vitesses de course ou les charges sont augmentées, le stress exercé sur le corps et les muscles sera plus important et la quantification interne augmentera tout comme le risque de blessure [36].

2.4.1.3. La charge interne

La charge interne regroupe la réponse physiologique et psychologique de l'organisme en fonction de la charge externe imposée. Elle est quantifiable au cours de l'effort grâce à différents capteurs permettant de mesurer la fréquence cardiaque, le taux de lactate sanguin, la consommation d'oxygène. Après l'effort, il est aussi possible de mesurer la perception subjective de l'effort (RPE). Cette charge interne est propre à chaque joueur, ainsi, pour une charge externe identique deux athlètes auront chacun une réaction interne différente en fonction de leur âge, leur condition physique, leurs antécédents ou autre. De plus, un même joueur peut avoir deux réactions différentes pour une même charge externe en fonction de son état de fatigue, de sa forme physique ou autre. Ainsi, ces facteurs internes sont particulièrement intéressants dans les sports d'endurance afin d'avoir un suivi précis de l'effort demandé et de la réponse de l'athlète. En combinaison avec les facteurs externes, ils vont permettre d'avoir une idée approximative de l'état de fatigue et de la récupération de l'athlète et ainsi permettre d'ajuster les séances.

2.4.1.4. La charge aiguë

La charge aiguë symbolise l'ensemble des charges imposées aux joueurs lors d'une période assez courte. En règle générale dans les études, pour un souci de reproductibilité et de répétabilité, les charges aiguës représentent les charges imposées au cours des sept derniers jours. [37]

2.4.1.5. La charge chronique

En comparaison avec la charge aiguë, la charge chronique fait référence à la charge imposée aux joueurs lors d'une durée plus longue. Cette période peut être très variable mais dans les études en règle générale, les 4 dernières semaines d'entraînement sont prises en compte. [37]

2.4.1.6. Le ratio ACWR

Le ratio ACWR (Acute and Chronic Workload Ratio) est le ratio de la charge de travail aiguë sur la charge de travail chronique. Ce calcul permet d'avoir un contrôle des charges d'entraînement imposées aux joueurs afin de ne les sur-solliciter ou à l'inverse les sous solliciter. Ainsi, l'ACWR va permettre d'avoir une estimation du risque de blessure. [37]

2.4.1.7. La surcharge / overloading

La surcharge définit une charge trop importante (d'étiologie multifactorielle) amenant à une situation de déséquilibre entre la charge interne et la charge externe. Ce déséquilibre ne laissera pas un temps de récupération suffisant au corps pour s'adapter. Cette surcharge peut provoquer une désadaptation physiologique et psychologique pouvant être responsable de performances amoindries et même des blessures dans les cas les plus graves.

2.4.1.8. La quantification de la charge

La quantification de la charge va être la mesure respective de la charge interne et de la charge externe. Cette mesure va se faire avec différents outils afin de quantifier plusieurs variables permettant d'objectiver les différentes charges. Une fois ces mesures effectuées, une analyse précise des valeurs obtenues ainsi que leur interprétation permettront de planifier et contrôler les charges imposées aux joueurs.

2.4.2. Données actuelles

Dans la littérature actuelle, une grande partie des études sur la quantification de la charge de travail cherche à étudier les différents marqueurs utilisés couramment par les professionnels du sport. Leur validité, leur fiabilité et les relations entre la charge de travail et le risque de blessures au sein d'équipes sportives professionnelles sont très étudiées afin d'organiser et de gérer la charge de travail de la meilleure façon possible tout au long de la saison. Plusieurs liens ont déjà été objectivés et certaines études ont mis en évidence une diminution du risque de blessure avec une charge importante mais appropriée [38]. En revanche, d'autres études ont montré une

augmentation des risques de blessures chez les sportifs présentant une charge de travail excessive [39].

Il est important de noter que la grande majorité de ces études porte sur des joueurs valides, au cours d'une saison ou d'une période de préparation physique avant le début de saison mais qu'aucune étude ou très peu n'étudie la charge de travail lors de la rééducation ou lors de la partie réathlétisation avant le retour sur le terrain.

2.5. Synthèse du cadre théorique

Premièrement, grâce aux études épidémiologiques de l'UEFA sur la saison 2015/2016, nous pouvons remarquer que les lésions musculaires représentent une part importante des différents types de blessures avec environ 45 % des cas. Un autre point tout aussi important est le mécanisme menant à la blessure. En effet, quasiment l'intégralité des blessures musculaires a lieu sans intervention externe, les joueurs se blessent eux-mêmes. C'est dans la grande majorité des cas lors d'un sprint ou d'une frappe associée à une surcharge d'entraînement entraînant une fatigue musculaire que les joueurs se blessent. Enfin, le dernier point épidémiologique intéressant est la période de blessure des joueurs. En effet, nous pouvons remarquer que les blessures surviennent plus souvent lors des matchs, en compétition qu'aux entraînements.

Avec les données épidémiologiques énoncées précédemment, nous pouvons légitimement nous demander si les entraînements et la préparation physique amènent les joueurs dans les conditions optimales pour les matchs et la compétition plus intensive. En revanche, il faut aussi porter une attention particulière à la surcharge d'entraînement pouvant devenir délétère si elle s'installe de façon chronique. En effet, nous avons observé qu'elle représente une part importante dans l'incidence des blessures musculaires d'après l'étude de l'UEFA [14]. En effet, avec une sollicitation non codifiée et désordonnée, un état de fatigue généralisé peut se mettre en place et les joueurs n'auront pas assez de temps pour récupérer entre les matchs / entraînements. Dans ce cas, les risques de blessure augmenteront considérablement. Pour répondre à cette problématique, les professionnels du sport et notamment les préparateurs physiques ont commencé à quantifier la charge de travail imposée aux joueurs lors des entraînements pour trouver le juste milieu entre la sous-sollicitation et le surentraînement. Plusieurs outils ont été mis en place, plusieurs paramètres internes et externes ont été mesurés pour avoir un suivi précis des joueurs. A ce jour, plusieurs méthodes existent utilisant différentes techniques et différentes variables mais toutes ont pour objectif d'avoir une préparation optimale. Cette quantification permet aussi d'adapter les séances en fonction des besoins et des modalités de la compétition. Les entraînements seront différents en présaison, en pleine saison, pendant la période hivernale et en fin de saison notamment lors des compétitions internationales. Ainsi, elle va aider à prévenir les blessures en mettant les joueurs dans les meilleures conditions tout au long de la saison. La blessure musculaire étant elle-même le principal facteur de risque d'une seconde blessure musculaire, il paraît nécessaire de tout mettre en place pour essayer de limiter les risques.

En faisant un lien avec la kinésithérapie, la rééducation à toute son importance. En effet, elle se doit d'être la plus efficace possible pour réduire la durée d'indisponibilité des joueurs mais aussi limiter le nombre de récurrences. Ceci est vrai pour les sportifs professionnels mais aussi les sportifs

amateurs avec un travail en plus de leur loisir. Les questions posées précédemment pour la préparation des joueurs lors des entraînements se posent aussi ici dans la rééducation. En effet, la rééducation est une étape importante à ne pas négliger avant le retour aux terrains. Avec une mauvaise préparation physique, le muscle ne sera pas prêt pour l'intensité élevée des matchs mais avec une mauvaise rééducation, le muscle ne sera pas dans de conditions optimales pour la préparation, ces deux étapes se complètent. Pour répondre à cette question, beaucoup de travaux ont été effectués permettant d'avoir des programmes de rééducation organisés. Cependant, de plus en plus de modalités sont remises en question et de nombreux points restent encore à étudier afin d'avoir les meilleures solutions face aux problèmes rencontrés.

En prenant en compte le taux élevé de blessures lors des deux semaines suivant l'arrêt de la rééducation démontré par Heiderscheit et al. [29] nous pouvons nous poser des questions quant aux programmes de rééducation, leur modalité d'application et les critères de retour au terrain. La quantification des efforts demandés paraît alors tout aussi intéressante en rééducation de cabinet libéral. En effet, les outils développés et évoqués auparavant sont très spécifiques à la préparation physique avec des mesures de distances, d'accélération, de charge ou autres présents dans les clubs professionnels. Il me paraissait alors intéressant d'essayer d'identifier et de développer les paramètres de quantification de la charge de travail les plus transposables et les plus pertinents que les kinésithérapeutes pourraient utiliser lors de la rééducation d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers chez les sportifs pour des kinésithérapeutes en cabinet libéral, sans préparateur physique à leur côté pour travailler ensemble. L'utilisation de paramètres de quantification judicieux et appropriés dans la rééducation permettrait d'avoir une sollicitation optimale du muscle et de trouver le juste milieu entre la sous-sollicitation et le surentraînement. Ainsi, après la rééducation les joueurs blessés seraient de retour à la préparation physique au sein de leur club dans de meilleures conditions.

Cette réflexion m'a poussé à m'intéresser à la quantification de la charge de travail dans la rééducation d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers. Ceci afin de savoir si le muscle et l'organisme du sportif a été suffisamment sollicité au cours de nos séances, pourquoi ne pas faire un exercice, une série ou une séance supplémentaire. Je me suis donc posé la question suivante :

Problématique : Quels sont les outils permettant de quantifier la charge de travail les plus adaptés à la rééducation d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers chez le footballeur en cabinet libéral ?

Partie 3 : Méthodologie

Pour essayer de répondre à ma problématique, j'ai effectué des recherches bibliographiques au cours de l'été 2020 après la réalisation de la revue de l'art. Ma méthodologie de recherche a été divisée en plusieurs parties. Dans un premier temps, il a fallu identifier les ressources disponibles ainsi que les moteurs de recherche à interroger puis former des mots clés correspondant à ma problématique pour pouvoir former des équations de recherche. Par la suite, j'ai effectué un tri des articles disponibles avec des critères de sélection précis pour conserver uniquement les études les plus pertinentes. Enfin, j'ai aussi eu recours à d'autres ressources en contactant plusieurs personnes pour m'aider dans la réalisation de ce mémoire. Certains articles sont venus apporter plusieurs éléments de réponse à différentes parties de mon interrogation.

3.1. Ressource internet

Lors de ce travail j'ai utilisé plusieurs sources d'information mais c'est en grande partie sur internet que j'ai réalisé mes recherches informatiques. J'ai utilisé plusieurs bases de données et moteurs de recherche français et anglais pour être le plus exhaustif possible :

3.1.1. Base de données

Parmi les bases de données françaises, on retrouve :

- LISSA
- Science direct

Parmi les bases de données anglophones, on retrouve :

- Pubmed
- PEDro
- JOSPT

3.1.2. Mots clés

Après avoir identifié les ressources disponibles, j'ai formé les mots clés en lien avec ma problématique pour arriver à des équations de recherche. La première étape fut d'identifier les mots clés pouvant être utilisés avec les termes MeSH sur PubMed grâce à HeTOP. Par la suite, la seconde étape a été de traduire les autres mots clés en anglais afin d'interroger les bases de données anglophones.

Dans le tableau ci-dessous (Tab. I) sont résumés l'ensemble des mots clés que j'ai utilisés ainsi que leur traduction :

Tab I : « Formation des mots clés »

Français	Anglais
Rééducation / Réhabilitation	Rehabilitation
Lésion musculaire / Blessure	Injury / Muscle strain / Athletic Injuries (MeSh)
Footballeur / Sportif / Sport / Athlète	Football / Soccer / Sports / Athlete (MeSh)
Charge de travail	Workload (MeSh) / Training Load / Optimal Loading / Monitoring ou "Load monitoring"

Il est important de préciser qu'afin d'étendre la portée de ce travail et de toucher un maximum de professionnels de santé travaillant dans le milieu sportif, j'ai décidé de ne pas utiliser uniquement le terme « football player » mais aussi « athlete ». Ceci ayant pour but de regrouper un maximum de sportifs réalisant régulièrement des gestes similaires au mécanisme lésionnel des footballeurs sont très régulièrement présents dans leur pratique quotidienne.

3.1.3. Equations de recherche

Par la suite, avec l'aide des différents mots clés ainsi que plusieurs opérateurs booléens tels que ET et OU (respectivement AND et OR en anglais) et les paramètres de recherche avancée de chaque base de données, j'ai pu former des équations de recherche pour interroger les bases de données et les moteurs de recherche cités précédemment. Pour interroger correctement les différentes bases de données, j'ai adapté chaque équation en fonction de celle-ci, pour être le plus précis possible. En effet, PEDro n'utilise pas d'opérateurs booléens à l'inverse de PubMed par exemple. Les différentes équations de recherche sont annotées dans le tableau présent en annexe (Annexe 1, Tab II).

3.2. Critère de sélection

Dans un premier temps, je n'ai choisi que des études sur les humains et uniquement en anglais ou en français pour des raisons de compréhension. Le deuxième critère de sélection était de conserver exclusivement des études publiées après janvier 2010 afin d'être le plus à jour possible dans mes références. La quantification de la charge de travail étant un sujet assez récent dans l'histoire de la rééducation, ce critère ne m'a pas restreint dans le nombre d'occurrences. J'ai aussi essayé de sélectionner des articles écrits par des auteurs ayant déjà publié plusieurs ouvrages sur ce sujet.

Par la suite, j'ai aussi privilégié les articles avec un impact factor supérieur à 1 pour avoir une première estimation de la qualité et de la fiabilité de la revue publiant l'article. Une analyse rigoureuse de la qualité méthodologique est tout de même nécessaire après sélection afin d'avoir un avis subjectif et justifié, sans se limiter à l'impact factor.

3.3. Critères d'inclusion

Un grand nombre d'articles s'intéressent à la quantification de la charge de travail lors de la préparation et lors des entraînements mais peu d'études le font lors de la rééducation du sportif en elle-même. C'est pourquoi j'ai pris la décision d'inclure les articles traitant la quantification de la charge de travail durant l'entraînement pour pouvoir transposer ces résultats à la rééducation suite à une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers. De plus, afin d'avoir les populations les plus représentatives des populations sportives, j'ai pris la décision de n'inclure que des sportifs professionnels. C'est dans ces études que je trouverai les éléments les plus précis et les plus à jour par rapport aux avancées des données scientifiques.

Pour inclure les articles les plus pertinents et les plus adaptés à ma problématique parmi les études sélectionnées au préalable, j'ai utilisé plusieurs critères d'inclusion. Mes critères sont les suivants :

- Population sportive masculine
- Sport de force et d'endurance
- Sport avec beaucoup d'accélération et de changements d'appuis
- Méthode de quantification interne et externe
- Articles étudiant les facteurs de quantification de la charge de travail
- Articles en lien direct avec la problématique

3.4. Critères d'exclusion

Suite aux critères d'inclusion, plusieurs études ne correspondaient pas parfaitement à ma recherche, c'est pourquoi pour affiner mes résultats, j'ai pris en compte différents critères d'exclusion :

- Population jeune et adolescente
- Population féminine
- Etudes portant sur des sports de lancer (baseball ou cricket par exemple)
- Etudes portant sur des sports avec des mécanismes lésionnels différents
- Utilisation de biomarqueurs sanguins
- Articles sans lien direct avec la problématique
- Articles répondant à d'autres professions comme les articles médicaux ou statistiques par exemple
- Article étudiant la rééducation d'une autre lésion

Un tableau exposant ma méthodologie est présent en annexe (Annexe 1, Tab. II.), voici ce qu'il reprend :

Base de données	Equation de recherche	Critères de sélection	Nombre d'occurrences	Nombre d'articles retenus

3.5. Autres ressources

Ajouté à mes recherches bibliographiques et en lien avec ma problématique, j'ai pu contacter plusieurs personnes du milieu sportif pour me guider, m'accompagner dans mes recherches et mieux comprendre la quantification de la charge de travail dans sa globalité avec toutes les complexités qu'elle inclut.

Monsieur Briot Pascal, MK DE et enseignant à l'IFMKD a été mon maître de mémoire durant cette période de travail importante. Il m'a permis de structurer mes idées ainsi que mes recherches et a su me guider tout au long de mon mémoire.

Monsieur Pardon Laurent, MKDE et aussi enseignant à l'IFMKD qui a su m'apporter ses conseils et son expertise dans l'organisation de ce travail notamment la réflexion et la méthodologie.

J'ai également contacté Monsieur Fleury Tanguy, ancien kinésithérapeute au centre de Formation de l'AJA et maintenant responsable de la société Enjeux Sport Performance. Il a aussi su m'orienter et me conseiller à travers son point de vue et sa vision de la rééducation dans le monde du football professionnel et du sport de haut niveau.

Enfin, j'ai aussi contacté monsieur Guyon Kevin, préparateur physique de la JDA Dijon Basket puis préparateur physique au centre de formation de l'Olympique de Marseille qui a pu me conseiller et m'éclairer sur la vision et les modalités d'utilisation de la quantification de la charge de travail chez les préparateurs physiques.

Pour obtenir un accès au texte intégral des articles retenus, j'ai dans certains cas, lorsque je ne pouvais pas avoir un accès complet gratuit de ces articles, dû contacter Madame Martineau, documentaliste et responsable de la bibliothèque de l'IFMKD.

J'ai aussi sélectionné 6 études directement à partir de la bibliographie de mes articles précédemment sélectionnés ou issus de suggestion d'article. Ceux-ci répondant à ma problématique et aux exigences des critères de sélection, d'inclusion et d'exclusion évoqués ci-dessus portant mon nombre total d'articles pour mes résultats à 26.

Ci-dessous est présent un tableau récapitulatif des articles retenus pour répondre à ma problématique (Annexe 2, Tab. III)

Source et Année	Auteur	Base de données et équation de recherche	Objectifs	Protocole	Résultats	Intérêt

Partie 4 : Résultats

Dans cette partie des résultats, nous trouverons la retranscription des données identifiées dans les articles retenus lors de la recherche méthodologique. Celle-ci sera divisée en plusieurs parties. La première concernera la quantification de la charge externe, la suivante la quantification de la charge interne et la dernière partie s'attardera sur le ratio aigu et chronique de la charge de travail.

Au cours de mes recherches, j'ai trouvé peu d'études ayant pour but précis d'étudier et présenter les outils utilisés par les professionnels pour quantifier les différentes charges de travail. Par conséquent, j'ai dû inclure certains articles qui avaient un objectif différent de celui que je recherchais (expliquer les méthodes utilisées pour quantifier la charge de travail). Ces articles utilisaient des paramètres de quantification et mesuraient différentes variables dans leur protocole à des fins précises comme l'augmentation ou la diminution du risque de blessure par exemple. Je me suis donc servi de leurs méthodes de quantification afin d'avoir une vision plus réaliste des paramètres principalement utilisés en pratique sur le terrain et dans les recherches.

4.1. La charge externe

Dans cette partie nous allons détailler les différents outils permettant de quantifier la charge de travail externe imposée aux sportifs.

4.1.1. Le suivi des séances

Tout d'abord, il est important de savoir que pour l'ensemble des études, la quantification de la charge de travail externe va permettre d'avoir une vision assez précise des contraintes imposées aux joueurs. Elle va aussi permettre aux entraîneurs et aux préparateurs physiques de connaître les capacités et les capacités des joueurs afin de planifier les futures séances d'entraînement. Ainsi, la quantification peut commencer d'une façon assez globale avec le suivi du nombre mais aussi du type (les modalités et les conditions) de séances d'entraînement et des matchs effectués dans la semaine [35,37,40–44]. Dans un second temps, nous verrons que cette charge permet aussi d'avoir un contrôle sur les programmes d'entraînement afin d'éviter une surcharge aiguë d'une semaine par rapport à l'autre et par rapport à la charge chronique des semaines précédentes.

En plus de la fréquence d'entraînement, la quantification externe peut s'affiner et devenir plus précise avec la mesure des temps d'entraînement et des minutes de jeu lors des matchs [35,37,40–42]. L'ensemble du temps passé sur les terrains définit l'exposition [35,37,40]. Cette exposition est une variable intéressante dans la quantification de la charge de travail externe pour les sports d'endurance nécessitant beaucoup de courses et une certaine condition physique. C'est particulièrement le cas pour les clubs de football comme le montre l'étude de Mc Call et al. [43] réalisé sur 33 équipes professionnelles d'Europe. Dans leur étude, ils ont répertorié les trois principaux outils utilisés afin de suivre les joueurs et limiter le risque de blessure que nous détaillerons par la suite (Annexe 3). En revanche, d'autres variables seront plus adaptées pour les sports de force comme le poids soulevé, le nombre de répétitions ou encore la vitesse d'exécution

des répétitions [45]. Dans ce cas, le volume est calculé par le produit du poids imposé et le nombre de répétitions. Ces variables sont faciles d'utilisation, fiables, valides et ne nécessitent ni technologies ni investissements importants que ce soit en temps ou en argent [45,46].

Concernant les mesures d'exposition pour un entraînement d'endurance, elles n'exposent en aucun cas les joueurs à un effort supplémentaire au risque de les blesser comme c'est le cas avec des tests d'effort ou de saut. De plus, d'après les études de Bourdon [46] et McGuigan [42], elles sont valides, fiables, plutôt simples à mettre en place et peu coûteuses car elles ne nécessitent pas de matériel particulier.

4.1.2. Les micro technologies

La quantification de la charge externe peut se définir comme la simple mesure de l'exposition mais elle peut aussi devenir encore plus précise grâce aux analyses descriptives et chiffrées des activités réalisées par les sportifs [35]. En effet, le développement des analyses vidéos et d'autres technologies a apporté un certain perfectionnement dans la quantification des charges de travail externe. De nos jours, avec l'essor des technologies portables et le progrès de la recherche pour les rendre de plus en plus petites et faciles d'utilisation ; ces nouveautés se sont petit à petit installées dans le milieu sportif [47]. Ceci est d'autant plus vrai pour le football avec l'autorisation de la FIFA quant à l'emploi de micro technologies pendant les compétitions [48].

4.1.2.1. L'expansion des données

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le développement des nouvelles technologies n'a pas que des points positifs. Certes ces technologies vont permettre d'avoir des mesures de plus en plus précises et d'avoir des analyses plus pertinentes et représentatives de la réalité du terrain mais elles présentent aussi des points plus négatifs. Un des principaux points négatifs est l'expansion conséquente du nombre de données récoltées. En effet, plus de 50 variables différentes ont déjà été identifiées pour les équipes de football professionnelles [48]. Ce nombre important de variables utilisées peut encore augmenter davantage avec la possibilité de les exprimer sous forme de valeur absolue ou relative par rapport au temps pour calculer l'intensité par exemple. Par conséquent, en plus du nombre important de valeurs, la complexité de leur utilisation et de leur interprétation augmente aussi en parallèle [48]. Cependant, pour les professionnels du sport qui utilisent déjà la quantification de la charge de travail, l'arrivée de nouvelles technologies peut les amener à se concentrer davantage sur ces nombreuses données à interpréter et induire une baisse de considération pour la charge interne [45].

De nombreuses technologies sont employées dans la quantification comme les accéléromètres, les plateformes de force les capteurs cardiaque les GPS ou autre dans les équipes sportives avec des moyens financiers leur permettant d'en acheter [49]. Dans cette partie, nous allons nous intéresser uniquement aux GPS et aux mesures dérivées du GPS car ce sont les outils les plus étudiés dans la littérature et les plus utilisés par les équipes sportives.

4.1.2.2. Le GPS

En effet, l'utilisation du GPS dans la quantification de la charge de travail est devenue assez fréquente dans les sports d'équipe de haut niveau [35,37,42,44,46,47,49,50] et notamment dans le football professionnel comme le montre l'étude de Akenhead et al. [48]. Dans cette étude, ils se sont intéressés uniquement aux équipes de football et ont récolté les informations (par l'intermédiaire d'un questionnaire en ligne) concernant les pratiques de quantification de la charge de travail de 41 équipes professionnelles. Parmi ces 41 équipes, 40 utilisaient le GPS à chaque entraînement sur le terrain avec un GPS pour chaque joueur. Les principaux domaines d'utilisation retrouvés dans son étude étaient la mesure de la distance totale parcourue, le nombre d'accélération ainsi que la distance parcourue selon différents seuils de vitesse. Ces différentes variables se retrouvent très fréquemment dans la méthodologie de quantification des articles s'intéressant à la quantification externe malgré des objectifs de recherche différents [37,42,50,51]. Grâce à ces nouvelles mesures, le volume d'entraînement peut être abordé plus précisément qu'avec le temps d'entraînement uniquement. Par exemple, la vitesse moyenne, calculée par la division de la distance totale et le temps d'entraînement, permet de mesurer l'intensité de l'effort effectué.

4.1.2.3. Les seuils de vitesse

Il est important de noter que certains points restent encore assez controversés. En effet, dans certaines études des seuils de vitesse sont utilisés afin de définir les critères de course à haute vitesse ou très haute vitesse dans certaines études. Dans l'étude de McLaren, la vitesse était mesurée selon différents seuils standardisés (respectivement compris entre 13,1 et 15,0 km/h pour HSRD (High Speed Running Distance) et 16,9–19,8 km pour VHSRD (Very High Speed Running Distance)) [51]. A l'inverse, ces seuils peuvent aussi être définis individuellement comme ce fut le cas pour l'étude de Strares et al. [52]. Dans leur étude, la distance parcourue à haute vitesse était considérée comme telle dès lors qu'elle était supérieure à 75 % de la vitesse maximale des joueurs calculée lors des tests de présaison. Ainsi, l'utilisation de seuils de vitesse standardisés ou individualisés pose quelques questions dans le football et certains auteurs sont encore en désaccord [48,51,52]. Les seuils standardisés sont les plus utilisés en pratique par les clubs professionnels car plus simples d'utilisation. À l'inverse, les seuils individualisés seraient plus adaptés physiologiquement et plus précis dans la quantification de la charge externe de chaque joueur. Cependant, ils sont peu mis en place car difficiles d'utilisation avec une extraction et un traitement des données beaucoup plus long [41,48].

