

FACULTE D'INGENIERIE ET MANAGEMENT DE LA SANTE (ILIS)

ET

**INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DU NORD
DE LA FRANCE**



Mémoire en vue de l'obtention du :
Master 2 « Ingénierie des métiers de la rééducation fonctionnelle »
Option Recherche

UE 28 : Diplôme d'Etat de Masso-Kinésithérapie

Triathlon et Ironman : recommandations et stratégies préventives des blessures de surcharge

Présenté par : Benjamin Duvin

Directeur de mémoire : Monsieur Thomas Frédéric
Enseignant universitaire : Docteur Franck-Olivier Denayer
Masseur-kinésithérapeute expert : Docteur Alain Chevutschi

Année universitaire 2021-2022

Table des matières

<i>Table des tableaux</i>	
<i>Table des figures</i>	
<i>Remerciements</i>	
Introduction	1
I. Le triathlon	1
I.1 Généralités	1
I.2 Épidémiologie des blessures du triathlète.....	2
I.2.1 Les blessures des membres inférieurs.....	4
I.2.2 Les blessures des membres supérieurs	5
I.2.3 Les blessures du tronc.....	5
I.3 Facteurs de risque des blessures	6
I.3.1 Facteurs de risque intrinsèques	6
I.3.1.1 Les qualités biomécaniques	7
I.3.1.1.1 La natation	7
I.3.1.1.2 Le cyclisme.....	9
I.3.1.