4.1.2.4. Validité / Fiabilité

D'une manière générale, pour toutes les méthodes de quantification que nous allons aborder dans ce travail, Quarrie et al. [35] nous précise qu'afin d'être efficace, il est important de mettre en place des variables respectant les principes statistiques de fiabilité, validité et sensibilité. De plus, pour être optimisé dans un environnement sportif professionnel, le fait d'être non invasifs, non agressifs et peu coûteux est essentiel.

Concernant le GPS, malgré son utilisation importante, à ce jour aucune variable n'a été identifiée comme véritable marqueur fiable et valide du volume ou de l'intensité des entraînements. Des études sont encore nécessaires pour approfondir la fiabilité, la reproductibilité et réduire le nombre de variables utilisable afin d'apporter une certaine uniformité dans l'utilisation de la quantification [48]. On retrouve dans certaines études des interrogations quant à la fiabilité des mesures des GPS. En effet, d'après Halson [41] le suivi du GPS pourrait être influencé par différents facteurs comme la vitesse, la durée et le type de tâches effectuées. Ainsi plus la vitesse de déplacement serait élevée et plus il y aurait de changements de direction moins la fiabilité du GPS serait importante. En plus de la vitesse, la fréquence d'échantillonnage influencerait aussi la fiabilité du GPS. D'après Bourdon et al. [46], plus elle est importante c'est-à-dire des GPS avec une fréquence d'échantillonnage de 5, 10 ou 15 Hz au lieu de 1 Hz, plus le GPS serait précis. Il est donc primordial d'interpréter les données d'accélération, la décélération et les changements de direction avec prudence [46].

4.1.2.5. Applicabilité

Dans un premier temps, concernant l'applicabilité des variables incluses dans un protocole de surveillance de la charge de travail, il est important de noter que dans l'étude de Starling et al. [44], les 55 participants ont classé par ordre d'importance les qualités principales des outils de mesure. Ainsi, et ceci est valable pour toutes les différentes variables étudiées par la suite, il est important d'avoir en priorité des outils de mesure donnant un feedback immédiat, efficaces en termes de temps, faciles à administrer et peu coûteux (Annexe 4).

Pour ce qui est de l'applicabilité du GPS plus précisément, une différence d'utilisation est à noter entre les équipes professionnelles et les équipes de niveau inférieur. En effet, le coût assez onéreux des micro technologies comme les GPS semble être un frein pour certaines équipes [42]. En plus du coût, l'utilisation du GPS implique une certaine organisation avec un logiciel de traitement et de recueil des données. Le traitement et l'interprétation ne semblent pas très complexes d'après Bourdon et al. [46] mais une certaine adaptation afin de gagner du temps paraît inévitable. Dans sa revue systématique, McGuigan [42] recommande la mise en place d'un GPS facilement utilisable avec une extraction des données de performance valide, fiable et assez simple. En revanche, l'utilisation du GPS peut se faire uniquement dans un environnement extérieur et sans interférence [46]. En matière d'applicabilité et de sécurité des joueurs, le GPS ne fait que recueillir les données et comme le suivi des séances, il n'expose pas les joueurs à une charge supplémentaire pour mesurer leur capacité, au risque de les blesser.

4.1.2.6. En rééducation

L'utilisation du GPS au sein d'une équipe de football peut être influencée par le coach ou le préparateur physique selon ses envies et ses habitudes de travail [47]. Afin d'éviter cet impact extérieur, Burgess [47] a proposé d'utiliser le GPS afin de quantifier les charges externes de travail en rééducation, à l'écart des terrains et du groupe d'entraînement, sans l'influence d'une tierce personne. Ainsi, dans son étude il présente l'utilisation du GPS en rééducation pour mesurer la vitesse de course maximale d'un joueur avant son retour au terrain après une blessure aux ischio-jambiers. Le joueur avait une vitesse de pointe avant la blessure de 9 m/s et grâce au GPS, un suivi

de sa vitesse de pointe au cours de la rééducation a été effectué. Au début de la rééducation, il courait à 60 % de sa vitesse de pointe et petit à petit il a augmenté de 10 % chaque semaine jusqu'à atteindre 100 % avant de retourner sur le terrain (Annexe 5).

Dans l'étude de Stares et al. [52] le GPS est utilisé dans la rééducation mais d'une façon différente. En effet, dans son étude, il cherche à évaluer la relation entre la charge de travail en rééducation, le temps de retour au terrain et le risque de rechute. Pendant 5 ans il a étudié 58 joueurs de football australien d'élites victimes d'une blessure musculaire sans contact du membre inférieur. Au total, 70 blessures ont été incluses dans l'étude. La charge interne et la charge externe étaient quantifiées mais si l'on s'intéresse à la charge externe, le GPS était utilisé pour quantifier la distance totale et la distance à haute vitesse définit comme 75 % de la vitesse maximale du joueur. Les mesures ont été effectuées lors de trois phases de la rééducation identifiées au préalable. La première phase correspondait à la période « off leg » sans course. La course pouvait être reprise à la phase suivante et la troisième phase représentait le retour à l'entraînement avec le groupe puis le retour au terrain. Les mesures présentées dans son étude ne sont que des exemples, d'autres variables jugées pertinentes peuvent être mesurées avec un GPS afin d'apporter un bénéfice dans la rééducation et d'après Burgess [47], tout le défi est dans le choix des variables les plus adaptées en fonction de la rééducation.

4.2. La quantification de la charge interne

A l'inverse de la charge externe, la mesure de la charge interne va permettre de quantifier les adaptations individuelles physiologiques et psychologiques des joueurs en réponse aux charges imposées [34,47,49]. Ces adaptations individuelles peuvent varier en fonction de différents facteurs propres à l'athlète (comme la nutrition, l'état psychologique et émotionnel, ou la fatigue par exemple) et de facteurs externes (comme le contexte d'entraînement) [45]. Ainsi, pour une même séance d'entraînement à quelques jours d'intervalle, un même joueur peut avoir une réponse physiologique différente [46].

En plus des variations individuelles, pour une charge externe identique, la réponse de deux athlètes peut être différente en fonction de leur âge, de leur sexe, leur forme physique ou de leurs antécédents de blessure [49]. Par conséquent, la charge requise pour une adaptation optimale peut varier considérablement d'un athlète à l'autre. Ainsi, la charge interne est essentielle pour déterminer les contraintes imposées adaptées afin d'obtenir une adaptation physiologique optimale [34].

La mesure de la charge interne peut se diviser en deux parties, une partie subjective et une seconde partie objective [34,35,47] que nous allons détailler mais actuellement il n'existe pas de marqueur unique permettant de la quantifier [34].

4.2.1. Mesures objectives

Les mesures objectives vont permettre d'avoir une évaluation de la réponse à la charge externe dépendante des joueurs et indépendante de leur volonté ou de leur ressenti. Parmi les

différentes mesures possibles, on peut retrouver le rythme cardiaque, l'absorption d'oxygène, le système endocrinien, les réponses hématologiques ou immunologiques et les mesures directes de performance [35,53]. Dans cette première sous partie, nous nous intéresserons uniquement aux mesures du rythme cardiaque.

4.2.1.1. La fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque est une des variables les plus fréquemment utilisées afin de mesurer la charge interne physiologique objective [41]. On la retrouve dans de nombreuses études s'intéressant aux sports collectifs [34,37,41–43,46,49]. Chez les équipes de football professionnelles, les cardio-fréquencemètres sont les outils les plus souvent utilisés lors des entraînements après les GPS. Ceci fait de la fréquence cardiaque le paramètre physiologique le plus mesuré dans le football. En revanche, pour l'instant ils ne sont pas utilisés lors des compétitions à cause des restrictions concernant le port de micro technologies. Ceci devrait changer après l'autorisation de la FIFA quant au port de micro technologies lors des matchs officiels comme nous l'avons vu précédemment pour le GPS [48]. Nous verrons par la suite que la fréquence cardiaque est très souvent utilisée en combinaison avec la perception de l'effort afin d'avoir une évaluation objective ainsi qu'une évaluation subjective permettant de modéliser un potentiel état de fatigue [41].

La mesure de la fréquence cardiaque peut être utilisée de différentes façons, que ce soit au cours de l'entraînement, après l'entraînement et même avant l'entraînement. Dans un premier temps, nous nous intéresserons à la mesure de la fréquence cardiaque lors de l'entraînement avec HReX. Cette variable HReX correspond à l'expression du travail cardiaque en battements par minutes à un moment donné de l'entraînement et peut être exprimée en pourcentage de la fréquence cardiaque maximale (% HRmax). Cette dernière expression en fonction de la fréquence cardiaque maximale du joueur va permettre d'avoir une estimation de l'intensité de l'exercice. Ainsi, pour un exercice donné, une fréquence cardiaque plus faible indiquerait une progression dans la condition physique. Cependant, une augmentation de la fréquence cardiaque n'est pas forcément synonyme de diminution de la capacité physique. En effet, elle peut être modifiée par plusieurs facteurs comme le mode de récupération (active ou passive et plus ou moins longue) ou la durée des efforts demandés par exemple [54].

Des mesures dérivées de la fréquence cardiaque peuvent être utilisées après l'effort. C'est le cas de la fréquence cardiaque de récupération, HRR [54]. Elle correspond à la vitesse à laquelle la fréquence cardiaque diminue à l'arrêt de l'exercice permettant d'avoir une estimation de l'activité du système nerveux parasympathique et sympathique. Des périodes différentes peuvent être utilisées mais ce sont souvent les 60 premières secondes après l'arrêt de l'exercice pendant lesquelles la fréquence cardiaque est mesurée. Il est suggéré que la HRR s'améliore avec une charge de formation accrue. A l'inverse, elle resterait inchangée lorsqu'il n'y a pas de changement dans la charge d'entraînement, et elle diminuerait lorsque la charge de travail est réduite. Ainsi, il a été conclu que l'utilisation de HRR pourrait permettre de surveiller l'accumulation de fatigue chez les sportifs comme les footballeurs [41,54].

Après les mesures au moment de l'arrêt des efforts, des mesures peuvent être effectuées au repos afin de quantifier la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) entre le rythme cardiaque au repos et à l'effort [41,54]. Cette variabilité permettrait d'estimer à la fois les adaptations positives et les adaptations négatives en réponse à la charge de travail. Par exemple, d'après le consensus sur la charge, la surcharge et la récupération chez les athlètes, en cas de surentrainement elle peut diminuer [49]. Dans l'étude de McGuigan [42], 30 % des équipes de football professionnelles interrogées utilisaient l'HRV.

4.2.1.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité

Pour les sports collectifs, les mesures de la fréquence cardiaque sont très souvent utilisées car elles offriraient un aperçu objectif, relativement peu coûteux et simple à mettre en place de la charge interne du joueur [46,47]. En effet, d'après Djaoui et al. [54] étudiant la surveillance de la charge d'entraînement et de la fatigue chez les joueurs de football avec des marqueurs physiologiques, la fréquence cardiaque a été validée comme marqueur de la charge de travail interne pour différents types d'entraînement et différents types d'exercices. Ces mesures seraient des outils fiables pour suivre la fatigue et la condition physique des joueurs de football [46,54] et seraient aussi sensibles à la variation de charge de travail, des performances et de la distance parcourue à haute vitesse [55]. Ainsi, les mesures de la charge interne dérivée de la fréquence cardiaque auraient montré des associations corrélées aux charges externes et à l'intensité des entraînements ou des matchs chez les sports collectifs [51]. En revanche, la validité des mesures de la fréquence cardiaque dépend du contexte dans lequel elles sont appliquées [45,51]. Pour un entraînement en endurance et en fonction du type d'effort, l'utilisation de la fréquence cardiaque est plus ou moins pertinente et validée. En revanche, pour des entraînements en résistance ce ne serait pas la mesure la plus fiable à utiliser [45].

Par la suite, il est important de noter que la fréquence cardiaque présente une grande variabilité inter-journalière. De nombreux facteurs environnementaux vont venir agir et modifier les différentes mesures de la fréquence cardiaque d'un jour à l'autre. Le moment de la saison, le moment de la journée, l'état émotionnel, la qualité du sommeil, l'hydratation, la prise de médicaments et encore d'autres facteurs peuvent être responsable de variations et affecter la fiabilité des mesures [41,48,54]. Ainsi, dans les sports d'équipe comme le football, il est important d'interpréter les différentes fréquences cardiaques avec prudence [54]. En pratique, pour limiter cette variabilité, l'utilisation de moyennes hebdomadaires et de moyennes mobiles sur 7 jours aurait une validité supérieure à des mesures sur une seule journée [41].

Concernant son applicabilité, tous les moyens mis en place quantifiant directement une unité de mesure (par exemple, la fréquence cardiaque, la distance, la vitesse et le temps) ou capables de compter le nombre de répétitions sont facilement interprétables. En revanche, son application nécessite l'utilisation de matériel et de logiciel de traitement des données. [46]

4.2.1.3. Autres mesures

Dans la quantification interne objective, d'autres mesures sont aussi utilisées comme le training impulse (TRIMP) [37,41,46]. Le TRIMP est considéré comme une mesure de l'effort

physique utilisant la durée de l'entraînement et la fréquence cardiaque de repos, moyenne et maximale pendant l'exercice. Plusieurs dérivés du TRIMP existent comme la méthode d'Edwards utilisant le temps passé à différents seuils de fréquence cardiaque. Une méthode utilisant des seuils de lactate existe aussi, c'est la méthode de Lucia [41,56]. Ces méthodes se sont avérées fiables, mais aussi associées à la RPE et à la forme physique chez les joueurs de football [54]. En revanche, les techniques de quantification dérivées de mesures directes (comme le TRIMP est dérivé de la fréquence cardiaque) permettraient d'apporter plus d'informations si elles sont analysées correctement mais l'interprétation des résultats serait plus difficile [46]. De plus, le TRIMP nécessite une certaine expertise, des ressources et du matériel informatique [41].

4.2.2. Mesures subjectives

Après la partie de quantification interne objective, une partie des mesures est subjective. Dans l'étude de Quarrie et al. [35], les entraîneurs ont indiqué que le recueil d'informations subjectives était la partie la plus importante du suivi de la charge interne. Parmi les mesures subjectives, la fatigue, l'humeur, la récupération physique, le bien-être général et la motivation sont des choses régulièrement investies. C'est ce que nous allons voir dans cette partie.

4.2.2.1. RPE

Parmi tous les éléments de quantification subjectifs disponibles, la RPE est une des plus utilisées chez les athlètes, les sports collectifs [34,37,41,42,46,49] et particulièrement dans le football (Annexe 3) [43]. La RPE (Rating of Perceived Exertion) correspond à l'évaluation subjective du stress physiologique que le joueur a perçu au cours de la séance ou du match. Elle va permettre d'aborder la quantification de la charge de travail sous un côté psychologique et subjectif à l'inverse de la fréquence cardiaque, plus physiologique et objective [34].

Concernant sa mesure, en règle général, la RPE est mesurée à l'aide de l'échelle modifiée de Borg CR-10 (Annexe 6)[52,57–59] trente minutes après chaque entraînement [42,56–59]. En pratique, il a été démontré par Veugeleers et al. [59] que l'utilisation de la RPE chez les footballeurs australiens à chaque séance, quelle que soit la séance d'entraînement (sur le terrain et en dehors du terrain si c'est une séance de renforcement musculaire en salle par exemple), était plus précise pour évaluer les risques de blessure que l'utilisation pour les entraînements sur le terrain seulement. Pour les footballeurs, l'étude de Akenhead [48] nous informe que la RPE est très utilisée après les entraînements mais qu'en revanche, elle est très peu utilisée après les matchs. Pour cause, la sensibilité du contexte de l'après-match, l'état psychologique des joueurs et des entraîneurs en fonction du résultat ainsi que d'autres variables contextuelles comme la performance perçue par le joueur peuvent influencer la perception de l'effort et ainsi diminuer la sensibilité et la fiabilité de la mesure.

En faisant un lien avec les mesures objectives, chez les cyclistes, les scores de RPE étaient corrélés à la fréquence cardiaque lors des entraînements fractionnés à haute intensité. En revanche, la corrélation avec la fréquence cardiaque lors des entraînements de courte durée à haute intensité chez les footballeurs n'était pas aussi évidente [41]. Cependant, la mesure de la charge de travail des entraînements et des matchs à l'aide de RPE est associée au risque de blessure dans d'autres

sports d'équipe d'élite et d'après Mc Guigan et al. [42] la perception de l'effort augmente avec l'accumulation des contraintes externes imposées.

4.2.2.2. sRPE

Après la mesure de la perception de l'effort auprès du joueur, la sRPE (session of rating perceived exertion) peut être calculée. Cette mesure, développée par Foster, correspond à la multiplication du RPE (toujours 30 minutes après l'entraînement avec l'échelle modifiée de Borg) par la durée de l'entraînement [41,42,52,57,58]. Ce calcul dérivé de la RPE donnant une valeur arbitraire de la charge de travail est très régulièrement utilisé dans les sports d'équipe comme le montre le grand nombre d'études dans lesquelles il est mis en place [37,40–42,46,47,52,55–58]. Comme la RPE, cette méthode de quantification s'est avérée en lien avec les mesures physiologiques objectives ainsi qu'avec les mesures externes dérivées du GPS dans plusieurs sports collectifs. La sRPE était corrélée à l'incidence des blessures chez les rugbymans, les joueurs de football australien [35,47] mais aussi chez les footballeurs à l'inverse de la RPE [41]. De plus, il est important de noter que la sRPE met en relation la charge interne subjective (la RPE) avec la charge externe (la durée de l'entraînement) [35,37] ce qui permettrait d'identifier une situation de fatigue plus facilement que l'utilisation individuelle des charges internes et externes. Ainsi, cet outil simple serait un moyen efficace de surveiller la réponse à la charge [37].

4.2.2.3. Validité, Fiabilité et Applicabilité

Concernant la validité et la fiabilité de la sRPE, elle a montré une forte association avec la charge externe et notamment la distance parcourue et les accélérations au cours d'une séance et des matchs pour les sports d'équipe [51]. En revanche, cette association entre la sRPE et la charge externe était dépendante des modalités et des types d'entraînement. Plusieurs autres études approuvent la validité et la fiabilité de ces variables pour permettre la surveillance de la charge physique dans plusieurs sports de haut niveau [41,46,42]. Cependant, cette mesure de l'effort perçu combiné au temps de la séance présente certaines limites [41]. En effet, à valeur égale, elle ne permet pas de différencier une séance courte de haute intensité et une séance longue à basse intensité. Par exemple, une session de 40 minutes avec un RPE de 7 et une session de 70 min avec un RPE de 4 donnera une sRPE de 280, cependant, ces deux entraînements n'ont pas les mêmes effets sur le risque de blessure [37]. Ajouté à cela, la période de latence entre l'arrêt de l'entraînement et la collecte de la RPE est importante car plus elle augmente, plus la perception de l'effort perçu diminuerait [42]. Ainsi, afin d'être répétable et reproductible par un autre praticien il est important d'opter pour une méthode de mise en place similaire après chaque entraînement. Les mesures doivent être effectuées de la même façon, au même moment et idéalement par le même praticien [47]. De plus, comme tout questionnaire subjectif, les sportifs peuvent mentir ou inconsciemment mal évaluer l'effort perçu, menant à des modifications de leurs données. Afin de limiter ce biais, l'utilisation croisée avec un facteur de quantification objectif comme la fréquence cardiaque permettrait d'assurer un équilibre entre une mesure perceptive et une mesure quantifiable objective [41,46].

Concernant sa mise en place, d'après plusieurs études, la sRPE est considérée comme un outil simple à mettre en place. Son unité de mesure normalisée, sa facilité de collecte et d'analyse

ainsi que son faible coût sont des atouts à prendre en compte [35,46,47,57]. De plus, son unité de mesure standardisée permettrait de quantifier les charges internes de différentes formes d'entraînements individuels ou collectifs que ce soit des entraînements d'endurance, de force ou même des séances de rééducation avec des changements importants de charge de travail [42,46,47,57].

4.2.2.4. Questionnaires

La charge interne peut également être estimée à l'aide de questionnaires sur le bien-être [47]. Ces questionnaires font partie des moyens de quantification de la charge interne et de la fatigue les plus utilisés par les équipes sportives de haut niveau [37,41,42,46,51,53,60] et plus précisément chez les équipes de football professionnelles pour qui le bien-être subjectif a été classé deuxième paramètre de contrôle le plus important [43,48]. Plus de la moitié des praticiens du football professionnel interrogés dans l'étude de Akenhead et al. [48] utilisaient des mesures d'auto-évaluation quotidiennes pour surveiller l'état psychologique et le bien être des athlètes.

D'après plusieurs études dont la revue systématique de Saw et al. [53], de nombreux questionnaires existent. Parmi les plus fréquemment utilisés, on retrouve le Profile of Mood States (POMS) ainsi que ses dérivées, un Questionnaire sur le Stress lié à la Récupération chez les Sportif (RESTQ-S) et l'Analyse quotidienne des exigences de la vie des Athlètes (DALDA) [37,42,46,49,50,53,60]. Pour certains auteurs, les scores de ces questionnaires et notamment le REST-Q seraient corrélés aux variations de la charge de travail et valides pour identifier un changement dans le bien-être des athlètes [42,53]. Cependant, malgré la validation de ces questionnaires « standardisé » que nous aborderons dans la partie suivante, de nombreuses équipes mentionnent l'utilisation de leur propre questionnaire « personnalisé » [42,50]. D'après Taylor et al. [50], ce serait même le type de questionnaire le plus utilisé, avec plus de 80 % des équipes sportives les mettant en place dans leur étude. Etant développés en fonction de leur besoin, leurs questionnaires seraient plus adaptés à la population et aux différentes situations rencontrées.

D'une façon générale, que ce soit pour les questionnaires personnalisés ou standardisés, les variables jugées comme les plus pertinentes chez les footballeurs sont les douleurs musculaires, la durée et la qualité du sommeil [42,43,50]. Les autres variables estimées moins importantes mais tout de même utilisées sont l'humeur, la perception de la fatigue physique ainsi que le bien-être [42,50,60]. En revanche, bien que l'utilisation de ces questionnaires subjectifs soit très fréquente, différentes posologies existent. Afin d'avoir une estimation de la fatigue des joueurs jugée satisfaisante par chaque équipe, leur utilisation peut être hebdomadaire, plusieurs fois par semaine ou quotidienne selon les études (Annexe 7) [41,42,50].

4.2.2.5. Validité, Fiabilité et Applicabilité

A propos de la validité des mesures subjectives en général, il a été démontré dans plusieurs études que les mesures dérivées de la perception de l'effort et du bien-être étaient corrélées aux variations aiguës et chroniques de la charge externe. [51,53,55]. En comparaison avec les données objectives, ces mesures seraient modifiées avant que la diminution des performances puisse être observée [48]. Par conséquent, elles seraient plus sensibles pour identifier des changements dans

le bien être des sportifs que les mesures objectives [34,37,49,53]. D'après Saw et al. [53], en reflétant les changements dans le bien-être des athlètes, les praticiens pourraient utiliser les mesures d'auto-évaluation subjective en toute confiance. Concernant les questionnaires subjectifs plus précisément, selon l'étude de Taylor et al. [50] de nombreuses études ont montré que les troubles de l'humeur étaient significativement liés à une augmentation de la charge et une diminution des performances. Ainsi, les questionnaires subjectifs permettant d'objectiver l'humeur, la fatigue et le bien être des joueurs seraient fiables, valides et sensibles aux variations de charge d'entraînement [42,46,50,53,60].

Concernant leur applicabilité, qu'ils soient standardisés ou personnalisés, les questionnaires sont des moyens simples et peu coûteux d'évaluer les réponses à la charge de formation. Chez les équipes sportives de haut niveau, leur utilisation très fréquente serait liée à leur facilité d'utilisation, de recueil (possibilité d'utiliser les téléphones afin de répondre aux questionnaires [48]) et d'analyse des données [41,47]. D'après Bourdon et al. [46], plusieurs conditions sont à respecter avant d'utiliser un questionnaire. Tout d'abord, le questionnaire doit être valide et fiable et si possible accompagné d'un manuel décrivant son application. Ensuite, il faut définir ce que le praticien veut mesurer, que ce soit l'état actuel ou l'état général des derniers jours. Enfin, il est important de définir les besoins des praticiens en fonction de la posologie, est-ce que des informations rapides et quotidiennes sont plus adaptées ou est-il plus intéressant de mettre en place des enquêtes plus longues mais moins fréquentes ? Pour ce qui est de la posologie, d'après Taylor et al. [50] parmi les personnes répondant à leur enquête en ligne sur leur méthode de quantification, 55 % utilisaient un questionnaire quotidiennement. Il est important de noter que ces questionnaires ne nécessitent pas de logiciel de traitement des données ni de matériel particulier si ce n'est le support du questionnaire [46]. En pratique, afin de maximiser la conformité et l'adhésion des joueurs, un questionnaire doit minimiser le temps de remplissage [41,60]. En effet, la fréquence d'administration, le temps nécessaire, le temps d'analyse et le type de réponse peuvent être des freins à l'utilisation [41]. Ainsi, un temps de réponse jugé trop long peut influencer négativement l'adhésion des joueurs [42,50,60]. Par conséquent, l'utilisation de questionnaires plus courts et de façon hebdomadaire afin de limiter la fatigue d'usage permettrait d'augmenter l'adhésion des joueurs [42,47,60]. Dans ce cas, la fiabilité dans la mesure de la fatigue serait moins importante [60]. Afin de limiter ces biais, Twist et al. [60] recommandent l'utilisation de questionnaires plus abrégés comme la version plus courte et plus simple du REST-Q. Cette version permettrait aux praticiens d'apporter une méthode scientifique et une fiabilité plus importante tout en écourtant le temps de réponse et d'analyse donc en augmentant l'adhésion des joueurs [60].

Malgré leur sensibilité et leur fiabilité, le temps de réponse assez conséquent ainsi que le manque de spécificité sportive sont les deux principales raisons qui ont poussé les praticiens à utiliser davantage les questionnaires personnalisés [42,50]. Ces questionnaires personnalisés auraient démontré une certaine sensibilité aux changements de la charge d'entraînement dans plusieurs études permettant de renforcer leur validité et leur fiabilité aux yeux des praticiens. En revanche, d'après McGuigan et al. [42], les résultats sont à interpréter avec prudence car ces derniers n'auraient pas été assez étudiés. Bien que le niveau de preuve scientifique de ces questionnaires soit assez faible, d'après Mc Call et al. [43] les échelles subjectives personnalisées dérivées du questionnaire REST-Q s'intéressant à la fatigue, le sommeil et le stress permettraient de prédire le risque de blessure au cours du mois suivant chez les joueurs de football

professionnels. En revanche, comme la sRPE et la RPE, tous les questionnaires impliquent des réponses subjectives pouvant être modifiées par un joueur qui sans s'en rendre compte minimise son état de fatigue ou peut volontairement mentir afin d'influencer les choix de l'entraîneur et favoriser sa sélection [41,47,60].

4.3. Le ratio ACWR

Après la récolte des données externes imposées aux joueurs ainsi que leur réponse à travers les données internes, une phase d'analyse et d'interprétation va entrer en jeu. C'est dans cette phase que va intervenir la notion de charge aiguë ou chronique et de ratio ACWR (Acute Chronic Workload Ratio) utilisé pour comparer la charge aiguë et la charge chronique. Il est mentionné dans l'étude faite par Akenhead et al. [48] que certaines équipes conservent les données obtenues sur une période allant de 3 jours à 6 semaines pour fournir des informations sur les différentes charges et leurs interprétations possibles.

4.3.1. La charge aiguë

Comme défini auparavant, la charge aiguë correspond à la charge imposée aux joueurs sur une courte période mais aucune durée n'est encore définie précisément. Dans certaines études, la charge aiguë va correspondre à la charge interne calculée avec le sRPE de la semaine précédente [37,43,57,58,61] ou à une période de 5 à 10 jours [46]. Cependant, dans l'étude de Williams visant à réduire le nombre de données collectées et dérivées des mesures de la charge de travail, la charge aiguë était associée de façon significative à la charge quotidienne de travail seulement [58].

4.3.2. La charge chronique

A l'inverse de la charge aiguë, la charge chronique correspond à l'ensemble des charges subies par le joueur sur une plus longue période. En règle générale c'est lors des quatre [37,40,43,52,58,61] ou six [46] dernières semaines mais aucun consensus n'est encore avéré sur la période à prendre en compte, certains n'utilisent que la charge des trois dernières semaines[57].

4.3.3. Le ratio ACWR

Avec les valeurs de charge aiguë et chronique, le ratio ACWR peut être calculé. Ce ratio est souvent utilisé dans la quantification de la charge de travail car il aiderait à identifier les risques de blessure en lien avec les changements de charge d'entraînement ainsi que la préparation des sportifs [37,43,61]. Avec l'utilisation de ce calcul, les praticiens pourraient aussi objectiver un changement important dans la charge imposée à travers l'expression de la charge aiguë d'un joueur en pourcentage de sa charge chronique [58].

4.3.3.1. Interprétation

Le fonctionnement de ce ratio peut se résumer d'une façon assez simple, il se définit par une courbe en U [37,46] (Annexe 8). Si nous sommes dans une situation où la charge chronique de

base est élevée avec une charge aiguë équivalente ou légèrement inférieure, alors le ratio sera faible, autour de 1. Dans ce cas, l'athlète sera considéré comme bien préparé et il éprouvera peu de fatigue instantanée [37]. Ainsi, un ratio de 0,5 signifie qu'un athlète n'a accompli que la moitié de la charge de travail au cours de la semaine actuelle par rapport aux 4 dernières semaines [61]. Cependant, si la charge aiguë augmente rapidement et dépasse la charge chronique (ou qu'à l'inverse la charge chronique a progressivement diminué) cela va entraîner une fatigue aiguë importante et le ratio deviendra supérieur à 1. L'athlète ne sera alors pas considéré comme préparé physiquement et il sera probablement exposé à un risque accru de blessure [37]. Par exemple, un ratio de 2 signifie que l'athlète a effectué une charge de travail deux fois plus importante dans la semaine en cours par rapport à la charge effectuée au cours des 4 semaines précédentes [61].

Pour ce qui est de l'interprétation du ratio, les auteurs sont du même avis quant à l'élévation du risque de blessure lié à l'augmentation du ratio mais aucun consensus n'est encore établi concernant les valeurs utilisées. Pour certains auteurs, un ratio autour de 1 (entre 0,8 et 1,3), exposerait l'athlète à un risque de blessure faible, inférieur à 10 % pour les plus précis [37,46]. En revanche, un ratio supérieur ou égal à 1,5 définit un « pic » dans la charge d'entraînement et le risque de blessure augmenterait de façon importante [37,46,61]. Jones et al. [40] exprime aussi une augmentation du risque de blessure avec le ratio ACWR mais avec des valeurs différentes. Pour lui, un ratio égal à 2 serait associé à un risque de blessure 3,3 à 4,5 fois plus important. A l'inverse des augmentations, des « creux » dans la charge de travail peuvent aussi avoir des conséquences négatives et augmenter le risque de blessure. C'est ce qui a été démontré avec le nombre d'expositions à la vitesse maximale chez les athlètes de sport collectif [46]. Le surentraînement augmente le risque de blessure mais le sous-entraînement ne prépare pas assez les joueurs. Ainsi, une accumulation de charge faible conduisant à une charge chronique insuffisante expose les joueurs à un risque de blessure supérieur d'où la forme en U de la courbe [46].

Pour certains auteurs, ce ratio serait donc en relation avec le risque de blessure. S'il augmente, le risque de blessure augmente et inversement. Cependant, d'après Soligard et al. [37], certains auteurs rapportent un temps de latence entre l'augmentation du ratio et du risque de blessure. En effet, dans leur étude faisant office de consensus, ils mentionnent deux études démontrant qu'un ratio supérieur à 1,5 n'avait pas eu d'effet sur le risque de blessure lors de la semaine en cours mais que la probabilité de blessure au cours de la semaine suivante était deux à quatre fois plus importante. Dans son article, il présente aussi une étude pour laquelle le délai peut aller jusqu'à un mois. C'est aussi le cas pour Blanch et al. [61] qui illustrent différentes probabilités de blessure pour la semaine suivant l'augmentation de la charge aiguë en fonction de différentes valeurs de charge aiguë et chronique (Annexe 9).

4.3.3.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité

Concernant son applicabilité, Bourdon et al. [46] ont conclu que malgré son utilisation importante, sa mise en place n'est pas si simple. En revanche, son coût est plutôt faible et l'utilisation de matériel n'est pas primordiale. A l'inverse, un logiciel est conseillé pour conserver les données et effectuer le calcul au fur et à mesure afin de faciliter la tâche du praticien qui l'utilise. Pour être plus précis et spécifique dans l'utilisation du ratio ACWR, il est possible de l'appliquer à un large éventail de variables d'entraînement (par exemple la distance totale,

collisions, accélérations et décélérations, etc.). Cependant, afin d'éviter l'augmentation inutile du nombre de données à calculer et à interpréter, d'après Soligard et al. [37] et Blanch et al. [61], il serait intéressant d'utiliser uniquement les variables spécifiques à l'athlète, au sport et au mécanisme des blessures. Ainsi, la distance de sprint effectuée par un footballeur sera plus représentative de son activité comparée à l'utilisation unique de la distance totale sans tenir compte des changements de rythme. Pour Blanch et al. [61], il est important d'avoir une bonne approche avec des paramètres simples et valides avant de complexifier les analyses du ratio ACWR.

La validité de ce ratio est remise en question car la moyenne mobile de charge de travail ne tient pas compte des effets de la forme physique et de la fatigue au fil du temps. Ainsi il se peut que la charge chronique ne représente pas avec exactitude les modalités et les variations dont les charges sont accumulées. [46]. Cependant, il serait davantage efficace en matière de prévention que l'utilisation de la charge aiguë et chronique individuellement [40,46,58].

4.3.3.3. En rééducation

L'utilisation du ratio ACWR peut aussi s'étendre à la rééducation. En effet, Ritchie et al. [57] ont cherché à quantifier l'impact des blessures sur la charge d'entraînement avant et après le retour au terrain chez les joueurs professionnels de football australien. Pour ce faire, ils ont quantifié la charge de travail des trois semaines précédant le retour au terrain (W-3/W-2/W-1) et trois semaines après (W+1/W+2/W+3). La charge de travail interne était quantifiée avec le sRPE et la charge externe avec un GPS afin de mesurer la distance totale, la course à haute vitesse, la vitesse moyenne et les accélérations. Le ratio ACWR a été calculé en utilisant le RPE des sept derniers jours et la charge chronique des trois dernières semaines. Les résultats de cette étude ont permis de mettre en évidence une augmentation des sollicitations externes aiguës lors du retour au terrain. Le ratio ACWR passait de 1,02 à W-1 puis 1,57 pour W+1, 1,59 à W+2 et 1,28 à W+3 pour les blessures au niveau du membre inférieur. En réalité, cette augmentation correspond au retour à une charge externe « normale » avec le groupe d'entraînement comparée à la diminution de la charge externe en rééducation (Annexe 10). Dans leur étude, Blanch et al. [61] nous expriment les mêmes idées. Leur étude s'intéresse à un joueur de rugby en phase de réathlétisation après une blessure musculaire aux ischio-jambiers. Lors de la rééducation, le nombre de courses à haute vitesse a rapidement augmenté donnant un ratio ACWR à 1,9 et une semaine plus tard le joueur rechutait (Annexe 11).

4.3.3.4. Autres variables

En plus du ratio ACWR, d'autres calculs peuvent être effectués [40,58]. La monotonie se calcule en divisant la charge moyenne de la semaine [58] par l'écart type de la semaine, et la contrainte (training strain) se définit comme le produit de la monotonie et de la charge totale de la semaine [40,58]. La différence entre la charge totale d'entraînement de la semaine en cours et de la semaine précédente (week to week change) est aussi évoquée. En revanche, l'utilisation de ces facteurs est encore controversée et ne ferait qu'augmenter le nombre de données récoltées, les calculs et les interprétations [40].

Partie 5 : Discussion

L'objectif de ce travail est d'apporter différentes variables de quantification de la charge de travail chez les sportifs pour des kinésithérapeutes exerçant en libéral et ne travaillant pas en interdisciplinarité avec des préparateurs physiques. Dans les résultats, nous avons abordé les différentes facettes de la quantification de la charge de travail que cela soit la charge interne, la charge externe et le ratio ACWR. Dans cette partie de la discussion, tout en reprenant le même plan que les résultats, nous chercherons à critiquer les données obtenues afin d'émettre une conclusion par la suite.

5.1. La charge externe

Avant de s'intéresser précisément à la charge externe, il est important de noter que l'utilisation du mot « charge » est assez controversée et selon les études, on trouve différentes définitions. Dans l'étude de Soligard et al. [37] faisant état de consensus, il est précisé que le terme « charge » est souvent utilisé pour définir la charge externe par exemple. En plus de la définition, les variables incluses dans la surveillance de la charge peuvent être différentes. Par exemple, Jones [40] définit la charge comme le stress appliqué sur le corps par l'activité réalisée mais pour Soligard et al. [37], la surveillance de la charge comprend les performances, le bien être émotionnel et des facteurs cliniques comme les symptômes et les blessures. Pour Quarrie et al. [35], la charge s'apparente comme l'ensemble des charges appliquées qu'elles soient en lien avec les entraînements de rugby ou les contraintes de la vie quotidienne en dehors du rugby. Bien que ces études concernent des populations différentes comme des rugbymans, nous pouvons facilement transposer ce problème aux joueurs de football et à la clientèle d'un cabinet. Que considérons-nous comme charge de travail et par conséquent, qu'inclure dans la quantification ? Il est primordial de bien définir le contexte avant de se lancer dans un projet de quantification afin d'être le plus précis et reproductible par la suite.

Concernant la charge externe, dans la littérature elle est souvent définie comme la charge effectuée par les sportifs indépendamment de leur adaptation physiologique. Plusieurs outils ont été développés et avant l'apparition des technologies permettant de quantifier la charge interne, la charge externe était le seul moyen de quantifier la charge de travail [62].

5.1.1. Le suivi des séances

Dans un premier temps, nous avons vu que le suivi des séances est le premier élément quantifiable. En plus d'être relativement simple et facile à mettre en place, il permet déjà d'avoir une première estimation des charges imposées aux joueurs comme l'ont montré les différents articles étudiant la charge externe [35,37,40–44]. Dans un cabinet libéral, le suivi des séances peut se faire assez naturellement avec l'organisation des rendez-vous et des semaines de travail. Ainsi, le libre choix de l'organisation et de la planification des séances de rééducation en accord avec les disponibilités du patient introduit la notion de quantification de la charge dans la prise en charge du kiné. Par la suite, en progression au cours de la rééducation, la réalisation d'exercices donnés en autonomie à la maison sera aussi à prendre en compte.

Dans le but d'être plus précis qu'en quantifiant simplement la fréquence des séances de rééducation, le temps de travail définissant l'exposition peut être pris en compte. C'est ce que nous a montré l'article de Mc Call et al. [43] dans son étude s'intéressant à plusieurs équipes européennes de football professionnel. En revanche, comme avec la charge de travail et la charge externe, le terme exposition est utilisé différemment selon les études. Dans une revue systématique, Jones [40] nous précise que le temps passé à l'entraînement ou en compétition peut être défini par l'exposition mais aussi par le volume. Par conséquent, au cours des recherches méthodologiques ou au sein des études, il est possible de confondre certains termes ou de ne pas interpréter correctement les résultats. L'utilisation d'un seul et même terme permettrait de faciliter les recherches et l'interprétation des résultats mais aussi la communication entre les professionnels.

En apportant ces données à la pratique libérale et dans la continuité de la planification des séances, la durée des séances de rééducation peut facilement être quantifiée et adaptée par le kinésithérapeute en fonction des besoins, de la progression et des disponibilités du patient. Par exemple, lors de la phase de réathlétisation avec la reprise de la course, le temps de la séance et le temps passé à courir seront des éléments intéressants à prendre en compte. En revanche, dans la phase précédente, lors du renforcement musculaire, ce sont les notions de répétitions et de poids soulevé qui seront primordiales. En effet, le produit du poids soulevé et du nombre de répétitions permettra de calculer le volume d'entraînement comme pour les séances de réathlétisation [45]. Par conséquent, le kinésithérapeute pourra adapter sa pratique en fonction des séances précédentes, de l'évolution du patient et de son ressenti que nous verrons par la suite.

Ces mesures sont assez fréquemment utilisées dans les clubs de football professionnels comme l'ont montré les études de Akenhead [48] et McGuigan [42]. La mise en place du suivi de la fréquence et de la durée des séances sont des moyens peu coûteux, valides et fiables qui n'exposent pas les joueurs à des risques de blessure plus importants. Ce sont aussi des méthodes simples à interpréter et faciles d'utilisation qui ne nécessitent pas de matériel particulier si ce n'est pour conserver les données [42,46]. Ainsi, dans un cabinet libéral, l'utilisation de ces premières notions de quantification ne peut qu'être un atout sans être trop contraignant pour les praticiens et utilisables par d'autres confrères en cas de besoin. Nous pouvons même expliquer ces différents calculs aux patients qui pourront, en fin de rééducation, continuer d'appliquer ces mesures chez eux en autonomie. Ceci permettrait d'avoir une continuité dans la mise en place de la quantification de la charge de travail au moment du retour à l'entraînement avec leur club par exemple et ne pas annihiler tout le travail déjà effectué auparavant.

5.1.2. Les micro technologies

De nos jours, les progrès technologiques ont permis le développement de nouveaux outils intéressants pour la quantification de la charge de travail externe mais aussi pour la charge interne [62]. Etant dans un premier temps uniquement utilisées lors des entraînements, avec l'autorisation de la FIFA afin de les utiliser lors des matches officiels de compétition [48], les données vont devenir de plus en plus nombreuses permettant d'accroître les connaissances sur le sujet.

5.1.2.1. L'expansion des données

Une des conséquences non négligeables du développement de nouvelles technologies et de leur utilisation de plus en plus répandue est la possibilité de mesurer et d'analyser un nombre croissant de variables. Pour Akenhead et al. [48], plus de 50 variables de quantification interne ont été identifiées parmi 41 équipes de football professionnelles. L'expansion des données peut nous laisser envisager plusieurs conséquences. Tout d'abord, elle expose les praticiens à différentes problématiques comme la gestion des grandes quantités de variables mesurées et de données collectées. La capacité de transformer ces données en interprétations significatives pour pouvoir agir sur l'organisation des entraînements et leur traduction en mesures concrètes pour tous les autres acteurs concernés sont deux autres problématiques identifiées [63]. Par la suite, comme l'a exprimé Impellizzeri et al. [45], les praticiens déjà impliqués dans la quantification de la charge de travail comme les préparateurs physiques peuvent être amenés à étudier la mise en place et les effets de leur utilisation. En revanche, l'augmentation de leur intérêt pour ces nouvelles variables de plus en plus nombreuses peut se faire au détriment des autres facettes de la quantification comme la charge de travail interne par exemple. A l'inverse, on peut légitimement s'interroger sur la pratique des kinésithérapeutes libéraux n'utilisant pas aussi fréquemment voire pas du tout la quantification de la charge de travail. Au vu du nombre conséquent de données mesurables, les kinésithérapeutes libéraux peuvent se sentir découragés ou rencontrer des difficultés pour identifier les variables qui leur semblent les plus adaptées parmi l'ensemble des variables disponibles [63].

5.1.2.2. Le GPS

Tout d'abord, pour essayer de quantifier la charge de travail, la mesure de variables adaptées et en lien avec le sport pratiqué est primordiale. Le nombre de balles jetées est adapté au baseball tout comme le nombre de shoots au basketball. Pour le football, la distance parcourue et la vitesse avec l'utilisation du GPS semblent faire partie des variables les plus adaptées. En effet, comme l'a montré l'étude de Akenhead et al. [48], l'utilisation du GPS est très développée chez les clubs de football professionnels. Sur les 41 équipes répondant à son étude, 40 utilisaient un GPS afin de quantifier la charge externe. Son étude est très intéressante car elle se concentre uniquement aux équipes de football professionnelles européennes. Etant une étude descriptive récoltant les méthodes de quantification des clubs par mail, elle ne présente pas un niveau de preuve très important en comparaison à des méta-analyses. En revanche, elle a permis d'identifier avec précision les pratiques les plus courantes et les outils les plus utilisés sur le terrain à travers les réponses des personnes directement concernées.

En lien avec le paragraphe précédent concernant l'expansion des données, une étude de Cardinale et al. [64] évoque aussi l'utilisation d'accéléromètre, de gyroscope et même des magnétomètres afin de mesurer les directions, les orientations, les accélérations ainsi que les mouvements angulaires. En plus des outils disponibles de plus en plus nombreux, l'utilisation de différents appareils afin de mesurer les mêmes variables (ce qui arrive très fréquemment à cause de l'usure des capteurs d'après Buchheit et al. [65]) n'est pas du tout recommandée et nécessite l'emploi d'une équation d'étalonnage [65]. Cependant, en limitant le nombre d'appareils à l'utilisation d'un GPS seulement, la mesure de plusieurs variables est possible. Les variables les

plus utilisées sont la mesure de la distance totale et la vitesse moyenne [64,66] permettant d'en déduire le volume et l'intensité des entraînements. Elles peuvent aussi être dérivées des accélérations avec la quantification des impacts ou encore plus complexes et spécifiques comme la puissance métabolique [66]. Une classification établie par Gray existe, elle divise les variables en trois niveaux [65]. Le premier contient les distances parcourues à différentes vitesses, les changements de vitesse que ça soit des accélérations ou des décélérations font partie du niveau deux. Enfin, le dernier niveau inclut tous les événements dérivés de la micro technologie des capteurs inertiels / accéléromètres comme la puissance des impacts, un déséquilibre des foulées par exemple.

Un autre point important sur lequel aucun consensus n'est encore établi dans l'utilisation des GPS est la procédure de collecte, d'analyse et d'interprétation des résultats [66]. En plus des différentes variables mesurables, il est important de noter que selon les différents fabricants, différentes technologies et méthodes de mesure sont utilisées avec différentes unités. Par conséquent, l'utilisation systématique du même GPS et de la même unité permet d'être reproductible. De plus, les logiciels de traitement des données sont régulièrement mis à jour par les fabricants pouvant créer des modifications dans l'analyse et l'interprétation des données [65].

5.1.2.3. Les seuils de vitesse

Pour un kinésithérapeute libéral recevant un joueur blessé aux ischio-jambiers nécessitant une reprise progressive de la course, la quantification de la distance parcourue en fonction de la vitesse lors d'exercice de réathlétisation peut être intéressante. Le football nécessite beaucoup de changements de rythme et les efforts demandés ne sont pas constants. Lors des résultats (4.1.2.3.), plusieurs possibilités se présentaient aux praticiens, que ça soit l'utilisation de seuils de vitesse standardisés pour chaque joueur [51] (les plus utilisés) ou de seuils personnalisés en fonction de la vitesse maximale de chaque joueur [52]. A ce jour, aucun consensus n'est encore établi à ce sujet mais chaque méthode, qu'elle soit standardisée ou individualisée a ses avantages et ses inconvénients. En effet, l'utilisation de seuils standardisés est beaucoup plus simple d'utilisation et ne nécessite pas de modification dans l'analyse et le traitement des données. Ceci sera moins chronophage mais beaucoup moins individualisé et adapté au patient. En revanche, l'utilisation de seuils de vitesse personnalisés sera bien plus en accord avec les principes de rééducation en kinésithérapie, nécessitant une rééducation personnalisée en fonction de chaque patient. L'utilisation de seuils individualisés est associée d'une façon plus importante à la distance parcourue à haute vitesse et l'amélioration des performances cardio-respiratoires par rapport à l'utilisation de seuils standardisés. Cependant, le joueur arrivant en consultation en cabinet libéral étant déjà blessé, la mesure de sa vitesse maximale ou toute autre performance sera impossible et nécessitera du matériel précis.

En conclusion, d'après les résultats et les différentes critiques apportées, il en ressort que l'absence de consensus sur les variables quantifiables les plus représentatives ainsi que sur les analyses effectuées est le premier obstacle diminuant l'efficacité dans le suivi de la charge de travail chez les joueurs de football [48]. En pratique, il est conseillé de se concentrer sur des variables simples, faciles à comprendre pour être utilisées par tous les praticiens du club et suffisamment fiables et valides pour faire les choix les plus adaptés lorsque c'est nécessaire [65].

5.1.2.4. Validité / Fiabilité

Il est important de noter qu'à ce jour, que ça soit pour la quantification de la charge externe ou de la charge interne, aucune variable et aucun outil n'est encore identifié comme gold standard. Malgré l'absence de gold standard, certains principes généraux restent recommandés. Comme le conseille Buchheit et al. [65], des variables valides et fiables permettront de faire les meilleurs choix lorsque des décisions devront être prises. De plus, afin de limiter les écarts entre la mesure effectuée et la charge de travail réelle, la précision des mesures est extrêmement importante.

Alors que le choix des variables est primordial et spécifique à chaque sport, une problématique se présente aux praticiens au moment de la sélection de leurs variables. En effet, d'après Buchheit et al. [65], la validité et la fiabilité des variables seraient inversement liées à leur importance en termes de surveillance de charge. Ainsi, les variables considérées comme les plus importantes comme la distance à haute vitesse par exemple seraient les moins utiles. En revanche, l'utilisation de ces variables n'est pas proscrite. Une variable, même avec une fiabilité et / ou une validité peu importante peut s'avérer intéressante dans la quantification de la charge d'entraînement et apporter des informations importantes. C'est au moment de l'interprétation des mesures obtenues que les praticiens doivent faire preuve de prudence [65].

Concernant la fiabilité du GPS, représentant sa capacité à identifier avec précision les distances et les vitesses de déplacement, toutes les études sont unanimes pour dire que plus la fréquence d'échantillonnage est importante, plus la mesure du GPS est fiable [64,67,68]. En revanche, elle peut être influencée par plusieurs facteurs comme la vélocité, la durée de la tâche et le type de tâche. Ainsi, plus la vitesse de déplacement est élevée et plus il y a de changement de directions ou de courses répétées dans des petits espaces comme au football, moins la fiabilité est bonne [67–69].

Pour ce qui est de la validité du GPS représentant sa capacité à donner une mesure exacte de la bonne vitesse ou de la bonne distance, c'est la même chose que pour la fiabilité. Plus le taux d'échantillonnage est élevé, plus la mesure de la distance obtenue à partir du GPS est valable [64,67,68]. Seul Buchheit et al. [65] trouve qu'une augmentation de la fréquence d'échantillonnage n'est pas forcément synonyme de meilleure fiabilité et validité. Pour les autres facteurs d'influence, la vitesse de course et la durée de course peuvent aussi avoir un impact direct sur la validité de la distance mesurée par le GPS [69]. Pour Aughey [67], les mesures de course à faible vitesse et sur une longue durée auront une meilleure validité que des mesures pour des vitesses importantes et sur une courte distance. Enfin, toute modification du traitement des données comme une mise à jour du logiciel ou de l'appareil peut modifier la validité des mesures et une nouvelle validation est nécessaire à chaque modification. Pour pallier à cette modification de la validité, les praticiens peuvent retarder la réalisation des mises à jour au cours de la saison afin de ne pas modifier la validité et assurer une répétabilité des mesures [64,65].

Cependant, deux points méritent d'être approfondis. Nous venons de voir que plus les accélérations étaient importantes moins la validité et la fiabilité des GPS étaient élevées. C'est aussi ce que dit Akenhead dans son étude visant à étudier la fiabilité et la validité des GPS [69]. Dans cet article, il conclut que les mesures effectuées avec un GPS d'une fréquence

d'échantillonnage de 10 Hz ne sont pas assez fiables et valides pour des accélérations de plus de 4 m/s^2 . Cette accélération équivaut à un gain de vitesse de 14,4 km/h par seconde. En comparaison avec l'étude de Silva et al. [70] quantifiant les accélérations dans leur protocole, les mesures maximales pour les joueurs les plus rapides d'une équipe professionnelle russe étaient autour des 3 m/s^2 . On peut donc légitimement penser que les footballeurs, même les plus rapides et surtout en amateur ne dépassent pas les accélérations de 4 m/s^2 . Par conséquent, les GPS seraient assez fiables et valides. Dans le même sens, une étude de Varley et al. [71] conclut que les GPS avec une fréquence d'échantillonnage de 10Hz permettent de quantifier avec précision les accélérations, les décélérations et la vitesse de déplacement pour les sports d'équipe.

5.1.2.5. Applicabilité

Avec l'utilisation des GPS, l'impact financier n'est pas à négliger. Pour un kinésithérapeute pratiquant dans un cabinet libéral, la mise en place de GPS ou d'autres outils de plus en plus sophistiqués nécessitera un investissement matérialiste important. L'avantage d'être en cabinet libéral est la prise en charge individuelle des patients. Ainsi, un seul GPS suffira à quantifier la charge externe d'un patient en phase de réathlétisation. Il n'est pas nécessaire d'avoir un GPS pour chaque patient comme pour une équipe de football complète lors des entraînements collectifs. De plus, en cas de nécessité il est encore possible de se servir d'application mobile que les patients peuvent télécharger sur leur téléphone. Dans ce cas, le GPS sera plus utilisé comme un guide pour le patient afin de lui donner des indications à respecter lors de sa réathlétisation plutôt que pour suivre son travail effectué en séance. L'utilisation de ces GPS avec une application mobile permet au patient de s'en servir aussi en autonomie chez eux afin de retrouver une condition physique optimale avant le retour au terrain avec leur club.

Pour un kinésithérapeute pratiquant en libéral avec des patients présents en moyenne trente minutes deux à trois fois par semaine, seules les mesures rapides et facilement réalisables avec un temps d'analyse assez rapide seront intéressantes. Pour la prise en charge, il ne sera pas bénéfique de devoir traiter et analyser des données complexes demandant un temps considérable à l'inverse des préparateurs physiques d'un club de football professionnel qui ont plus de temps afin de planifier leurs séances en fonction des données récoltées et des analyses.

5.1.2.6. L'utilisation dans la rééducation

En termes d'applicabilité et de mise en place, nous avons vu que l'utilisation du GPS dans une équipe de football peut être influencée par les habitudes et les méthodes de travail de l'entraîneur ou du préparateur physique [47]. En rééducation et notamment dans un cabinet libéral, ce problème ne se pose pas. Une autre étude utilisait la quantification de la charge de travail au cours de la rééducation, c'est l'étude de Stares [52]. En regardant d'un peu plus près cette étude, on se rend compte qu'elle est particulièrement intéressante pour notre problématique. Dans un premier temps, malgré le fait que la population ne soit pas la même, le football australien ressemble au football européen sur beaucoup de points. C'est un sport avec beaucoup de course, de changement de rythme, de changement de direction, de sprint et de shoot étant les principaux mécanismes de blessure sans contact. Ce sont d'ailleurs uniquement les blessures musculaires « initiales » ou « récurrentes » des membres inférieurs qu'ils ont analysées. Parmi les 85 blessures

initialement répertoriées, 37 étaient des blessures aux ischio-jambiers avec un temps de retour au terrain de 22 jours en moyenne. Dans leur étude, les chercheurs ont récolté des données de charge interne et externe pendant 5 ans ce qui représente une durée assez importante et permettant d'avoir une quantité de données à traiter assez conséquente. Pour la charge externe, ils utilisaient un GPS avec une fréquence d'échantillonnage importante de 15 Hz pour mesurer la distance totale parcourue et la distance parcourue au-dessus de 75 % de la vitesse maximale pour chaque entraînement. Ainsi, dans leurs études, l'utilisation de GPS avec une fréquence d'échantillonnage importante et des seuils de vitesse personnalisée permet d'avoir une méthode de quantification assez précise. En conclusion de leur étude, et en lien avec notre problématique, ils soutiennent l'utilisation de la quantification de la charge de travail dans la rééducation des joueurs de football australien professionnel et dans les prises de décision concernant le retour au terrain.

En revanche, pour des joueurs amateurs faisant leur rééducation dans un cabinet libéral, la rééducation est personnalisée et les praticiens peuvent facilement suivre les sollicitations et la charge externe sans forcément utiliser un GPS en rééducation. Dans une revue systématique de septembre 2020 réalisée par Kupperman et al. [72], les chercheurs ont fini par conclure qu'aucune mesure spécifique du GPS parmi la distance totale, la distance à haute vitesse, les accélérations et les décélérations, la distance de sprint et le ratio ACWR étaient associées à un risque accru de blessure. Ceci en raison du nombre important de facteurs quantifiable, des différences de définitions de blessure et d'analyses statistiques. Ainsi, l'utilisation d'un GPS en rééducation ne semble pas forcément indispensable, les changements de direction, les accélérations ou autres peuvent être quantifiés individuellement. Cependant, il peut être intéressant de conseiller au patient d'utiliser un GPS lors de la reprise de la course. Afin de gérer la charge externe imposée au patient, un programme de reprise progressif à effectuer en autonomie en dehors des séances peut lui être remis et le GPS peut l'aider à respecter la charge et suivre plus précisément le programme.

5.2. La charge interne

En complément de la charge externe et avec le développement de nombreuses technologies, les praticiens ont commencé à quantifier de nouvelles valeurs afin de développer la notion de charge interne [62]. Cette charge interne permet d'avoir une estimation des adaptations physiologique de l'athlète en fonction des sollicitations auxquelles il est exposé. Avant tout, il est important de noter que cette quantification permet d'apporter un regard plus personnel aux joueurs que la quantification externe.

5.2.1. Mesures objectives

Nous avons vu que la quantification de la charge interne peut se développer en deux parties distinctes. Une partie subjective avec une auto-évaluation du sportif et une partie objective avec des mesures indépendantes de l'athlète. Comme avec la charge externe, le développement de nouvelles technologies et les progrès de la recherche ont permis de développer du plus en plus d'outils de mesure [62]. Ainsi, plusieurs variables objectives sont mesurables dans la charge interne comme la consommation d'oxygène, la concentration sanguine de différents biomarqueurs et hormones ou autre [41]. Dans cette première partie, nous aborderons uniquement la mesure de la fréquence cardiaque pour un souci de pratique et d'applicabilité. En effet, il paraît assez

compliqué et pas forcément très adapté de réaliser des analyses précises de consommation d'oxygène par exemple et l'analyse de biomarqueur ne fait pas partie de nos champs de compétences.

5.2.1.1. La fréquence cardiaque

Comme nous avons pu le voir auparavant (4.2.1.1.), la mesure de la fréquence cardiaque est très souvent utilisée pour quantifier la charge de travail interne chez tout type de sportif, que ça soit des sports individuels ou collectifs [41]. C'est même la variable la plus utilisée chez les footballeurs [48]. En revanche, comme pour le GPS plusieurs mesures sont potentiellement réalisables. Il est possible de mesurer la fréquence cardiaque avant les entraînements, au cours des entraînements et même après les entraînements afin d'obtenir différentes informations interprétables. En plus des modalités d'application, un point notable dans l'utilisation de cette mesure est le nombre important de facteurs pouvant modifier les résultats obtenus en plus de la variabilité inter-journalière déjà existante [40,41,54]. Parmi ces facteurs, certains peuvent s'exprimer différemment en fonction du statut amateur ou professionnel du joueur. Dans notre cas, les joueurs amateurs jouent dans la plupart des cas par plaisir et n'ont pas de pression de performance comme les joueurs professionnels pouvant agir sur leur état émotionnel. A côté de ça, la qualité du sommeil avec possiblement un stress important en lien avec leur emploi et même l'hygiène de vie avec une hydratation de moins bonne qualité que les joueurs de football peuvent modifier les mesures de la fréquence cardiaque. Ainsi, tous ces facteurs sont à interpréter différemment pour des joueurs amateurs en comparaison à des joueurs professionnels et ils impliquent une approche biopsychosocial indispensable.

5.2.1.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité

Pour ce qui est de la validité et la fiabilité des mesures de la fréquence cardiaque, dans les résultats nous avons vu qu'au sein de la littérature on retrouve souvent une bonne validité et une bonne fiabilité de ces mesures au regard de la charge de travail interne et du suivi de la fatigue. En revanche, au vu des nombreuses façons d'utiliser la fréquence cardiaque et les différentes mesures possibles avant, pendant et après les entraînements, il semble intéressant de n'utiliser qu'une seule mesure. En réduisant le nombre de variables mesurées, cela permettrait de réduire le temps consacré à chaque étape de la quantification afin que la mesure de la charge interne en plus de la charge externe ne devienne pas trop chronophage. Ainsi, Silva et al. [70] ont démontré dans leur étude étudiant quels indices de fréquence cardiaque reflètent le mieux la charge externe et l'intensité de l'entraînement chez les footballeurs que le temps passé à 80 % de la fréquence cardiaque maximale (tHR 80 %) ainsi que la méthode TRIMP était les deux méthodes de mesure les plus valides. Ainsi, l'utilisation de la mesure du rythme cardiaque lors de l'effort semble la plus adaptée. Seule la mesure de la fréquence cardiaque maximale pose question car elle nécessite un test d'effort maximal afin d'être fidèle et représentatif du sportif. En revanche, elle peut être estimée avec une marge d'erreur de plus ou moins 2 à 5 battements par minute avec la formule suivante : $(192 - 0.007 \times \text{age}^2)$ [73].

Concernant l'applicabilité de la mesure de la fréquence cardiaque, en considérant toutes les façons de la mesurer vues auparavant (4.2.1.1), certaines d'entre elles paraissent assez compliquées pour un praticien en libéral. En effet, les mesures de la fréquence cardiaque de repos au réveil sont difficilement réalisables pour un kinésithérapeute sauf si le patient a le matériel adapté chez lui et nous retransmet les données récoltées. En revanche, cette pratique n'est pas reproductible car si le kinésithérapeute utilise un autre appareil de mesure avec une fiabilité et une validité différentes lors de ces séances, des écarts peuvent venir fausser les interprétations. Pour ce qui est de la mesure de la fréquence cardiaque lors de l'exercice, celle-ci semble déjà plus adaptée à la pratique libérale mais nécessite un investissement dans du matériel. Enfin, la mise en place de cette méthode de quantification interne après l'effort ou en fin de séance peut être appliquée en cabinet. Cependant, d'après Impellizzeri [45], elles ne sont pas adaptées aux entraînements en résistance pour travailler la force ce qui réduit leur champ d'application. Ainsi, comme pour l'application du GPS, les mesures du rythme cardiaque seront intéressantes uniquement pour la phase de réathlétisation avec reprise de la course et travail d'endurance.

5.2.1.3. Autres mesures

D'autres mesures ont été développées et peuvent être utilisées comme la méthode TRIMP et plusieurs dérivés de la méthode TRIMP initiale [37,41,46]. Ces différentes méthodes sont souvent utilisées en club par les préparateurs physiques afin d'avoir un suivi encore plus précis de l'évolution et de l'état de forme des joueurs. En effet, elles combinent différents composants de la quantification de la charge comme la durée et l'intensité (calculé à partir de la fréquence cardiaque de repos, la fréquence cardiaque d'exercice et la fréquence cardiaque maximale) [41]. Ces méthodes pourraient être utiles en rééducation car elles ont prouvé leur fiabilité et leur sensibilité aux variations de la RPE ainsi qu'à la forme physique du joueur. En effet, elle permettrait d'avoir un suivi précis et pertinent des patients en rééducation ou en phase de réathlétisation en cabinet libéral suite à une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers. En revanche, ces méthodes nécessitent un temps d'analyse, de calcul et de mesure des variables assez conséquent qui ne paraît pas optimisé et adapté à la pratique kinésithérapique en cabinet libéral.

5.2.2. Mesures subjectives

Après une partie importante de quantification de la charge interne et externe objective, l'utilisation d'une mesure subjective peut être pertinente et intéressante. C'est en effet une des valeurs les plus utilisées par les entraîneurs de rugby d'après l'étude de Quarrie et al. [35]. Malgré la différence de population avec notre problématique, ces mesures subjectives sont aussi utilisées dans le football [43] comme le montre le tableau.

5.2.2.1. RPE

L'évaluation de l'effort perçu (RPE) est une mesure très utilisée en pratique pour les sports collectifs notamment le football (Annexe 3) [43]. En combinaison avec les variables objectives, elle va venir apporter une partie subjective à la quantification de la charge de travail qui n'est pas négligeable [34]. En faisant le lien entre les résultats décrits dans la partie 4.2.2.1., afin d'être le plus précis possible comme dans l'étude de Veugeleurs et al. [59], il sera intéressant de proposer

au patient une évaluation subjective à l'aide de l'échelle de Borg CR-10 après chaque séance. Dans son article, Veugeleurs [59] a cherché à comparer quatre méthodes de quantification dérivées de la RPE afin d'évaluer laquelle pourrait être le meilleur prédicteur de l'évolution du risque de blessures chez des joueurs de football australien. Pour notre problématique, il y avait une association statistiquement significative entre l'incidence des blessures et les méthodes RPE et sRPE de toutes les séances d'entraînement. Ainsi, comme dans son étude, lors de la rééducation, en fonction de l'évolution du joueur nous aurons différentes phases de travail. Une phase inévitable sera la phase de réathlétisation avec reprise de la course et autres exercices de mise en situation. Pour l'instant nous avons vu que l'utilisation du GPS et des cardio-fréquencesmètres pourrait être utile dans ces phases. En revanche, hormis le suivi des séances avec le volume d'entraînement calculé avec le poids imposé et le nombre de répétitions effectuées [45], peu d'outils sont intéressants pour les premières phases de rééducation. Ainsi, comme dans l'étude de Veugeleurs qui utilisait la RPE lors des séances sur le terrain mais aussi en dehors lors des entraînements en force, en rééducation nous pourrions utiliser cet outil au début de notre prise en charge afin d'optimiser notre quantification. En revanche, comme nous le dit Akenhead et comme c'est le cas dans la majorité des études utilisant la perception de l'effort, il est rare qu'elle soit utilisée après les matchs. Ceci est un point assez critiquable car c'est lors des matchs qu'il y'a le plus de blessure (2.2.1.2.) et que les efforts sont les plus intenses. Ainsi, pour les joueurs valides, soit la RPE est mesurée après les matchs et peut être influencée par le score et la performance subjective du joueur, soit elle peut être mise en place plus tard afin de diminuer l'effet des émotions sur les perception mais dans ce cas on fait appel aux souvenirs du joueur qui peut se tromper soit elle n'est pas mise en place comme c'est souvent le cas et les mesures de la semaine ne sont pas complètes [74]. En revanche, en rééducation nous ne serons pas concernés par l'influence du résultat du match ou de la performance des joueurs et nous pourrions l'appliquer à chaque séance.

5.2.2.2. sRPE

Avec la mesure de la RPE, nous pouvons déduire la sRPE assez simplement en multipliant le résultat par le temps d'entraînement [41,42,52,57,58]. Ce calcul met en relation la charge interne et la charge externe et permet d'identifier une situation de fatigue plus facilement que l'utilisation de la charge interne et externe individuellement [37]. En revanche, de nombreux facteurs peuvent venir influencer positivement ou négativement la mesure de cette variable. C'est ce qu'ont démontré Gaudino et al. [75] dans leur étude cherchant à identifier les marqueurs de charge de formation externe qui ont le plus d'impact sur la sRPE. D'après les résultats de leur étude, la distance parcourue à haute vitesse (au-dessus de 14,4 km/h), le nombre d'accélérations et le nombre d'impacts étaient significativement les plus importants dans la modification de la sRPE. Ainsi, grâce à ces données, le praticien pourra adapter ses séances en rééducation afin de moduler les contraintes et les impacts conséquents sur le ressenti du joueur.

De plus, grâce à sa simplicité de mise en place, sa facilité de collecte et son unité de mesure standardisée permettant de quantifier la charge de différents types d'entraînement, son utilisation en rééducation pour un kinésithérapeute ne peut qu'être un atout dans le suivi des patients. Que ce soit pour des séances de renforcement ou des séances plus axées sur la réathlétisation en fin de rééducation, la sRPE sera adaptée. Au fil du temps et avec une utilisation à chaque séance, les patients se familiariseront avec cet outil et les mesures n'en seront que de plus en plus valides.

5.2.2.3. Validité, Fiabilité et Applicabilité

Concernant la validité et la fiabilité, plusieurs études ont permis d'approfondir les connaissances. Parmi ces recherches, l'étude de Scott et al. [76] est intéressante car ils ont évalué la fiabilité et la validité de l'échelle CR-10. Dans leur étude, les auteurs ont trouvé une faible fiabilité concernant la quantification de la charge interne. Certains biais existent, comme le montre l'étude de Quarrie [35] et de Soligard et al. [37], il est possible d'obtenir un même score RPE pour une séance de musculation et une séance de course alors qu'elles nécessitent des dépenses énergétiques et des effets physiologiques aigus menant à des adaptations différentes. En revanche, pour la validité, les résultats étaient bien meilleurs. En plus de l'étude de Scott et al. en 2013 [76], l'étude de Impellizzeri et al. [77] et Gaudino et al. [75] sur les footballeurs ont permis de démontrer la validité cette méthode. L'étude de Impellizzeri [77] a trouvé une sensibilité significative de la sRPE avec les différentes méthodes de quantification utilisant la fréquence cardiaque TRIMP (Bannister's TRIMP et Eward's TRIMP). Ajouté à cette donnée, Scott [76] exprime une corrélation significative entre la sRPE et les mesures de la charge externe. Ainsi, en raison de la forte validité de cette mesure en plus de sa facilité d'utilisation, la sRPE reste une méthode valable pour quantifier les charges d'entraînement.

En termes d'applicabilité de la RPE et de la sRPE, des difficultés peuvent être rencontrées pour les praticiens majoritairement dans les échelles à appliquer. En effet, de façon générale, l'application d'une échelle d'auto-évaluation de l'effort perçu pour la RPE et de la sRPE est assez simple, peu coûteuse, ne nécessite pas de matériel et est très pratique pour les équipes de football [48,77,78]. Ceci sera aussi vrai et donc très intéressant pour un praticien libéral voulant utiliser cette méthode. En revanche, dans la littérature utilisant la RPE et la sRPE, différents noms d'échelles existent. On peut retrouver l'échelle de Borg CR-10 scale, l'échelle de Borg modifiée, et l'échelle de Foster. Ces trois noms définissent les mêmes échelles dont le principe est d'évaluer l'effort perçu par les joueurs sur une échelle allant de 1 à 10. L'échelle d'auto-évaluation de l'effort perçu a été initialement développée par Borg puis le concept a été modifié par Foster en ajoutant la multiplication du résultat obtenu par le temps de la séance [79]. Malgré ces différences, l'utilisation d'une seule échelle systématiquement identique et qui plus est facile d'utilisation est intéressante et bénéfique en rééducation. En effet, dans la prise en charge d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers, seul le temps de latence sera difficilement respectable pour être reproductible des études scientifiques. En effet, en pratique, il sera difficile pour un praticien libéral d'attendre une demi-heure entre la fin de la séance et l'évaluation de l'effort perçu. En revanche, même si la durée de latence n'est pas parfaitement respectée et si la personne effectuant la mesure est différente, si elle est systématiquement identique à chaque utilisation et que les mêmes consignes sont données, alors nous serons reproductibles et les résultats seront interprétables. L'étude de Rago et al. [74] de 2020 conclut qu'il n'y a pas de consensus sur les méthodes d'utilisation du RPE d'une façon générale chez les footballeurs en revanche, ils conseillent d'utiliser toujours la même question lors de sa mesure : « comment évaluez-vous la difficulté ? Quelle a été l'intensité de votre séance ? ».

5.2.2.4. Questionnaires

Comme la sRPE, de nombreux questionnaires subjectifs sont utilisés dans les clubs de football (Annexe 3) [43,48]. En revanche, comme le problème avec les différentes échelles utilisées pour la mesure de la RPE, de nombreux questionnaires différents ont été développés évaluant chacun un axe de réflexion différent. Ce peut être le stress, l'état psychologique, la fatigue ou autre [53]. Ce nombre important de questionnaires disponibles, en plus de la RPE, peut prêter à confusion et rendre la quantification de la charge de plus en plus chronophage si nous voulons être exhaustifs. En plus des questionnaires développés et étudiés dans la littérature, de nombreux clubs utilisent des questionnaires personnalisés, élaborés en fonction des besoins qu'ils identifient [50]. Par conséquent, ces questionnaires sont plus adaptés à leur population, leur situation et les spécificités de leur sport. Dans ce cas, il est difficile d'avoir une réelle évaluation de la sensibilité, de la validité mais aussi de la conception de ces questionnaires. La conception des questionnaires est importante car elle peut jouer sur l'adhésion des joueurs. En effet, il est intéressant de connaître la forme, le type de question (ouverte ou fermée) et le temps de remplissage nécessaire par exemple. De plus, différentes posologies existent, certains clubs les utilisent quotidiennement tandis que d'autres les utilisent hebdomadairement ou même mensuellement ce qui rend assez difficiles les comparaisons et la reproductibilité en pratique [41].

5.2.2.5. Validité, Fiabilité et Applicabilité

Dans l'étude de Soligard et al. [37], l'auteur cite la revue systématique de Saw et al. [53] pour indiquer que les mesures subjectives étaient plus sensibles que les mesures objectives pour identifier un changement dans le bien être des athlètes en réponse à la charge. Par la suite, il mentionne les principales variables essentielles pour les entraîneurs et le staff de l'équipe afin de suivre l'état psychologique des joueurs. Parmi ces variables, on retrouve le stress non lié au sport, la fatigue, la récupération, l'humeur générale et la motivation. Ces variables ressemblent en grande partie aux variables utilisées par Buchheit et al. [55], tiré du questionnaire de Hooper. La sensibilité et la validité de ce questionnaire ont été étudiées dans l'étude de Moalla et al. [80]. Ce questionnaire s'est avéré significativement corrélé aux variations de charge de travail sur une période de seize semaines chez les footballeurs professionnels. En pratique, les deux variables les plus importantes étaient la fatigue et les douleurs musculaires [80].

A propos de l'applicabilité des questionnaires, dans les résultats, le temps de réponse a été un facteur important concernant l'adhésion des joueurs. En effet, malgré leur faible coût, leur facilité d'utilisation ainsi que leur simplicité d'analyse des réponses, ce sont les joueurs qui répondent aux questionnaires et si leur adhérence n'est pas optimale, alors les résultats seront difficilement interprétables. C'est ce facteur qui a poussé les praticiens à développer et utiliser une version courte du REST-Q qui a plus de valeur scientifique et une meilleure fiabilité que les questionnaires personnalisés. Du côté de la rééducation en cabinet libéral, bien que facile d'utilisation et ne nécessitant aucun investissement, l'utilisation d'un questionnaire subjectif validé scientifiquement, même une version raccourcie, ou d'un questionnaire personnalisé en début de séance viendrait s'ajouter à la perception de l'effort perçu et rendra la quantification de la charge assez longue, que ça soit pour le praticien avec encore plus de données à récolter et à analyser mais aussi pour le patient devant remplir le questionnaire. En revanche, les domaines

abordés par les questionnaires sont importants et permettent d'apporter des informations sur le ressenti personnel du patient en plus de la perception de l'effort. Par conséquent, il peut être intéressant d'aller chercher ces informations en questionnant oralement le patient en début de séance afin de ne pas lui imposer un questionnaire en plus de la RPE. Le patient est notre meilleure source d'informations ainsi, en nous renseignant sur son ressenti en début de séance, nous pourrions adapter notre séance en fonction de son état de forme.

5.3. Le ratio ACWR

Comme mentionner dans la partie des résultats, après la récolte des données, une des nombreuses parties du travail de la quantification de la charge de travail va être d'analyser les données obtenues. Afin de pouvoir analyser ces données et leur évolution dans le temps, il est important de les conserver. En cabinet, il sera important d'avoir une solution de stockage facile d'utilisation ainsi qu'un système d'analyse assez rapide afin de ne pas y passer trop de temps.

5.2.1. La charge aiguë

Dans la littérature, aucun consensus n'est encore avéré sur la définition précise de la charge interne. Certaines études la définissent comme les mesures de la semaine en cours, d'autre sur la période des 5 à 10 derniers jours et encore d'autres considèrent uniquement la charge quotidienne [37,46,57,58,61]. En revanche, une seule étude précise qu'elle inclut uniquement la quantification de la sRPE [57], les autres ne donnent pas plus d'indications sur ce qu'ils englobent dans le calcul de la charge aiguë. Pour une pratique libérale, il sera important de toujours conserver les mêmes repères chronologiques afin d'être reproductible et répétable. L'utilisation de la charge hebdomadaire semble la plus adaptée d'autant plus si le patient est dans une phase assez autonome et qu'il recommence à courir en dehors de nos séances. Dans ce cas, nous lui indiquerons en amont que sa précision dans les informations qu'il nous retransmet sera importante.

5.2.2. La charge chronique

La charge chronique est l'inverse de la charge aiguë, elle correspond à la charge accumulée par les joueurs sur une plus longue période [37,40,46,52,57,58,61]. Cependant, malgré cette différence, ces deux charges ont des points communs. En effet, comme pour la charge aiguë, aucun consensus n'est encore établi sur la durée et les variables à inclure. Ainsi, lors de notre prise en charge il paraîtrait plus intéressant d'utiliser les données des quatre dernières semaines afin d'avoir une différence de temps entre la charge chronique et la charge aiguë plus importante. En revanche, ceci sera impossible en début de rééducation.

5.2.3. Le ratio ACWR

Dans l'analyse de la charge de travail imposé, le calcul du ratio ACWR peut être très intéressant pour les praticiens du monde sportif professionnel que ça soit les coaches ou les préparateurs physiques mais aussi pour les kinésithérapeutes en rééducation. En effet, afin de préparer le patient au retour sur le terrain avec son groupe d'entraînement du mieux possible, qu'il

soit professionnel ou amateur, il est important d'avoir une gestion de la charge imposée. Ainsi, le ratio ACWR permet d'avoir une estimation du risque de blessure mais aussi d'avoir un feedback sur les changements de charge de travail au cours de notre rééducation.

5.2.3.1. Interprétation

Dans la partie des résultats portant sur l'interprétation de ce ratio, nous avons vu qu'il s'exprimait sous une forme de U [46]. En revanche, selon les études, cette courbe peut être plus ou moins inclinée et positionnée différemment sur un graphique et par conséquent, plusieurs interprétations existent. Dans l'étude de Malone [81] sur les relations entre le ratio ACWR et le risque de blessure chez les footballeurs professionnels en 2017, un ratio entre 1,00 et 1,25 était protecteur alors qu'une augmentation de la charge de travail aiguë sur une semaine entraînait un risque plus important de blessure. Ceci est en accord avec les études évoquées dans la partie 4.3.3.1. et l'étude de Murray et al. [82] datant de 2016. Cette étude a été réalisée pendant 2 ans sur des footballeurs australiens professionnels. Dans son étude, une augmentation de la charge de travail augmentait la probabilité de blessure dans la semaine en cours mais aussi dans la semaine suivante. Pour les auteurs, un ratio supérieur à 2 multiplie le risque de blessure sans contact par 8. Ainsi, même si les valeurs ne sont pas les mêmes pour chaque étude, le fonctionnement de ce ratio reste identique avec un risque de blessure corrélé au ratio, surtout lorsqu'il augmente. En lien avec cette intensification de la charge aiguë augmentant le risque de blessure, une étude de 2016 réalisée par Hulin et al. [83] n'a trouvé aucune élévation du risque lorsque le temps de récupération entre deux matchs était plus court. D'après leur étude, une charge de travail chronique importante de base permettrait d'éviter l'augmentation du risque de blessure lié à un pic de charge aiguë notamment lorsque la fréquence des matchs augmente. Ceci est particulièrement intéressant pour la rééducation et notamment la réathlétisation en fin de prise en charge. En effet, il a été démontré que la période de retour au terrain était une période d'intensification de la charge de travail aiguë [57]. Ainsi, en rééducation il sera primordial d'avoir une augmentation des sollicitations progressive pour avoir une charge de travail chronique importante. Ceci permettra de ne pas augmenter le risque de blessure du patient au moment du retour à l'entraînement avec son club. En fin de rééducation, il est donc important, en fonction du nombre de séances hebdomadaires de notre patient, de lui donner une certaine autonomie afin pour pouvoir préparer correctement le retour au terrain.

5.2.3.2. Validité, Fiabilité et Applicabilité

Comme nous avons pu le voir dans la partie 4.3.3.2, la validité du ratio est quelque peu remise en question car elle ne tient pas compte de l'état de fatigue et de la forme physique des joueurs. C'est ce qu'a cherché à étudier Carey et al [84] dans leur article de 2017 sur des footballeurs australiens professionnels. Dans un premier temps, ils ont analysé la capacité du ratio ACWR à informer les praticiens sur le risque de blessure sans contact lors des entraînements et des matchs mais aussi 2 et 5 jours plus tard. Dans leur conclusion et leur application pratique, il affirme que « La surveillance quotidienne du rapport entre la charge de travail aiguë et chronique est un outil valable pour la gestion des risques de blessure dans le football australien » [84].

Concernant son applicabilité, le calcul de ce ratio n'est pas très compliqué une fois qu'il a été compris, d'autant plus qu'il n'engage pas le praticien dans un investissement conséquent. L'utilisation d'un logiciel de calcul automatique une fois les données récoltées permet de faciliter la tâche au kinésithérapeute. En revanche, comme nous l'avons vu auparavant pour la charge aiguë et la charge chronique, des difficultés peuvent être rencontrées au niveau de la sélection des variables incluses dans le calcul. C'est le second objectif de Carey et al [84], ils ont cherché à identifier quelles variables de la charge de travail et quels intervalles de temps étaient les plus représentatifs des variations du risque de blessure. Parmi les variables étudiées, on retrouvait les données mesurées à l'aide d'un GPS, d'un accéléromètre ainsi que le calcul de la sRPE (Annexe 12). Au total, six variables étaient mesurées et 15 intervalles de temps différents étaient étudiés quotidiennement pendant 2 saisons chez 53 athlètes. Au final, ce fut le ratio de la distance parcourue à vitesse modérée (entre 18 et 24 km/h) pour une période aiguë de 3 jours en comparaison avec une période chronique de 21 jours qui était le plus significativement corrélé au risque de blessure. Ces résultats sont spécifiques à ce sport mais le football européen nécessitant des efforts assez similaires avec beaucoup de changements de direction, de sprints et de shoots, on peut facilement transposer ces résultats à notre population. Concernant le football plus précisément, une étude réalisée par Mc Call et al [78] s'est intéressée au ratio ACWR incluant des variables de la charge interne. Ils ont conclu qu'un ratio ACWR élevé (supérieur à 1) incluant la sRPE et utilisant des périodes aiguës d'une semaine et chronique de 3 ou 4 semaines était un facteur de risque de blessure. En revanche, en utilisation seule, il ne permettrait pas de prédire les blessures.

5.2.3.3. En rééducation

L'utilisation du Ratio ACWR peut être très intéressante en rééducation. En effet, des pics de sollicitations externes ont été identifiés au moment du retour au terrain dans l'étude de Ritchie et al. [57]. Dans son étude, il a comparé la charge de travail des joueurs de football australien blessés (divisé en membre supérieur et en membre inférieur) au cours de la saison avec les joueurs valides du groupe d'entraînement. La taille de l'échantillon est assez faible avec seulement 44 joueurs et 38 blessures sur 41 semaines. Avec les résultats de son étude, on peut légitimement penser qu'une augmentation de la charge en rééducation peut survenir lors des passages d'une phase de la rééducation à une autre comme la reprise de la course ou le passage de la phase aiguë à la phase de renforcement par exemple. Ainsi, l'utilisation du ratio ACWR peut guider le praticien dans sa prise en charge et lui permettrait d'objectiver et par conséquent d'éviter les « pics » de charge pouvant être dangereux pour l'athlète. De plus, nous avons vu que la charge externe avec les données du GPS chez les footballeurs australiens est aussi bien utilisée que la charge interne avec la mesure de la sRPE chez les footballeurs européens [78,84]. Ainsi, le praticien est assez libre de ses choix et plusieurs possibilités s'offrent à lui. Cependant, lors de la reprise de la course il y aura une très nette augmentation de la charge externe si nous regardons uniquement la distance parcourue. Afin de pallier cette augmentation soudaine pouvant avoir une influence considérable sur le ratio ACWR, l'utilisation constante de la sRPE au cours de la rééducation semble être plus appropriée de plus, elle prend en compte un facteur externe (le temps de la séance) ainsi qu'un facteur interne (la perception de l'effort).

5.2.3.4. Autres variables

En pratique, d'autres calculs existent en utilisant différentes variables. La monotonie des entraînements est très souvent utilisée et est définie comme la division de la charge moyenne de la semaine divisée par l'écart type de la semaine [58]. En revanche, dans l'étude de Jones [40], elle est définie comme la division de la charge totale de la semaine et non la charge moyenne par l'écart type de la semaine. Cette différence de définition peut mener à des confusions ainsi qu'à des erreurs de calcul pour les praticiens. La contrainte ainsi que le week to week change existent mais en termes d'applicabilité ce ne sont pas les plus intéressants car ils ne feraient qu'augmenter considérablement le nombre de données à analyser, à interpréter ainsi que le nombre de calculs à effectuer. Pour un praticien libéral spécialisé dans les sportifs ou non avec une affluence de patients assez importante, passer trop de temps à calculer et analyser énormément de données ne serait pas la meilleure partie de la quantification de la charge.

Partie 6 : Conclusion

De nos jours, la recherche de la performance pousse les athlètes ainsi que toutes les équipes médicales et paramédicales les accompagnant à donner le meilleur d'eux même. Dans n'importe quel sport, ces dernières années il n'est pas rare que des précédents records soient battus, que ce soit grâce aux facultés supérieures des athlètes mais aussi à la préparation de ces athlètes qui est de plus en plus perfectionnée les amenant au meilleur niveau possible en repoussant les limites du corps humain.

Afin d'optimiser la préparation des athlètes, il est important d'avoir une gestion des sollicitations imposées précises. Par conséquent, c'est en partie la quantification de la charge de travail permettant d'objectiver les efforts réalisés par les athlètes qui a permis de faire d'énormes progrès dans la préparation des athlètes. De nos jours, le développement de la quantification de la charge de travail est important. De nombreuses technologies voient le jour permettant de quantifier des données de plus en plus précises et spécifiques. Ainsi, dans la majorité des sports d'endurance et plus précisément dans le monde du football professionnel, la quantification de la charge de travail utilisée par les préparateurs physiques est essentielle, utilisée quotidiennement et de plus en plus pointilleuse.

Le but de ce travail de fin d'études était de regrouper une partie de la littérature disponible sur ce sujet assez peu étudié en rééducation. Cette méthode de travail est très utilisée par les préparateurs physiques mais beaucoup moins en rééducation par les kinésithérapeutes. Ceci peut s'expliquer par le peu de littérature présente étudiant la quantification de la charge de travail en rééducation.

Pour ce qui est du football à part entière, il a été montré lors de la présentation du cadre théorique que la cuisse était le principal foyer de blessure avec un mécanisme lésionnel majoritairement excentrique. Ce mécanisme de contraction est en lien avec une augmentation des contraintes qui deviennent supérieures à la capacité physiologique du muscle. Au niveau épidémiologique, un nombre plus important de blessures en fonction du temps d'exposition était observé en matchs par rapport aux entraînements. Cette donnée peut nous alarmer sur la préparation des joueurs aux entraînements, à savoir s'ils sont suffisamment préparés aux exigences physiques des matchs plus intenses que les entraînements. Après ces données épidémiologiques, différents points ont été abordés dans la présentation de ce cadre théorique. Dans un premier temps, il me paraissait primordial de présenter la classification des lésions musculaires puis les diagnostics différentiels ainsi que les différents facteurs de risque présents dans le football. Dans un second temps, une partie du cadre théorique était consacrée aux différentes phases de rééducation de ces lésions musculaires en fonction de l'évolution et de la progression du joueur blessé. Par la suite, en lien avec le cheminement réflexif menant à la quantification de la charge de travail en rééducation, une brève présentation des notions composant la charge de travail me semblait nécessaire afin d'avoir une présentation du contexte assez global pour la suite de ce travail.

Après le cheminement réflexif m'amenant à m'intéresser à la quantification de la charge de travail ainsi que la présentation générale du contexte actuel, le sujet de ce mémoire s'est naturellement orienté vers les différentes méthodes de quantification pouvant être incluses en rééducation. La problématique de ce mémoire était donc : « **Quels sont les outils permettant de quantifier la charge de travail les plus adaptés à la rééducation d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers chez le footballeur en cabinet libéral ?** »

Dans un premier temps, pour répondre à cette problématique, il a fallu identifier les différentes méthodes de quantification les plus utilisées en pratique dans le football ou dans des sports similaires. Par conséquent, beaucoup d'études réalisées sur le football australien et le rugby ont été incluses dans ce travail. Après la lecture des articles inclus suite à la recherche méthodologique, c'est dans la partie des résultats que ces outils ont été recensés. Dans un second temps, la partie discussion de ce mémoire a permis d'apporter une critique constructive des éléments présentés auparavant. Cette discussion s'appuie d'une part sur d'autres articles disponibles dans la littérature et d'autre part sur mon esprit critique et du bon sens pratique. Après l'identification des outils de quantification, la partie discussion a permis de faire le lien entre les études scientifiques et la pratique en cabinet libéral.

Après la lecture des articles et l'organisation du plan de ce travail, plusieurs éléments de réponses ont été établis. De nombreuses techniques ont pu être identifiées comme le montre le tableau présent dans l'étude de Halson et al. [41] (Annexe 13). Parmi tous ces éléments, les premiers abordés dans ce travail représentaient la partie externe de la quantification de la charge de travail. Cette charge externe définissant les charges imposées et les efforts réalisés par les athlètes peut être quantifiée de différentes façons chacune plus ou moins précise.

Le suivi des séances est le premier élément de quantification, le plus basique, permettant d'avoir un suivi des entraînements pour les préparateurs physiques mais aussi des séances de rééducation pour les kinésithérapeutes. En plus du nombre de séances de rééducation, le temps de séance et le temps d'effort représentent l'exposition. Cette variable permet d'avoir une gestion très globale des charges externes que le praticien peut adapter en fonction de l'évolution ainsi que du ressenti du patient que nous verrons par la suite. Pour une séance plus orientée vers l'endurance, le temps d'exercice et la vitesse pour une course par exemple permettent d'aborder l'exposition. En revanche, pour une séance plus axée sur le renforcement, c'est le nombre de répétitions ainsi que le poids soulevé qui représenteront l'exposition.

Au fur et à mesure de l'évolution du patient en fonction de ses disponibilités, les séances pourraient être plus espacées avec une partie en autonomie plus importante liée à la progression du patient. En revanche, il sera primordial d'avoir un retour du travail effectué en autonomie afin de continuer à quantifier la charge de travail et de rester dans l'optimisation de la rééducation. Malgré l'autonomie de plus en plus importante, le kinésithérapeute aura toujours une part importante d'éducation et de conseil envers le patient. De plus, le suivi des séances ainsi que du temps des séances ne présentent que très peu de points négatifs si ce n'est leur faible spécificité. Ce sont des moyens valides et fiables qui ne nécessitent pas de matériel spécifique, ne demandent pas d'investissement particulier et sont faciles à mettre en place. Ainsi, ils paraissent parfaitement adaptés à la pratique libérale.

Le second élément de la quantification de la charge externe présenté dans ce travail est le GPS. Avec le développement des nouvelles technologies, cet outil a vu son utilisation augmenter drastiquement par les préparateurs physiques au sein de structures professionnelles. Ils permettent en effet de mesurer différentes variables comme la distance totale, la distance parcourue à haute vitesse ainsi que les accélérations et les impacts pour les appareils les plus sophistiqués. Toutes ces données sont extrêmement importantes dans la gestion de la charge de travail pour les préparateurs physiques à la recherche de l'équilibre parfait entre sollicitation et adaptations physiologiques.

Concernant la validité et la fiabilité de ces outils de mesure, elles ont été étudiées par plusieurs études scientifiques. Plus la fréquence d'échantillonnage est grande, meilleures seront la validité et la fiabilité. En revanche, elles peuvent être modifiées par d'autres facteurs comme la vitesse, la durée de déplacement, la mise à jour des systèmes d'exploitation et autres. De plus, en fonction du sport dans lequel le GPS est utilisé, le choix des variables influencera la validité et la fiabilité des mesures. Par la suite, nous avons vu dans la partie résultats que son utilisation en rééducation se développe avec quelques études comme celle de Burgess [47] et celle de Stares et al. [52] mais une étude de Kupperman et al. [72] ne trouve aucune mesure spécifique du GPS en association avec les risques de blessure.

En conclusion, l'utilisation du GPS semble essentielle pour les préparateurs physiques afin de quantifier précisément la charge externe. Ainsi, il pourrait être utilisé en rééducation et plus précisément dans la phase de réathlétisation. En revanche, son utilisation implique un investissement financier et temporel non négligeable. En effet, le coût du GPS ne semble pas être un problème pour les salariés de structures professionnelles en revanche, pour un kinésithérapeute libéral, ceci peut être un premier frein à son utilisation. De plus, un deuxième frein encore plus important peut être l'analyse des données récoltées. En effet, après le choix des variables les plus adaptées spécifiquement au sport parmi toutes les variables disponibles, la retranscription des données mesurées ainsi que leur analyse et leur interprétation peuvent être un énorme frein à l'utilisation en rééducation. En effet, cette étape nécessite un temps assez conséquent qui ne semble pas adapté à la rééducation en libéral. Ainsi, je pense que l'utilisation du GPS peut être intéressante afin d'avoir un retour des activités effectuées en autonomie par le patient pour avoir une gestion de ses efforts mais pas forcément en rééducation à proprement parler.

La seconde grande partie de ce travail se concentrait sur la partie interne de la charge de travail. Cette charge interne correspond aux adaptations physiologiques du corps de l'athlète en fonction des charges externes auxquelles il est exposé. Cette charge interne pouvait ensuite être découpée en plusieurs sous parties, avec une composante objective, et une composante subjective.

La mesure de la partie objective de la charge interne était dans la grande majorité des études représentées par la mesure de la fréquence cardiaque. Cet outil est comparable au GPS sur plusieurs points. Dans un premier temps, les cardio-fréquencemètres sont énormément utilisés par les structures professionnelles et ceci est d'autant plus vrai avec le développement de micro technologies de plus en plus précises et faciles à porter lors des entraînements. De plus, avec l'autorisation de la FIFA quant au port de micro technologies pendant les matchs, leur utilisation ne fera qu'augmenter [48]. En revanche, comme le GPS, de nombreuses données différentes sont

quantifiables. Certains praticiens vont quantifier la fréquence cardiaque avant les entraînements en mesurant HRV, la variabilité de la fréquence cardiaque à l'effort et au repos. Il est aussi possible de mesurer le rythme cardiaque pendant les entraînements (avec la mesure de HRex) et enfin après les entraînements avec HRR, la fréquence cardiaque de récupération. Afin de limiter l'expansion du nombre de données à interpréter et analyser, Silva et al. [70] ont identifié le temps passé lors de l'entraînement au-dessus de 80 % de la fréquence cardiaque maximale comme étant la mesure la plus adaptée.

En revanche, malgré la validité et la fiabilité de ces mesures approuvées par certains auteurs dans la littérature, la fréquence cardiaque présente certains inconvénients. En plus du nombre important de données quantifiables impliquant un choix du praticien s'il ne peut pas tout mesurer puis analyser, une forte variabilité inter-journalière avec beaucoup de facteurs internes et externes peut modifier les mesures quotidiennes.

En conclusion, comme pour le GPS, ces mesures semblent très adaptées aux préparateurs physiques afin d'avoir un suivi précis et quotidien de la condition physique des joueurs. De plus, ces outils semblent peu coûteux pour les structures professionnelles mais la mise en place de ce système en cabinet libéral impliquera un investissement financier ainsi qu'un investissement temporel conséquent. En effet, après la récolte des données, toute une batterie d'analyses et d'interprétations sont essentielles afin de pouvoir agir en conséquence. De plus, en fin de rééducation les patients ne viennent pas en rééducation quotidiennement donc il sera difficile d'avoir un suivi précis et quotidien comme c'est le cas pour les footballeurs en clubs professionnels. Malgré les données importantes qu'apportent ces outils, ces impératifs ne semblent pas du tout adaptés à la rééducation en cabinet libéral. En revanche, si notre patient utilise une montre connectée ou un autre appareil avec la distance, le temps ainsi que sa fréquence cardiaque lors de ses séances en autonomie, ces données peuvent nous servir de guide dans la période de réathlétisation afin de le conseiller et de voir son évolution au cours des séances.

La seconde partie de la charge interne était la partie plus subjective avec une auto-évaluation du patient. Dans cette partie, plusieurs outils sont utilisés avec pour objectif d'avoir un retour perceptif du joueur sur le travail qu'il vient d'effectuer. Parmi ces outils, la mesure de la perception de l'effort est utilisée par beaucoup de praticiens dans la mesure de la charge de travail interne. Cette méthode de mesure est particulièrement intéressante car d'après la littérature, elle peut être mise en place à chaque séance d'entraînement que ce soit en dehors ou sur le terrain. Cette mise en place systématique s'est même avérée significativement plus précise pour évaluer les risques de blessure que l'utilisation pour les entraînements sur le terrain uniquement. Ceci correspond parfaitement à la rééducation avec des séances de renforcement en début de rééducation puis des séances de réathlétisation par la suite. De plus, à l'inverse des joueurs valides qui ne sont généralement pas évalués après les matchs à cause du contexte, l'évaluation de la perception de l'effort perçu peut être appliquée à chaque séance sans faute, permettant d'avoir un suivi précis. La sRPE, créée par Foster et dérivé de la RPE combine la charge interne avec la perception de l'effort et la charge externe avec le temps passé à l'entraînement. Cette méthode était significativement corrélée à l'incidence des blessures chez le footballeur et présentait une fiabilité et une validité supérieure dans le football à l'utilisation de la RPE simplement. D'après Quarri et

al. [35] la mesure de la charge au niveau professionnel devrait au minimum intégrer la session-RPE subjective et le temps d'exposition objectif.

En revanche, comme chaque méthode, la sRPE présente ces limites. En effet, étant une échelle subjective les joueurs peuvent modifier volontairement leur réponse. De plus, cet outil ne permet pas de différencier deux séances différentes avec une intensité différente et présentant un score sRPE identique.

Cependant, en termes d'applicabilité, en plus de pouvoir être utilisée à chaque séance comme nous l'avons cité précédemment, cette méthode de quantification de la charge interne n'implique aucun investissement particulier à l'inverse du GPS et des cardio-fréquencesmètres. En effet, d'un point de vue financier elle n'implique aucun coût supplémentaire si ce n'est du papier pour avoir une trace écrite mais il est possible d'utiliser un téléphone ou une tablette. De plus, sur le plan temporel, cette méthode n'est pas très chronophage et le calcul de la sRPE est rapidement réalisable. Par la suite, l'interprétation et l'analyse des données se font naturellement en comparaison avec les séances précédentes. Concernant sa mise en place, il est difficile de respecter les trente minutes de latence entre la fin de l'entraînement et l'évaluation des joueurs. Cependant, si le même temps de latence est respecté entre la fin de séance de rééducation et le questionnement, fait par le même examinateur en posant la même question systématiquement, alors les mesures seront répétables et interprétables. Ainsi, la mesure de la sRPE semble plus précise et adaptée que la RPE tout en restant facilement utilisable. Cette méthode de quantification peut naturellement être incluse dans chaque phase de la rééducation.

En plus de la RPE et de la sRPE, différents questionnaires d'autoévaluation sont fréquemment utilisés afin d'avoir un retour du ressenti des joueurs en dehors des séances d'entraînement. Beaucoup de questionnaires existent, on peut trouver des questionnaires standardisés ainsi que des questionnaires personnalisés, plus spécifiques au sport et aux besoins des praticiens s'orientant vers différentes thématiques. En général, les thèmes abordés sont les douleurs musculaires, la durée et la qualité du sommeil. D'après la littérature, ces tests sont fiables et valides mais malgré cela, deux qualités essentielles à la bonne utilisation des questionnaires sont l'adhésion des joueurs et par conséquent la conformité de résultats. Un des facteurs modifiant l'adhésion est le temps de réponse nécessaire du questionnaire. Ainsi, en plus de la RPE, ces questionnaires supplémentaires peuvent être redondants, devenir trop chronophages pour le patient et il peut être amené à répondre rapidement aux questions sans vraiment y porter toute son importance. De plus, comme la sRPE, ces questionnaires sont subjectifs et peuvent être modifiés au bon vouloir du patient en bien ou en mal.

En pratique, plusieurs posologies existent. Certains questionnaires sont mis en place quotidiennement, d'autre hebdomadairement et même mensuellement. Ainsi, il est difficile d'avoir une idée précise et des recommandations générales concernant leur applicabilité. De plus, le temps de récolte des données et d'analyse s'ajoute au temps déjà nécessaire avec l'utilisation de la perception de l'effort.

En conclusion, à propos de ces questionnaires, les informations qu'ils apportent peuvent être très intéressantes afin d'avoir un retour subjectif du ressenti des patients et de leur état

psychologique. En revanche, les formalités d'application peuvent être trop chronophages et pas assez adaptées à la pratique libérale. Par conséquent, il peut être intéressant pour le praticien d'aborder les thèmes majoritairement présents dans les questionnaires à l'oral simplement. Les questions peuvent être posées en interrogeant le patient pendant la séance de rééducation que ce soit au cours de techniques « hands on » ou « hands off ». Ceci permettrait aussi de réduire le temps de récupération et d'analyse des données.

La dernière partie de ce mémoire s'intéressait au ratio entre la charge aiguë et la charge chronique. Définissant une courbe en U, ce ratio implique une augmentation du risque de blessure liée à une augmentation ou une diminution trop importante du ratio de la charge aiguë sur la charge chronique. Ce ratio prend en compte la charge chronique et la charge aiguë simultanément et il est utilisable pour n'importe quelle variable que le praticien est libre de choisir. En revanche, malgré sa validité remise en question car il ne prend pas en compte la forme physique et de la fatigue du joueur ainsi que les multiples interprétations possibles en fonction de chaque auteur, il a déjà été utilisé en rééducation dans certaines études. Pour un kinésithérapeute installé en libéral et s'occupant d'un footballeur, l'utilisation de ce ratio peut permettre d'avoir un retour concernant les séances effectuées au cours des dernières semaines et ajuster la charge de travail qui paraît optimale en début de rééducation puis en fin de rééducation avant le retour au terrain. C'est le début de la gestion de la charge d'entraînement.

Au final, d'après l'ensemble des informations recensées malgré le peu d'étude sur ce domaine en rééducation, puis analysées avec un regard critique concernant la validité, la fiabilité et l'applicabilité, plusieurs points sont à retenir. En effet, comme le dit Burgess [47] dans son article, la combinaison de mesures validées de la charge interne et externe serait la façon idéale afin de surveiller la charge de travail : « L'évaluation précise du travail effectué et de son coût permet d'évaluer en permanence la condition physique des individus et des équipes. ». Ainsi, afin d'être pertinent sans avoir un impact trop important sur le temps de prise en charge et de traitement des données pour la kinésithérapeute en cabinet libéral, l'organisation des séances, la recherche d'informations abordée dans les questionnaires subjectifs (les douleurs musculaires, la durée et la qualité du sommeil) ainsi que l'utilisation de la sRPE combinant charge externe et charge interne paraissent adaptées. En plus de ces moyens de quantification, l'utilisation du ratio ACWR permet d'avoir un aperçu de l'organisation et de la gestion de la charge de travail. Facilement utilisable et interprétable, le kinésithérapeute peut s'en servir afin d'ajuster les charges en fonction de ses objectifs. En rééducation, une augmentation de la charge progressive sera primordiale afin de limiter les pics de sollicitations aiguës après une diminution de la charge chronique avec l'arrêt de l'entraînement pouvant augmenter les risques de blessure. En revanche, l'utilisation de technologies comme la fréquence cardiaque et le GPS peut s'avérer très intéressante si le temps d'analyse et d'interprétation des données (sélectionnées avec pertinence au préalable afin d'être spécifiques au football) n'est pas un frein à l'organisation et à la prise en charge d'autres patients pour le kinésithérapeute. Dans le cas contraire, leur utilisation semble compromise.

Ces conclusions concernant les outils utilisables afin de quantifier la charge de travail en cabinet libéral sont les conséquences de mes interprétations ainsi que du regard critique que j'ai apporté aux données extraites des articles inclus dans mes résultats. Des études plus précises et

spécifiques dans un cadre libéral permettraient d'appuyer ou de remettre en cause mes constatations.

Avec ce travail j'ai essayé d'identifier les outils pouvant être utilisés par les kinésithérapeutes pour un joueur de football en rééducation suite à une lésion myo-aponévrotique. Après cette étape de quantification de la charge de travail, une seconde étape abordée avec le ratio ACWR est importante. Il s'agit de la gestion de la charge qui pose encore quelques questions à ce jour. En effet, pour certains auteurs une charge chronique importante protège les joueurs des blessures et pour d'autres un ratio autour de 1 serait la meilleure façon d'éviter les blessures. Ainsi, l'étude de la gestion de la charge de travail en rééducation semble être une piste particulièrement importante afin d'optimiser encore plus la rééducation des lésions myo aponévrotique ainsi que pour réduire le risque de récurrence.

Partie 7 : Bibliographie

1. FIFA. Fédération internationale de football association. [en ligne]. Zurich : Fifa ;2003. Combien y a-t-il de footballeurs dans le monde ? ;2003 [cité 16 déc 2020]. Disponible sur: <https://fr.fifa.com/news/combien-footballeurs-dans-monde-86175>
2. INJEP. Institut National pour la Jeunesse et l'Éducation Populaire. [en ligne]. Paris : INJEP ;2020. [cité 16 déc 2020]. Disponible sur: <https://injep.fr>
3. Sport Index. Boulogne-Billancourt : Sport Index ;2020. [2020 ;cité 16 déc 2020]. Pisana N. Effectifs licenciés : le football à son plus haut historique [Internet]. Disponible sur: <https://sport-index.fr/2020/10/15/effectifs-licencies-le-football-a-son-plus-haut-historique/>
4. Le Monde. Calendriers surchargés du football : « Il y a un risque que le nombre de blessés reste élevé ». [Internet]. 4 déc 2020 [cité 17 déc 2020]; Disponible sur: https://www.lemonde.fr/sport/article/2020/12/04/calendriers-surcharges-du-football-il-y-a-un-risque-que-le-nombre-de-blesses-reste-eleve_6062236_3242.html
5. Tortora GJ, Derrickson B. Anatomie et physiologie. Bruxelles : De Boeck Supérieur; 2018, 1243 p.
6. Jones DA, Round J, de Haan A. Physiologie du muscle squelettique. Paris : Elsevier; 2005, 190 p.
7. McKee TJ, Perlman G, Morris M, Komarova SV. Extracellular matrix composition of connective tissues: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 22 juill 2019;9(10542):1-15.
8. Kovanen V. Intramuscular extracellular matrix: complex environment of muscle cells. *Exerc Sport Sci Rev.* janv 2002;30(1):20-5.
9. Zhang C, Gao Y. Finite element analysis of mechanics of lateral transmission of force in single muscle fiber. *J Biomech.* 26 juill 2012;45(11):2001-6.
10. Dueweke JJ, Awan TM, Mendias CL. Regeneration of skeletal muscle following eccentric injury. *J Sport Rehabil.* avr 2017;26(2):171-9.
11. Csapo R, Gumpfenberger M, Wessner B. Skeletal Muscle Extracellular Matrix – What Do We Know About Its Composition, Regulation, and Physiological Roles? A Narrative Review. *Front Physiol.* 19 mars 2020;11(253):1-15.
12. Kamina P. Tome 1 Anatomie clinique. Paris : Maloine; 2009, p459-62
13. Wilmore JH, Costill DL, Kenney L. Physiologie du sport et de l'exercice. Bruxelles : De Boeck Supérieur; 2017, 644 p.
14. UEFA. Linköping ;2016. [2020 ;23 juill 2020] Étude de l'UEFA sur les blessures dans les clubs d'élite - Rapport sur la saison 2015/16 [pdf]. Disponible sur : https://fr.uefa.com/MultimediaFiles/Download/uefaorg/Medical/02/40/27/66/2402766_DOWNLOAD.pdf

15. UEFA. Linköping ;2016. [2020 ;23 juill 2020] Ekstrand PJ, Karlsgatan H, Vouillamoz M. Rapport concernant l'étude de l'UEFA sur les blessures [pdf]. Disponible : https://fr.uefa.com/MultimediaFiles/Download/uefaorg/Injurystudy/02/43/46/62/2434662_DOWNLOAD.pdf
16. Choi SJ. Cellular mechanism of eccentric-induced muscle injury and its relationship with sarcomere heterogeneity. *J Exerc Rehabil.* 31 août 2014;10(4):200-4.
17. Brasseur J-L, Renoux J, Crema MD, Mercy G, Monzani Q, Coquart B, et al. Lésions musculaires : l'approche échographique. *J Radiol Diagn Interv.* 8 déc 2017;98(6):252-66.
18. Schwitzgubel AJ-P, Muff G, Naets E, Karatzios C, Saubade M, Gremeaux V. Prise en charge des lésions musculaires aiguës en 2018. *Rev Médicale Suisse.* juill 2018;14:1332-9.
19. Askling CM, Malliaropoulos N, Karlsson J. High-speed running type or stretching-type of hamstring injuries makes a difference to treatment and prognosis. *Br J Sports Med.* févr 2012;46(2):86-7.
20. Coudreuse J-M. Pathologies musculaires du sportif. *EMC - Traité Médecine AKOS.* janv 2013;8(1):1-5.
21. Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF. Why are older Australian football players at greater risk of hamstring injury? *J Sci Med Sport.* 1 août 2006;9(4):327-33.
22. McCall A, Carling C, Nedelec M, Davison M, Le Gall F, Berthoin S, et al. Risk factors, testing and preventative strategies for non-contact injuries in professional football: current perceptions and practices of 44 teams from various premier leagues. *Br J Sports Med.* sept 2014;48(18):1352-7.
23. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 1 févr 2004;38(1):36-41.
24. Delvaux F, Kaux J-F, Croisier J-L. Les lésions musculaires des membres inférieurs : facteurs de risque et stratégies préventives. *Sci Sports.* 26 août 2017;32(4):179-90.
25. Dubois B, Esculier J-F. Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. *Br J Sports Med.* janv 2020;54(2):72-3.
26. Erickson LN, Sherry MA. Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *J Sport Health Sci.* sept 2017;6(3):262-70.
27. Bayer ML, Magnusson SP, Kjaer M, Tendon Research Group Bispebjerg. Early versus Delayed Rehabilitation after Acute Muscle Injury. *N Engl J Med.* 28 2017;377(13):1300-1.
27. Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 59 (1), 18–21, 2011
29. Heiderscheid BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation and Injury Prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* févr 2010;40(2):67-81.
30. Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther.* mars 2004;34(3):116-25.

30. Schmitt B, Tim T, McHugh M. Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *Int J Sports Phys Ther.* juin 2012;7(3):333-41.
32. Orchard J, Best TM. The Management of Muscle Strain Injuries: An Early Return Versus the Risk of Recurrence: *Clin J Sport Med.* janv 2002;12(1):3-5.
33. Ekstrand J, Spreco A, Windt J, Khan KM. Are Elite Soccer Teams' Preseason Training Sessions Associated With Fewer In-Season Injuries? A 15-Year Analysis From the Union of European Football Associations (UEFA) Elite Club Injury Study. *Am J Sports Med.* mars 2020;48(3):723-9.
34. Schweltnus M, Soligard T, Alonso J-M, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med.* sept 2016;50(17):1043-52.
35. Quarrie KL, Raftery M, Blackie J, Cook CJ, Fuller CW, Gabbett TJ, et al. Managing player load in professional rugby union: a review of current knowledge and practices. *Br J Sports Med.* mars 2017;51(5):421-7.
36. Drew MK, Finch CF. The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Med Auckl NZ.* juin 2016;46(6):861-83.
37. Soligard T, Schweltnus M, Alonso J-M, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med.* sept 2016;50(17):1030-41.
38. Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* mars 2016;50(5):273-80.
39. Gabbett TJ, Jenkins DG. Relationship between training load and injury in professional rugby league players. *J Sci Med Sport.* mai 2011;14(3):204-9.
40. Jones CM, Griffiths PC, Mellalieu SD. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Med Auckl NZ.* mai 2017;47(5):943-74.
41. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med Auckl NZ.* nov 2014;44 Suppl 2:S139-147.
42. McGuigan H, Hassmén P, Rosic N, Stevens CJ. Training monitoring methods used in the field by coaches and practitioners: A systematic review. *Int J Sports Sci Coach.* 1 juin 2020;15(3):439-51.
43. McCall A, Dupont G, Ekstrand J. Injury prevention strategies, coach compliance and player adherence of 33 of the UEFA Elite Club Injury Study teams: a survey of teams' head medical officers. *Br J Sports Med.* juin 2016;50(12):725-30.
44. Starling LT, Lambert MI. Monitoring Rugby Players for Fitness and Fatigue: What Do Coaches Want? *Int J Sports Physiol Perform.* 1 juill 2018;13(6):777-82.
45. Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and External Training Load: 15 Years On. *Int J Sports Physiol Perform.* 1 févr 2019;14(2):270-3.

46. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform.* avr 2017;12(Suppl 2):S2161-70.
47. Burgess DJ. The Research Doesn't Always Apply: Practical Solutions to Evidence-Based Training-Load Monitoring in Elite Team Sports. *Int J Sports Physiol Perform.* avr 2017;12(Suppl 2):S2136-41.
48. Akenhead R, Nassis GP. Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int J Sports Physiol Perform.* juill 2016;11(5):587-93.
49. Load, Overload, and Recovery in the Athlete: Select Issues for the Team Physician-A Consensus Statement. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(4):821-8.
50. Taylor K-L, Chapman D, Cronin J, Newton M, Gill N. Fatigue Monitoring in High Performance Sport: A Survey of Current Trends. *J Aust Strength Cond.* 1 mars 2012;20:12-23.
51. McLaren SJ, Macpherson TW, Coutts AJ, Hurst C, Spears IR, Weston M. The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ.* 2018;48(3):641-58.
52. Stares J, Dawson B, Peeling P, Drew M, Heasman J, Rogalski B, et al. How much is enough in rehabilitation? High running workloads following lower limb muscle injury delay return to play but protect against subsequent injury. *J Sci Med Sport.* oct 2018;21(10):1019-24.
52. Saw A, Main L, Gastin P. Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. *Br J Sports Med.* 1 oct 2015;50(5):281-91.
54. Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiol Behav.* 1 nov 2017;181:86-94.
55. Buchheit M, Racinais S, Bilsborough J, Bourdon P, Voss S, Hocking J, et al. Monitoring fitness fatigue and running performance during pre season training camp in elite football players. *J Sci Med Sport Sports Med Aust.* 14 janv 2013;16.
56. Campos-Vazquez MA, Mendez-Villanueva A, Gonzalez-Jurado JA, León-Prados JA, Santalla A, Suarez-Arrones L. Relationships between rating-of-perceived-exertion- and heart-rate-derived internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. *Int J Sports Physiol Perform.* juill 2015;10(5):587-92.
57. Ritchie D, Hopkins W, Buchheit M, Cordy J, Bartlett J. Quantification of Training Load During Return to Play Following Upper and Lower Body Injury in Australian Rules Football. *Int J Sports Physiol Perform.* 15 sept 2016;12:1-19.
58. Williams S, Trewartha G, Cross MJ, Kemp SPT, Stokes KA. Monitoring What Matters: A Systematic Process for Selecting Training-Load Measures. *Int J Sports Physiol Perform.* avr 2017;12(Suppl 2):S2101-6.
59. Veugelers KR, Young WB, Fahrner B, Harvey JT. Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football. *J Sci Med Sport.* janv 2016;19(1):24-8.

60. Twist C, Highton J. Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform.* sept 2013;8(5):467-74.
61. Blanch P, Gabbett TJ. Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med.* avr 2016;50(8):471-5.
62. Foster C, Rodriguez-Marroyo JA, de Koning JJ. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *Int J Sports Physiol Perform.* avr 2017;12(Suppl 2):S22-8.
63. Gabbett TJ, Nassis GP, Oetter E, Pretorius J, Johnston N, Medina D, et al. The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *Br J Sports Med.* oct 2017;51(20):1451-2.
64. Cardinale M, Varley MC. Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *Int J Sports Physiol Perform.* avr 2017;12(Suppl 2):S255-62.
65. Buchheit M, Simpson BM. Player-Tracking Technology: Half-Full or Half-Empty Glass? *Int J Sports Physiol Perform.* avr 2017;12(Suppl 2):S235-41.
66. Rago V, Brito J, Figueiredo P, Costa J, Barreira D, Krstrup P, et al. Methods to collect and interpret external training load using microtechnology incorporating GPS in professional football: a systematic review. *Res Sports Med Print.* sept 2020;28(3):437-58.
67. Aughey RJ. Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform.* sept 2011;6(3):295-310.
68. Jennings D, Cormack S, Coutts AJ, Boyd L, Aughey RJ. The Validity and Reliability of GPS Units for Measuring Distance in Team Sport Specific Running Patterns. *Int J Sports Physiol Perform.* sept 2010;5(3):328-41.
69. Akenhead R, French D, Thompson KG, Hayes PR. The acceleration dependent validity and reliability of 10Hz GPS. *J Sci Med Sport.* sept 2014;17(5):562-6.
70. Silva P, Santos ED, Grishin M, Rocha JM. Validity of Heart Rate-Based Indices to Measure Training Load and Intensity in Elite Football Players: *J Strength Cond Res.* août 2018;32(8):2340-7.
71. Varley MC, Fairweather IH, Aughey RJ. Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci.* janv 2012;30(2):121-7.
72. Kupperman N, Hertel J. Global Positioning System-Derived Workload Metrics and Injury Risk in Team-Based Field Sports: A Systematic Review. *J Athl Train.* 1 sept 2020;55(9):931-43.
73. Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDONALD A, Russi GD, Moudgil VK. Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate: *Med Sci Sports Exerc.* mai 2007;822-9.
74. Rago V, Brito J, Figueiredo P, Costa J, Krstrup P, Rebelo A. Internal training load monitoring in professional football: a systematic review of methods using rating of perceived exertion. *J Sports Med Phys Fitness.* janv 2020;60(1):160-71.

75. Gaudino P, Iaia FM, Strudwick AJ, Hawkins RD, Alberti G, Atkinson G, et al. Factors Influencing Perception of Effort (Session Rating of Perceived Exertion) during Elite Soccer Training. *Int J Sports Physiol Perform.* oct 2015;10(7):860-4.
76. Scott TJ, Black CR, Quinn J, Coutts AJ. Validity and Reliability of the Session-RPE Method for Quantifying Training in Australian Football: A Comparison of the CR10 and CR100 Scales. *J Strength Cond Res.* janv 2013;27(1):270-6.
77. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-Based Training Load in Soccer: *Med Sci Sports Exerc.* juin 2004;36(6):1042-7.
78. McCall A, Dupont G, Ekstrand J. Internal workload and non-contact injury: a one-season study of five teams from the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med.* déc 2018;52(23):1517-22.
79. Foster C, Florhaug J, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin L, Parker S, et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* 1 mars 2001;15:109-15.
80. Moalla W, Fessi MS, Farhat F, Nouria S, Wong DP, Dupont G. Relationship between daily training load and psychometric status of professional soccer players. *Res Sports Med Print.* déc 2016;24(4):387-94.
81. Malone S, Owen A, Newton M, Mendes B, Collins KD, Gabbett TJ. The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *J Sci Med Sport.* juin 2017;20(6):561-5.
82. Murray NB, Gabbett TJ, Townshend AD, Hulin BT, McLellan CP. Individual and combined effects of acute and chronic running loads on injury risk in elite Australian footballers. *Scand J Med Sci Sports.* sept 2017;27(9):990-8.
83. Hulin BT, Gabbett TJ, Caputi P, Lawson DW, Sampson JA. Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players. *Br J Sports Med.* août 2016;50(16):1008-12.
84. Carey DL, Blanch P, Ong K-L, Crossley KM, Crow J, Morris ME. Training loads and injury risk in Australian football-differing acute: chronic workload ratios influence match injury risk. *Br J Sports Med.* août 2017;51(16):1215-20.

Partie 8 : Annexes

Sommaire :

- Annexe 1 : « Tableau Méthodologie de recherche »
- Annexe 2 : « Tableau des résultats »
- Annexe 3 : Les trois principaux outils de suivi utilisés par le Club d'élite de l'UEFA des équipes pour évaluer les risques de blessure de leurs joueurs
- Annexe 4 : Classement des qualités estimées comme plus importantes d'un protocole de surveillance idéal
- Annexe 5 : Progression de la vitesse de pointe dans un cadre de rééducation
- Annexe 6 : Echelle modifiée de Borg
- Annexe 7 : Fréquence d'administration des questionnaires d'auto-évaluation
- Annexe 8 : Expression graphique du ratio ACWR
- Annexe 9 : La probabilité de blessure en comparant différents scénarios de charge de travail aiguë et chronique
- Annexe 10 : Effet des lésions des membres inférieurs sur la charge externe hebdomadaire mesurer avec un GPS
- Annexe 11 : Représentation graphique du ratio ACWR de la course à grande vitesse d'un joueur de rugby
- Annexe 12 : Variables de la charge de travail prises en compte dans la modélisation du ratio ACWR
- Annexe 13 : Variables pouvant être utilisées pour surveiller la charge de formation et la fatigue

Annexe 1 :

Tab III : « Méthodologie de recherche »

Base de données	Equation de recherche	Critères de sélection	Nombre d'occurrences	Nombre d'articles retenus
LiSSa	(charge de travail) ET (rééducation OU réhabilitation) ET (sportif OU athlète OU footballeur)	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1	0	0
Science Direct	charge de travail ET rééducation ET athlète	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1	7	0
PubMed	("training load" [Title/Abstract] AND monitoring [Title/Abstract]) AND (soccer [Title/Abstract] OR football [Title/Abstract] OR athlete [Title/Abstract])	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1	160	6
PubMed	("Athletic Injuries"[MeSH] OR "Athletes"[MeSH] OR "Soccer"[MeSH]) AND ("Workload"[MeSH])	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1	143	6
PubMed	("training load" OR "optimal loading") AND (injury OR "muscle strain") AND (soccer OR Football)	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1	96	6
PubMed	("training loads" [Title/Abstract] OR "load monitoring" [Title/Abstract]) AND (athlete [Title/Abstract] OR sports [Title/Abstract])	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1	165	2
JOSPT	("training load" OR workload) AND athlete AND injury	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1	57	0
PEDro	training load injury	- 10 ans - Anglais / Français - Impact factor ≥ 1 - Score PEDro ≥ 5	5	0
Article ajouté hors Méthodologie		-	/	6
			Total = 633	Total = 26

Annexe 2 :

Tab III : « Tableau des Résultats »

Titre Source Année	Auteur	Base de données et équation de recherche	Objectifs	Protocole	Résultats	Intérêt
[34] How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness Br J Sports Med 2016	M. Schwellnus and al.	PubMed [2]	Étudier le lien entre la charge de travail, la maladie et le surentrainement ainsi que de donner des directives concernant la gestion de la charge.	Consensus, pas de méthodologie ni de protocole.	La mesure de la charge externe est importante pour comprendre le travail accompli et les capacités de l'athlète. La mesure de la charge interne est essentielle pour déterminer la stimulation appropriée pour une adaptation biologique optimale. De plus les mesures subjectives étaient plus sensibles que les mesures objectives pour déterminer les changements aigus et chroniques dans le bien-être d'un athlète.	Pour la charge externe, le temps, la fréquence et le type d'entraînement sont pris en compte ainsi que les données dérivées du GPS avec les accélérations la vitesse et la distance totale ainsi que le ratio aigu / chronique. Pour la charge interne, la RPE et la sRPE ainsi que d'autres questionnaires subjectifs comme le POMS, la qualité et la quantité de sommeil, la fréquence cardiaque et le training impulse sont calculés.
[35] Managing player load in professional rugby union: a review of current knowledge and practices Br J Sports Med 2016	K.L. Quarrie and al.	PubMed [2]	Décrire l'état actuel des connaissances sur les charges rencontrées par les joueurs de rugby professionnels et les implications pour leur santé physique et mentale.	Revue des connaissances et des pratiques actuelles.	La charge est un facteur de risque majeur pour les blessures, ainsi la gestion des charges d'entraînement "objectives" et "subjectives", associé à une communication efficace entre le staff et les joueurs ont été considéré comme la meilleure approche pour contrôler et gérer la charge des joueurs.	La mesure externe peut aller du simple temps passé sur le terrain à s'entraîner ou en match à des mesures sophistiquées avec GPS ou autres outils technologiques. La mesure de la réponse des joueurs (charge interne) se divise en une partie objective (HR ...) et subjective (humeur, stress...) avec le ressenti de l'athlète. Le sRPE est un bon compromis entre les deux.
[37] How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury Br J Sports Med 2016	T. Soligard and al.	PubMed [2]	L'objectif de cet article est d'exposer des lignes directrices pour la prescription de la charge d'entraînement ou de compétition ainsi que le suivi de cette charge et des blessures.	Déclaration de consensus suite à une analyse scientifique d'un groupe d'expert après recherche scientifique sur PubMed et SPORTDiscus	Des charges importantes peuvent avoir des effets positifs ou négatifs et des variations de charge importantes augmentent le risque de blessure. Une augmentation progressive et individuelle de la charge est nécessaire en raison des variations intra et inter-individuelles de chaque athlète.	Il est recommandé d'utiliser une combinaison de mesures de charge externe et interne pertinentes et spécifiques à la nature de chaque sport. Une attention particulière doit être accordée au suivi de la charge aiguë et chronique. Présence d'un tableau avec les différents exemples d'outils de mesure de charge interne et externe.
[40] Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies Sports Medicine 2016	C. Jones and al.	PubMed [2]	Évaluer l'association entre la charge d'entraînement, les marqueurs de fatigue et les blessures puis proposer des recommandations concernant les variables les plus appropriées pour mesurer la charge d'entraînement.	Recherche documentaire méthodologique d'articles traitant la quantification de la charge de travail et les blessures sur PubMed et Web of science avec une étude de la qualité des résultats. Inclusion de 68 articles.	L'étude conclut que les termes employés pour définir la CT et la fatigue n'étaient pas assez précis et peuvent prêter à confusion. De plus, les périodes clés présentant un risque accru de blessure ainsi que les moyens de mesure les plus adaptés ont été identifiés : ce sont les périodes d'intensification, d'accumulation de charge de formation et de changement aigu dans la charge d'entraînement.	Le marqueur le plus utilisé parmi les études mesurant la CI était la sRPE et l'exposition pour la CE. D'autres variables sont utilisées comme la charge chronique, la monotonie, le ratio ACWR, le bien être perceptif ou encore l'échelle HUS. De plus, le retour au terrain était une période d'intensification de la CT susceptible d'augmenter les risques de blessure du joueur.

<p>[41] Monitoring training load to understand fatigue in athletes</p> <p>Sports Medicine</p> <p>2014</p>	<p>S. Halson</p>	<p>PubMed</p> <p>[1]</p>	<p>Décrire les connaissances scientifiques actuelles concernant les outils de contrôle de la charge d'entraînement et présenter des considérations pratiques à prendre en compte lors de la planification et de la quantification chez les athlètes.</p>	<p>Pas de protocole, revue descriptive de l'état des connaissances.</p>	<p>Explication des relations entre la charge interne et la charge externe. Présentation et critique des variables les plus utilisées lors de la quantification interne et externe avec les critères nécessaires pour avoir un modèle durable comme l'individualisation de la prise en charge.</p>	<p>La charge interne et la charge externe ne sont pas à dissocier. La fréquence le temps, l'intensité, le nombre de répétitions, la perception de l'effort, de la fatigue le sommeil, l'analyse temps mouvement (TMA), le GPS sont très souvent utilisés ainsi que des questionnaires. Enfin, la notion d'individualisation et de durabilité est importante pour avoir une quantification fiable et reproductible.</p>
<p>[42] Training monitoring methods used in the field by coaches and practitioners: A systematic review</p> <p>International Journal of Sports Science & Coaching</p> <p>2020</p>	<p>H. McGuigan and al.</p>	<p>Article ajouté, hors biblio</p>	<p>L'objectif de cette étude est de décrire les outils de suivi utilisés sur le terrain, ainsi que leurs points forts et leurs points faibles.</p>	<p>Revue systématique avec recherche méthodologique sur medline, psycinfo, sportdiscus and scopus databases. Inclusion de 7 études.</p>	<p>Les études utilisaient la quantification de la charge de travail soit pour avoir un suivi de la fatigue, les blessures et leur prévention ainsi que les performances. Pour la quantification, les biomarqueurs étaient peu utilisés. En revanche, la fréquence cardiaque et le GPS étaient utilisés pour les mesures objectives. Pour les mesures plus subjectives, le RPE et des questionnaires personnalisés sont souvent employés. Les outils utilisés pour quantifier la charge de travail en pratique sont le plus souvent non invasifs et faciles à mettre en place pour surveiller plusieurs joueurs en même temps et peu coûteux.</p>	<p>Pour le suivi physiologique des joueurs, la fréquence cardiaque avec comme mesure dérivée la variabilité et la Fc de repos étaient les plus utilisés. Des tests physiques sous maximaux et maximaux étaient mis en place plus ou moins fréquemment. Pour le GPS, les mesures dérivées étaient les temps de courses à haute vitesse, la distance totale, le nombre de tacles et l'intensité (mètres par minute) Pour la partie subjective, les questionnaires évaluaient la fatigue, les douleurs musculaires, la perception de la récupération, le sommeil et l'humeur. La perception des entraîneurs et du staff était aussi utilisée comme évaluation subjective de l'état de forme des joueurs.</p>
<p>[43] Injury prevention strategies, coach compliance and player adherence of 33 of the UEFA Elite Club Injury Study teams: a survey of teams' head medical officers</p> <p>Br J Sports Med</p> <p>2016</p>	<p>A. McCall and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[3]</p>	<p>Quantifier les pratiques actuelles du football professionnel européen en ce qui concerne la stratégie de prévention des blessures et décrire l'adhésion des joueurs ainsi que le respect par les entraîneurs du programme global de prévention des blessures.</p>	<p>Les médecins de 34 clubs de football professionnel européens ont été invités à participer à une enquête en ligne par l'UEFA. Le questionnaire comportait 4 parties : (1) facteurs de risque perçus pour les blessures, (2) tests de dépistage et les outils de suivi utilisés pour identifier les risques de blessure, (3) les stratégies de prévention des blessures utilisées, l'efficacité perçue et les stratégies de mise en œuvre, (4) l'adhésion des joueurs et des entraîneurs</p>	<p>33 équipes ont répondu. Le facteur de risque de blessure le plus important était la blessure antérieure. Ensuite, quatre des six principaux facteurs de risque étaient liés à la charge de travail des joueurs. Les 3 principaux exercices de prévention étaient l'excentrique, l'équilibre / proprioception et l'entraînement de base. En ce qui concerne le suivi, les trois principaux outils mis en œuvre sont les suivants : mesure de la charge de travail, du bien-être subjectif et d'un dépistage médical général. Le niveau subjectif de la conformité des entraîneurs a été perçue comme élevé, tandis que l'adhésion des joueurs variait de nul à parfaite.</p>	<p>Les principaux facteurs de risque en lien avec la charge de travail étaient la forme physique, la fatigue accumulée, la réduction du temps de récupération entre les matchs et la charge d'entraînement. En ce qui concerne les trois principaux outils mis en œuvre, pour la mesure de la charge de travail le Nombre de matchs/minutes joués, la Fréquence cardiaque, l'évaluation de l'effort perçue (RPE) et le GPS étaient mis en place. Pour le bien-être subjectif, la Fatigue, les Douleurs musculaires, la Récupération perçue et le Sommeil étaient inspectés. Enfin l'examen médical général s'intéressait aux plaintes, à l'humeur et à un dépistage médical général.</p>

<p>[44] Monitoring Rugby Players for Fitness and Fatigue: What Do Coaches Want?</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2017</p>	<p>L. Starling and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[1]</p>	<p>Identifier les méthodes utilisées par les équipes de rugby pour surveiller la charge d'entraînement ainsi que les conditions applicables pour surveiller la condition physique des joueurs de rugby.</p>	<p>Un questionnaire en ligne a été élaboré et envoyé à 76 équipes de rugby d'Afrique du Sud, Namibie et Zimbabwe.</p>	<p>La grande majorité des équipes ont jugé important la quantification de la charge (charge externe) et la réponse à la charge (charge interne). Le protocole mis en place doit aussi remplir certaines conditions afin de satisfaire les exigences scientifiques et les exigences des praticiens. De plus, il n'existe pas de variable unique afin de quantifier et d'avoir une vision globale de l'état du joueur, une combinaison de plusieurs variables est plus appropriée.</p>	<p>Pour les professionnels, le protocole idéal durerait entre 5 et 10 minutes pour un joueur, simple à mettre en place et sans être trop onéreux. Le critère le plus important dans un questionnaire d'auto-évaluation serait les douleurs musculaires. Les quantifications internes étaient moins réalisées car plus difficiles à mettre en place, plus coûteuse. Le sRPE, le GPS et des cardio-fréquencesmètres étaient les outils les plus utilisés chez les clubs ayant les moyens.</p>
<p>[45] Internal and External Training Load: 15 Years On</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2019</p>	<p>F. Impellizzeri and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[4]</p>	<p>Etendre, clarifier et affiner à la fois le cadre théorique et les définitions de la charge de travail interne et externe ainsi que leur relation et leur représentation.</p>	<p>Pas de protocole, commentaire de description des connaissances.</p>	<p>La charge interne et la charge externe permettent d'avoir une meilleure connaissance des réponses de l'organisme en fonction des sollicitations. Isolées, leur utilisation est critiquable car difficilement interprétable et moins utile.</p>	<p>La charge interne définit la réponse au stimulus que nous imposons aux athlètes et est considérée comme la mesure principale. En revanche, elle peut être différente en fonction de plusieurs paramètres internes ou externes à l'athlète. La charge externe permet d'avoir un suivi des contraintes imposées et une gestion des sollicitations en fonction des objectifs de travail ;</p>
<p>[46] Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2017</p>	<p>P.C. Bourdon and al.</p>	<p>Article suggéré</p>	<p>L'objectif est de donner un aperçu de ce qu'est la surveillance de la charge des athlètes et de la manière dont elle est appliquée dans la pratique, l'importance et les objectifs potentiels du suivi.</p>	<p>Consensus suite à la conférence de Doha tenu en février 2016 sur la quantification de la charge de travail : "Monitoring Athlete Training Loads—The Hows and the Whys"</p>	<p>A ce jour, aucune variable ne peut quantifier avec précision l'état physique, la charge interne et la charge externe ou prévoir les performances d'un athlète. L'émergence des nouvelles technologies apportera des outils plus puissants pour quantifier et organiser la charge de travail idéale. De plus, la décision sur les outils ou techniques de contrôle à utiliser devrait rester du ressort des professionnels en fonction de chaque sport.</p>	<p>Un tableau récapitulatif des différents paramètres utilisés dans la qdc interne et externe est présent. Pour la qdc interne, le RPE, la sPRE, le training impulse (TRIMP) ainsi que des questionnaires psychologiques et d'autre sur le bien être étaient présentés. Des mesures de fréquence cardiaque ainsi que du taux d'O₂ et de biomarqueurs sanguin étaient aussi utilisées. Pour la qdc externe, le temps, la fréquence, la distance, le nombre de répétitions, la puissance, la vitesse, le nombre d'accélération étaient utilisés grâce à des GPS, accéléromètres, l'analyse temps mouvement par analyse vidéo. Enfin le ratio ACWR était calculé.</p>
<p>[47] The Research Doesn't Always Apply: Practical Solutions to Evidence-Based Training-Load Monitoring in Elite Team Sports</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2017</p>	<p>D.J. Burgess</p>	<p>PubMed</p> <p>[3]</p>	<p>L'objectif de ce commentaire est de présenter quelques stratégies fréquemment utilisées dans le contrôle de la charge d'entraînement et de décrire leur application dans des environnements de sport d'équipe d'élite.</p>	<p>Commentaire</p>	<p>La combinaison de la mesure de la charge interne et de la charge externe peut constituer la façon idéale d'évaluer la condition physique, la fatigue et l'état de préparation des joueurs à l'entraînement ou en compétition mais certaines circonstances empêche la mise en place de stratégies de quantification fidèle à la littérature.</p>	<p>Pour mesurer la charge externe, le GPS est très largement utilisé et de nouvelles technologies comme les accéléromètres mais leur utilisation courante est encore faible car trop peu étudiée et il y a trop peu de preuve encore quant à leur rôle. De plus, utilisation du GPS dans la rééducation d'une LMA des IJ afin d'objectiver la vitesse de pointe. Pour la charge interne, l'évaluation de l'effort perçu (sRPE), l'estimation subjective du bien-être et de diverses mesures de la fréquence cardiaque et du sang sont très fréquemment utilisés.</p>

<p>[48] Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2016</p>	<p>R. Akenhead and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[3]</p>	<p>Fournir des informations sur les pratiques et les perceptions des praticiens sur la quantification de la charge de travail au sein des clubs de football professionnels</p>	<p>82 clubs de football professionnels ont été invités à répondre à des questions concernant la quantification de la TL, le suivi des réponses des joueurs et leur perception de l'efficacité du processus de suivi des joueurs.</p>	<p>Les principaux résultats de cette étude sont qu'il n'existe pas de quantification universelle et que l'impact perçu sur la prévention des blessures et l'amélioration des performances est plus faible que prévu, sûrement en lien avec des ressources humaines insuffisantes, une faible adhésion des entraîneurs et une faible sensibilité des mesures. Il serait intéressant d'avoir une simplification et une étude de la validité et fiabilité des variables afin de rendre la quantification plus simple et plus structurée.</p>	<p>Le GPS, la fréquence cardiaque et des accéléromètres étaient utilisés par la grande majorité des clubs répondant à l'enquête tout comme le RPE mais les données collectées sont interprétées différemment par chaque équipe avec plus de 50 variables différentes. La réponse à la charge de travail était quantifiée grâce à la RPE et à d'autres questionnaires subjectifs mais pas par toutes les équipes. Enfin, les notions de charge chronique et aiguë sont aussi calculées et analysées après récupération des résultats.</p>
<p>[49] Load, Overload, and Recovery in the Athlete: Select Issues for the Team Physician-A Consensus Statement</p> <p>Med Sci Sports Exerc</p> <p>2019</p>	<p>Comité exécutif de plusieurs auteurs</p>	<p>PubMed</p> <p>[2]</p>	<p>L'objectif de ce document est d'aider le staff médical à améliorer les soins de l'athlète en comprenant les problèmes de charge, de surcharge et de récupération chez les athlètes.</p>	<p>Guide, déclaration de consensus.</p>	<p>Explication du concept de charge interne, externe et surcharge ainsi que les conséquences de la surcharge. Présentation des différentes technologies et paramètres de mesures ainsi que de leurs limites mais beaucoup de recherches sont encore nécessaires afin d'approfondir les connaissances sur ce sujet.</p>	<p>Il existe une variété de techniques de mesure, notamment grâce aux nouvelles technologies et aux appareils portables. On retrouve les analyses sanguines, de questionnaires sur le bien-être, l'effort perçu (RPE), la nutrition et l'état psychologique. Des technologies non portables (plateformes de force, mesure du VO2max, analyse vidéo, ...) et des technologies portables (GPS, cardio-fréquence-mètres ...) sont aussi utilisées dans les centres les plus équipés.</p>
<p>[50] Fatigue Monitoring in High Performance Sport: A Survey of Current Trends</p> <p>Journal of Australian Strength & Conditioning</p> <p>2012</p>	<p>K.L. Taylor and al.</p>	<p>Ajouté par la biblio de l'article 13, 9 et 2</p>	<p>Recueillir des informations sur le type de systèmes de quantification de charge de travail qui sont considérés comme les meilleures pratiques actuelles.</p>	<p>Etude descriptive utilisant un questionnaire en ligne envoyé à 100 personnes travaillant dans le sport de haut niveau (mais de sports différents). Il y avait deux sujets, un sur la qdc externe et un sur la réponse interne. Une partie concernait les méthodes utilisées pour quantifier la charge de formation et pour surveiller la fatigue.</p>	<p>70% des répondants accordaient autant d'importance à la quantification externe qu'à la réponse interne. Pour surveiller la charge interne, les questionnaires d'auto-évaluation personnalisés étaient les plus utilisés dont 55% quotidiennement. Les douleurs musculaires étaient un indicateur majeur tout comme la durée et la qualité du sommeil, ainsi que les perceptions de la fatigue et du bien-être. Des tests physiques hebdomadaires ou mensuels étaient souvent mis en place afin d'avoir un suivi des joueurs. Enfin une quantification externe de performances individuelles avec des mesures d'intensité, de course à l'aide de GPS</p>	<p>Utilisation de questionnaires personnalisés car ceux présents dans la littérature sont trop longs à remplir (ce qui influe sur la conformité et l'adhésion) et à analyser par le personnel d'encadrement, et qu'ils manquaient de spécificité sportive mais par conséquent ils présentent moins d'importance scientifique, possibilité d'utiliser des versions abrégées du REST-Q. Pour les tests, le plus utilisé était les tests de saut associé à des tests spécifiques au sport pour le football. Pour les mesures physiologiques, peu de répondant les utilisaient mais de récentes recherches suggèrent qu'elles peuvent être très utiles dans la surveillance. Enfin la notion de seuil d'alerte est importante à définir afin d'avoir un guide sur l'ampleur du changement considéré comme important.</p>

<p>[51] The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis</p> <p>Sports Med 2018</p>	<p>S.J. McLaren and al.</p>	<p>Article hors méthodo</p>	<p>Etablir des relations entre les charges internes et externes pendant l'entraînement et la compétition intermittents tout en examinant les effets modérateurs du mode d'entraînement sur ces relations.</p>	<p>Méta-analyse avec recherche documentaire sur 6 bases de données (Scopus, web of science, pubmed, medline, cinahl, sportdiscus). Inclusion de 13 articles</p>	<p>Les mesures de la charge interne dérivée de l'effort perçu et de la fréquence cardiaque montrent des associations significatives avec les charges externes (élevé : sRPE/TD et sRPE/AL et sRPE/impact et modéré : sRPE/HSRD // Elevé : TRIMP / AL). En revanche l'ampleur et l'incertitude de ces relations dépendent de la mesure et du mode d'entraînement.</p>	<p>Pour mesurer la charge interne, la sRPE et le training impulse avec la fréquence cardiaque était utilisé. Pour la charge externe, la distance totale, le nombre d'impacts, le nombre de sprints et les accélérations. Ces valeurs étaient aussi rapporter par minutes afin d'avoir l'intensité de la séance ou du match.</p>
<p>[52] How much is enough in rehabilitation? High running workloads following lower limb muscle injury delay return to play but protect against subsequent injury</p> <p>J Sci Med Sport 2018</p>	<p>J. Stares and al.</p>	<p>PubMed [2]</p>	<p>Déterminer la relation entre les charges d'entraînement lors de la rééducation et la durée du retour au terrain ainsi que les taux de blessures. Un deuxième objectif était de fournir des lignes directrices utiles pour la réadaptation des blessures musculaires des membres inférieurs.</p>	<p>Les données de blessures musculaires, charge interne et externe de 58 joueurs professionnels ont été récupérées lors de 5 saisons de football australien. La charge de travail et la durée de chaque phase de rééducation ont été analysées afin d'objectiver un potentiel lien avec le temps de retour à la compétition.</p>	<p>Des charges de rééducation hebdomadaires et totales plus importantes étaient associées à des temps de RTP plus longs et des charges de course de sprint élevées se sont avérées protectrices contre les blessures ultérieures. Ainsi la charge de travail est une composante importante de la réadaptation et mérite d'être prise en compte dans la prise de décision du RTP</p>	<p>La charge externe a été quantifiée à l'aide de GPS afin de mesurer la distance totale, et la distance à haute vitesse. La charge interne a été quantifiée à l'aide de la sRPE (Échelle de Borg modifiée à 10 points X temps d'entraînement). Enfin, des calculs de la charge chronique (4 semaines), la charge hebdomadaire ainsi que la charge totale ont été effectués.</p>
<p>[53] Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review</p> <p>Br J Sports Med 2015</p>	<p>A.E. Saw and al.</p>	<p>PubMed [1]</p>	<p>Comparer les mesures subjectives de bien être avec les mesures objectives afin d'établir un potentiel lien entre les deux différentes mesures.</p>	<p>Revue systématique d'articles sur MEDLINE, PsycINFO, SPORTDiscus et PubMed avec analyse de la qualité et de la force des résultats. 56 études incluses.</p>	<p>Les mesures subjectives sont sensibles à la charge d'entraînement aiguë et chronique mais peu de preuves ont été établies en faveur d'une association entre les mesures subjectives et objectives. De plus, le bien-être subjectif était généralement altéré par une augmentation aiguë de la charge d'entraînement et par une charge chronique élevée, tandis qu'une diminution aiguë de la charge d'entraînement améliorerait le bien-être subjectif.</p>	<p>Les mesures les plus utilisées étaient des questionnaires sur les états d'humeur (POMS), le stress (DALDA), et la récupération (RESTQ-S). Le manque d'association entre les deux renforce l'inclusion de ces deux données dans la quantification de la charge d'entraînement afin d'avoir un suivi plus complet.</p>
<p>[54] Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological Markers</p> <p>Physiol Behav 2017</p>	<p>L. Djaoui and al.</p>	<p>PubMed [1]</p>	<p>L'objectif est de présenter les différents marqueurs physiologiques. Au cours de cette étude, les mesures de la fréquence cardiaque à différents moments de la journée, avant, pendant et après les entraînements de football ont été étudiées.</p>	<p>Revue.</p>	<p>La mesure de HRrest le matin (au repos), pris en position couchée pendant 10 minutes, de HRV (variabilité du rythme cardiaque au repos) en particulier pendant les jours de repos, pris pendant 5 minutes immédiatement après le réveil et de HRres (HRres = HRmax – HRrest) pendant les sessions de formation, pourrait être utile dans la surveillance individuelle de la quantification de la charge de travail chez les joueurs de football.</p>	<p>La mesure de la fréquence cardiaque ainsi que ses dérivés et différentes interprétations peuvent être utiles dans la quantification de la charge de travail. Pour ce qui est des mesures d'échantillons de biomarqueur, le lactate sanguin, l'état immunologique du sang et les IgA salivaires étaient intéressants dans le suivi de la charge. En revanche, les autres dérivés de la fréquence cardiaque et de marqueurs biologiques n'ont pas montré de lien significatif dans la quantification de la charge de travail.</p>

<p>[55] Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players</p> <p>Journal of science and medicine in sport</p> <p>2013</p>	<p>M Buchheit and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[1]</p>	<p>Etudier l'utilité de certaines mesures physiologiques et perceptives pour surveiller la condition physique, la fatigue et les performances de course chez des joueurs de football professionnels australiens.</p>	<p>Plusieurs variables ont été mesurés dans un stage de pré-saison de 2 semaines : sRPE x Temps, taux de cortisol, questionnaire subjectif de bien-être, ainsi que les performances des joueurs afin de suivre leur évolution (Yo-YoIR2 et High Speed Running).</p>	<p>La perception du bien-être et le rythme cardiaque étaient corrélés avec la variabilité de la charge de travail imposée aux joueurs mais aussi aux performances des tests Yo-YoIR2 et HSR.</p>	<p>La mesure de la charge de travail avec le sRPE, la fréquence cardiaque (HRex) et les questionnaires de bien-être sont des bons marqueurs permettant de surveiller la fatigue et l'état de récupération. HRex, LnSD1 et toutes les mesures de bien-être (sauf le cortisol) étaient sensibles aux variations de la charge journalière</p>
<p>[56] Relationships Between Rating-of-Perceived-Exertion- and HeartRate-Derived Internal Training Load in Professional Soccer Players: A Comparison of On-Field Integrated Training Sessions</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2015</p>	<p>M.A. Campos-Vazquez and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[4]</p>	<p>Décrire la quantification de la charge interne des séances d'entraînement au cours d'une semaine type chez les joueurs de football professionnels. Et déterminer les relations entre différents marqueurs couramment utilisés dans le football.</p>	<p>La charge interne a été quantifiée avec différentes variables chez 9 joueurs à trois périodes distinctes de la saison lors d'entraînements différents.</p>	<p>Des corrélations ont été observées entre HR > 80 %, 90 % HRmax et sRPE-TL lors des sessions d'entraînement tactique, de mis en place, et de possession nécessitant plus d'efforts. Dans ces mêmes sessions, des relations ont été observées entre sRPE-TL et le TRIMPMOD ainsi que la technique de quantification d'Edwards mais les autres relations n'étaient pas claires.</p>	<p>Le sRPE et la fréquence cardiaque sont deux marqueurs utilisés afin d'avoir un avis de la charge de travail imposé aux joueurs et la réponse qui en découle. En revanche, il semble compliquer pour une équipe entière d'avoir une approche individuelle pour chaque joueur.</p>
<p>[57] Quantification of Training Load During Return to Play After Upper- and Lower-Body Injury in Australian Rules Football</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2016</p>	<p>D. Ritchie and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[3]</p>	<p>Quantifier l'effet d'une blessure sur la charge d'entraînement avant et après le retour au jeu dans le football professionnel australien.</p>	<p>La RPE (CR10) était mesurée chez 44 joueurs après la séance et un GPS était utilisé lors des séances sur terrain pendant 41 semaines. Les mêmes mesures étaient réalisées avant et après le retour sur le terrain lorsqu'un joueur se blessait.</p>	<p>Avant le retour sur le terrain, une blessure aux membres inférieurs provoquait une diminution de la charge interne par rapport au groupe d'entraînement. En revanche, il y avait une augmentation des autres charges de conditionnement et de course ce qui donne une charge totale comparable lors des deux dernières semaines avant le RTP. Les charges externes (DT, HSR et PL) étaient toutes inférieures. Après le RTP, les joueurs blessés aux membres inférieurs avaient une charge totale légèrement inférieure au groupe d'entraînement.</p>	<p>La RPE est une variable facilement utilisable dans la mesure de la charge interne grâce à son unité de mesure standardisée et sa facilité de mise en place. Le ratio aigu/chronique est important au moment du retour sur le terrain. Le volume d'entraînement semble être un bon élément pour ajuster le contenu des séances lors de la rééducation avant le retour au terrain.</p>

<p>[58] Monitoring What Matters: A Systematic Process for Selecting Training-Load Measures</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2017</p>	<p>S. Williams and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[3]</p>	<p>L'objectif est de réduire les données et le nombre de variables pour la quantification de la charge de travail à l'aide du sRPE que les praticiens utilisent pour optimiser et simplifier les pratiques de suivi des athlètes.</p>	<p>La charge de travail a été quantifiée chez 173 joueurs de rugby lors de la saison 2013-2014 à l'aide de l'échelle Borg CR-10 RPE modifié (sRPE). Dix mesurer dérivé de la sRPE ont été mesurés et ils ont cherché lesquelles présentaient le plus de lien significatif avec le taux de risque de blessure.</p>	<p>Trois variables sont ressorties comme les plus significatives. La première est la mesure de la charge de travail cumulative imposée aux joueurs (mesure sur 4 semaines), la deuxième est la mesure de la variation de la charge de travail (ACWR) et enfin la troisième est la mesure de la charge aiguë (quotidienne).</p>	<p>L'échelle Borg CR-10 RPE modifiée est utilisée afin de quantifier la sRPE et les mesures dérivées grâce à ses données permette d'avoir une représentation du risque de blessures des joueurs. De plus, cette étude a permis de réduire le nombre de composantes et de mesures dérivées afin de faciliter la mise en place et simplifier la quantification.</p>
<p>[59] Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football</p> <p>Journal of science and medicine in sport</p> <p>2015</p>	<p>K. Veugelers and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[3]</p>	<p>Comparer différentes méthodes de quantification de la charge d'entraînement et leur relation avec les blessures et la maladie chez les footballeurs professionnels australiens</p>	<p>RPE terrain VS RPE global VS RPE x temps terrain VS sRPE x temps global cumulé sur 1 et 2 semaines avec un groupe à haute charge et un groupe à charge moindre.</p> <p>Terrain = uniquement les séances sur terrain Global = toutes les séances</p>	<p>RPE global et RPE x temps global d'une semaine ont montré une association significative avec le risque de blessure en comparaison avec les autres méthodes ne quantifiant pas toutes les séances.</p>	<p>Le RPE et le sRPE sont deux variables très souvent utilisés. De plus, il est important d'avoir une quantification de l'ensemble des activités afin d'avoir une vision globale de la charge imposée aux joueurs.</p>
<p>[60] Monitoring fatigue and recovery in rugby league players</p> <p>Int J Sports Physiol Perform</p> <p>2013</p>	<p>C. Twist and al.</p>	<p>Ajouté par la biblio de l'article 2</p>	<p>Le but de cette revue est de fournir une évaluation critique des outils de suivi qui pourraient être adopté par les praticiens qui essaye de gérer la fatigue induite par l'exercice chez les rugbymans.</p>	<p>Revue.</p>	<p>Étant donné la nature multidimensionnelle de la fatigue, les praticiens devraient utiliser une série de mesures appropriées et des outils adaptés pour gérer l'état de fatigue de chaque joueur. Les tests étudiés ont été les questionnaires subjectifs, les biomarqueurs sanguins, les tests de performance et les tests de fonction neuromusculaire. Cependant ces tests doivent être faciles d'utilisation, valides, fiables et pratiques en fonction du cadre dans lesquels ils sont utilisés. De plus, une éducation des joueurs ainsi que des entraîneurs serait intéressante afin d'avoir une bonne interprétation des résultats.</p>	<p>Pour les questionnaires subjectifs, ils sont faciles à administrer et sensibles aux changements de performances. En revanche le temps quotidien nécessaire pour remplir les questionnaires et la subjectivité peuvent poser problème. Pour la fonction neuromusculaire, ce sont des marqueurs indirects de la fatigue et ils peuvent être facilement intégrés dans le programme de formation mais il est difficile d'identifier la fatigue d'un match en particulier. Pour les tests de performance, ils peuvent identifier la fatigue et la capacité de performance spécifique à un match mais cela prend du temps et provoque une fatigue supplémentaire.</p>
<p>[61] Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury</p> <p>Br J Sports Med</p> <p>2015</p>	<p>P. Blanch and al.</p>	<p>PubMed</p> <p>[3]</p>	<p>Étudier le rôle et la capacité du ratio de charge aiguë sur la charge chronique (ACWR) à évaluer le risque de blessure d'un joueur lors de la rééducation avant de retourner sur le terrain</p>	<p>Revue, pas de protocole méthodologique</p>	<p>Cette revue conclut que quantifier le risque de blessure permettrait de le réduire et que le ratio de charge aiguë sur chronique devrait faire partie des facteurs à prendre en compte lors des processus décisionnels de retour au terrain</p>	<p>La charge interne est plus sensible que la charge externe et permet d'avoir une idée de la façon dont le joueur réagit aux charges mais elle n'est pas à dissocier de la charge externe. Enfin la précision des valeurs à mesurer est primordiale. (Inutile de mesurer la distance totale parcourue pour un athlète blessé au IJ car les risques de blessure sont important lors des sprints à haute vitesse). De plus, le ratio ACWR permet de mieux préparer le joueur aux exigences pour le retour au terrain.</p>

Annexe 3 : [78]

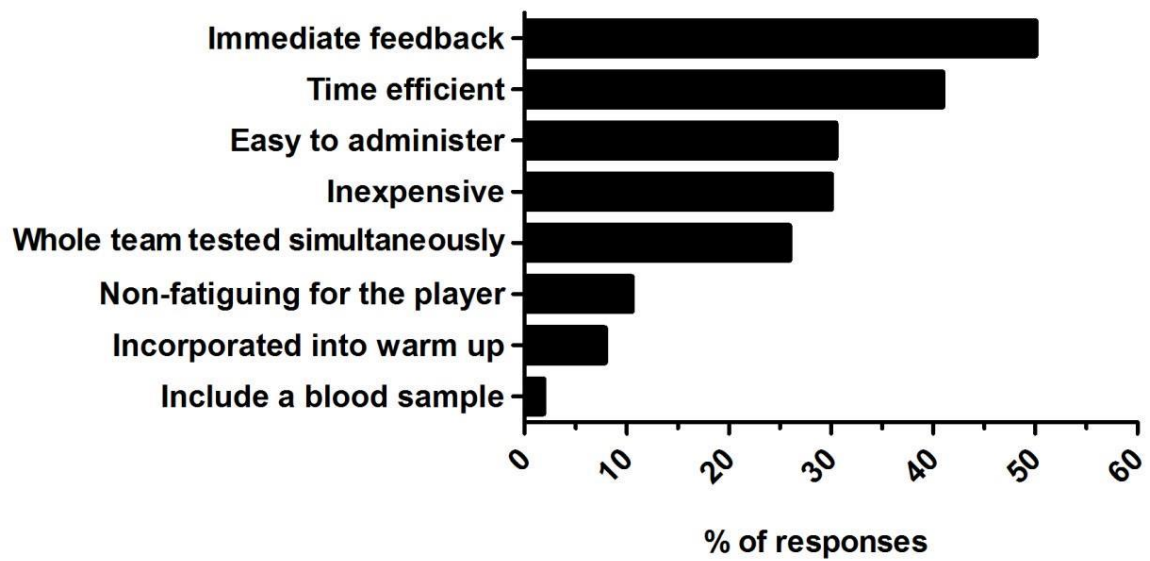
Les trois principaux outils de suivi utilisés par les Clubs d'élites de l'UEFA des équipes pour évaluer les risques de blessure de leurs joueurs

Rank	Monitoring tool	Accumulated points	Specified tools (n=number of clubs)
1st	Measures of workload (ie, from training and matches)	130	Number of matches/minutes played (11) Heart rate (8) Rating of perceived exertion (RPE) (7) Global Positioning System (GPS) (7)
2nd	Subjective markers of wellness	125	Fatigue (15) Muscle soreness (7) Perceived recovery (7) Sleep (3)
3rd	Medical Screen	101	Player complaint (1) Mood (1) General medical screen

Maximum points available=165.

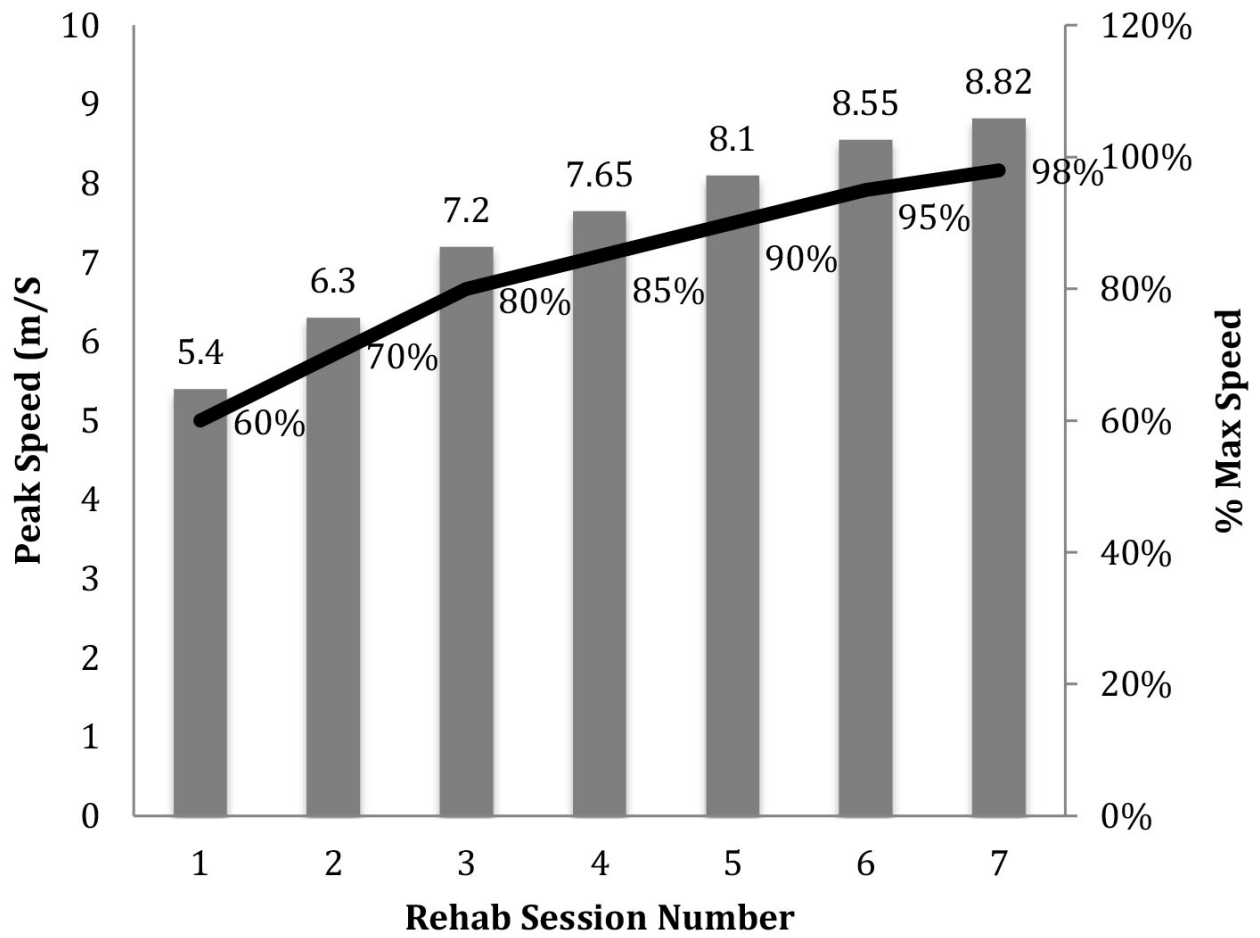
Annexe 4 : [44]

Classement des qualités estimées comme les plus importantes d'un protocole de surveillance idéal



Annexe 5 : [47]

Progression de la vitesse de pointe lors de la rééducation



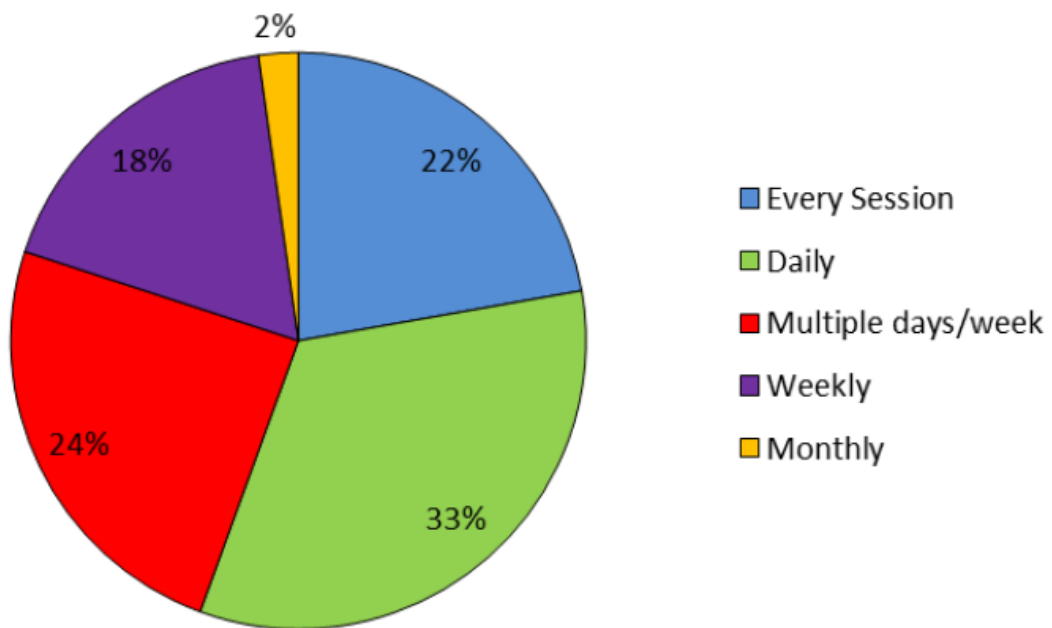
Echelle modifiée de Borg

Modification of the Category Ratio Rating of Perceived Exertion Scale

Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	.
7	Very Hard
8	.
9	.
10	Maximal

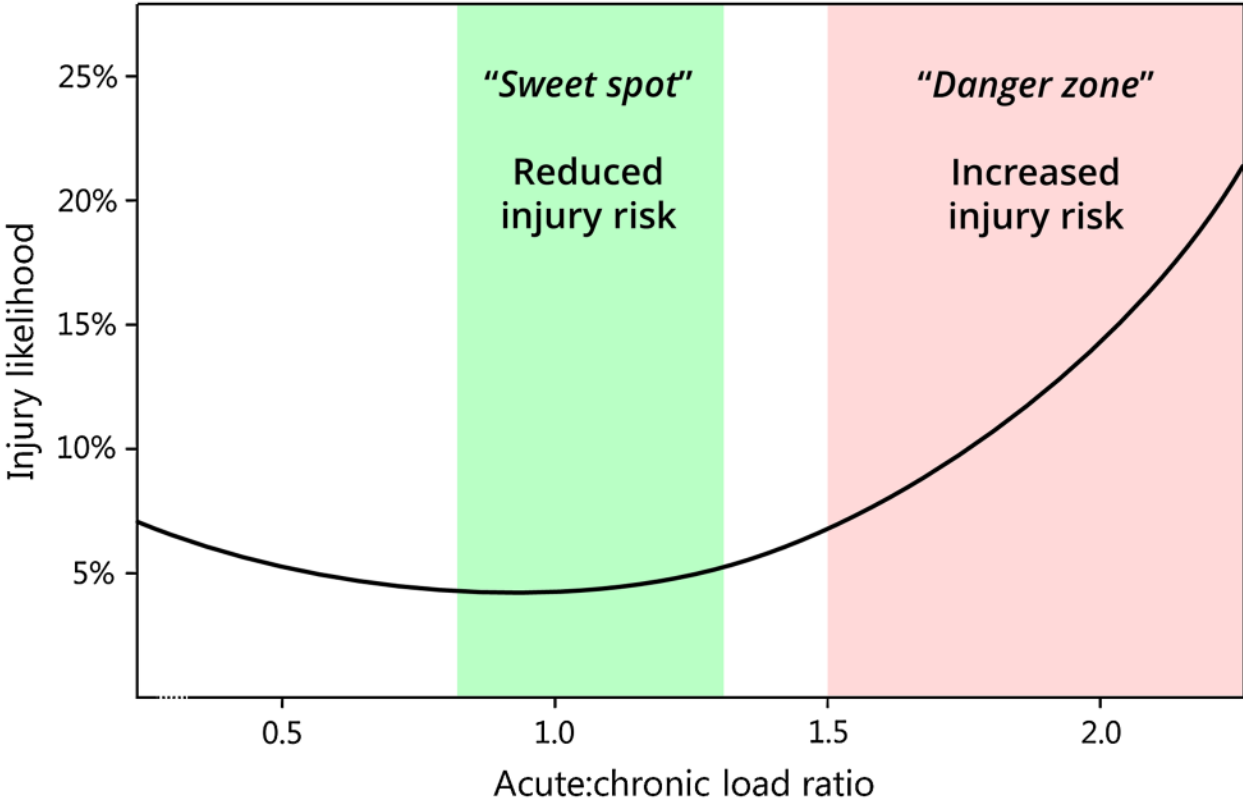
Annexe 7 : [50]

Fréquence d'administration des questionnaires d'auto-évaluation



Annexe 8 : [37]

Expression graphique du ratio ACWR



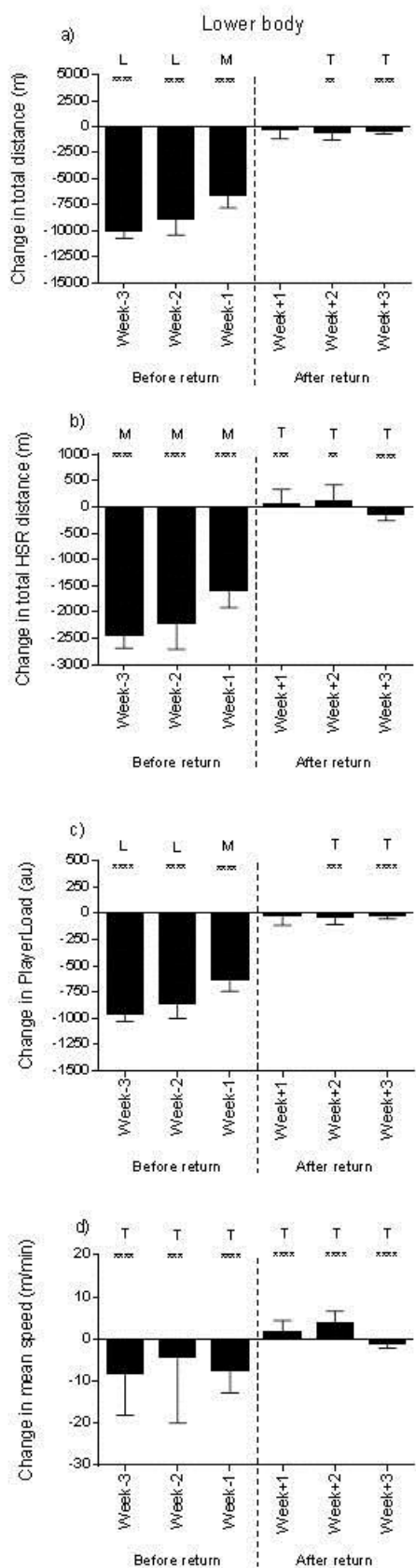
Annexe 9 : [61]

Probabilité de blessure en comparant différents scénarios de charge de travail aiguë et chronique

Chronic workload (% of normal average)	110	4.7	4.1	3.6	3.4	3.2	3.3	3.5
	100	4.3	3.7	3.4	3.3	3.3	3.6	4.0
	90	3.9	3.5	3.3	3.3	3.6	4.2	4.9
	80	3.5	3.3	3.3	3.7	4.3	5.3	6.6
	70	3.3	3.3	3.7	4.6	5.8	7.5	9.5
	60	3.3	3.8	4.9	6.6	8.8	11.6	14.9
	50	4.0	5.5	7.9	11.0	14.9	19.6	25.1
	40	6.6	10.1	14.9	20.9	28.2	36.7	46.5
	30	14.9	23.2	33.7	46.5	61.4	78.6	98.0
			60	70	80	90	100	110
Acute workload (% of normal average)								

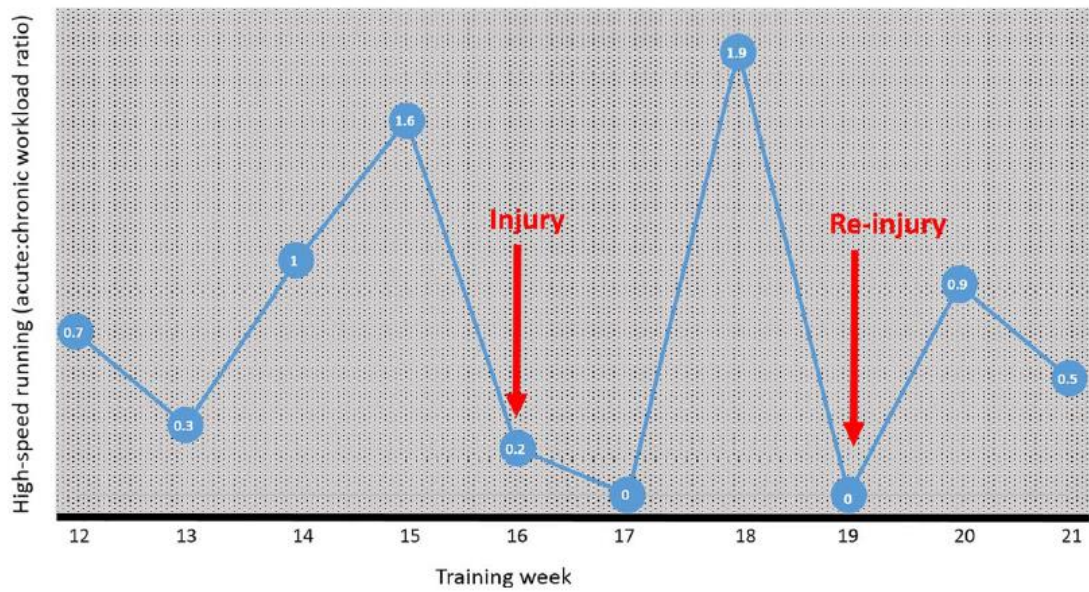
Annexe 10 : [57]

Effets des lésions des membres inférieurs sur la charge externe hebdomadaire mesurer avec un GPS



Annexe 11 : [61]

Représentation graphique du ratio ACWR de la course à grande vitesse d'un joueur de rugby



Annexe 12 : [84]

Variables de la charge de travail prises en compte dans la modélisation du ratio ACWR

Variable	Definition
Distance (m)	Distance above 3 km/h
Session-RPE (arbitrary units)	Athlete rating of perceived exertion×session duration
Player load (arbitrary units)	Custom metric measuring the magnitude of rate of change of acceleration ¹⁷
Distance-load (m ² min ⁻¹)	Distance×mean speed
HSR (m)	Distance above 24 km/h
MSR (m)	Distance between 18 and 24 km/h

HSR, high speed running; MSR, moderate speed running.

Annexe 13 : [41]

Variables pouvant être utilisées pour surveiller la charge de formation et la fatigue

Variable	Units/descriptors
Frequency	Sessions per day, week, month
Time	Seconds, minutes, hours
Intensity	Absolute, relative
Type	Modality, environment
Maximal effort	Maximum mean power, jump height
Repeat efforts	Number of efforts, quality of efforts
Training volume	Time, intensity
Perception of effort	RPE
Perception of fatigue and recovery	Questionnaires; REST-Q, VAS
Illness	Incidence, duration
Injury	Type, duration
Biochemistry and hormone analysis	Baseline, response to exercise
Technique	Movement deviations
Body composition	Total body weight, fat mass, fat-free mass
Sleep	Quality, quantity, routine
Psychology	Stress, anxiety, motivation
Sensations	Hopeful, neutral, hopeless

REST-Q Recovery Stress Questionnaire, *RPE* rating of perceived exertion, *VAS* visual analog scale

Résumé : La quantification de la charge de travail dans la rééducation d'une lésion myo-aponévrotique des ischio-jambiers chez les footballeurs.

Contexte : La quantification de la charge de travail est une méthode de suivi des entraînements très utilisée dans les sports collectifs par les préparateurs physiques avec les joueurs valides. De plus, les blessures aux ischio-jambiers sont les blessures les plus fréquentes chez les footballeurs professionnels.

Objectif : L'objectif de ce mémoire était d'aider à inclure cette quantification de la charge de travail au sein de la rééducation d'une lésion musculaire chez les sportifs. Ce travail sera majoritairement à destination des kinésithérapeutes libéraux, travaillant sans préparateurs physiques à leur côté.

Méthode : Afin de répondre à cette problématique, une recherche documentaire a été effectuée sur PubMed, PEDro, JOSPT, Science Direct et LiSSa. Vingt-six articles ont été inclus dans les résultats. Peu d'études ont quantifié la charge de travail lors de la rééducation, les résultats de la préparation physique seront donc transférés à la rééducation.

Résultats : Dans la charge externe, l'utilisation de micro technologies comme les GPS était très fréquente avec le suivi quotidien du nombre et du temps des séances d'entraînement. La charge interne était divisée en une partie objective avec la mesure de la fréquence cardiaque, et une partie subjective avec la perception de l'effort perçu et l'utilisation de questionnaire. De plus, le ratio ACWR est souvent utilisé comme un guide dans la gestion de la charge aiguë et chronique.

Conclusion : En cabinet, la quantification de la charge de travail peut apporter un atout important à la rééducation. Ces données peuvent permettre au kinésithérapeute d'adapter ses séances pour être le plus efficace possible et soumettre le patient à une charge de travail optimale.

Mots-clés : Charge d'entraînement - Rééducation – Blessure - Ischio-jambiers – Football

.....

Abstract: Quantifying the workload in the rehabilitation of a myo-aponeurotic hamstring injury in football players

Background: The quantification of the workload is a method of monitoring training that is widely used in team sports by physical trainers with able-bodied players. Moreover, hamstring injuries are the most common injuries among professional footballers.

Purpose: The aim of this dissertation was to help include the quantification of workload within the rehabilitation of a muscle injury in sportsmen and women. This work will mainly be aimed at self-employed physiotherapists, working without physical trainers.

Method: In order to respond to this problem, a documentary research was carried out on PubMed, PEDro, JOSPT, Science-Direct and LiSSa. Twenty-six articles were included in the results. Few studies have quantified the training load during rehabilitation so the results of physical preparation will therefore be transferred to rehabilitation.

Results: The results showed that quantification of internal and external load were the most commonly used methods. For the external load, the use of micro technology such as GPS was very frequent with the daily monitoring of the number and time of training sessions. The internal load was divided into an objective part with the measurement of heart rate, and a subjective part with the perceived effort and questionnaires. In addition, the ACWR (Acute Chronic Workload Ratio) ratio is frequently used as a guide in the management of acute and chronic demands.

Conclusion: In practice, quantification of the internal and external workload can be an important asset for rehabilitation. These data can enable the physiotherapist to adapt sessions to be as efficient as possible and to provide the patient with optimal workloads.

Keywords: Training load - Rehabilitation - Hamstring Injury - Football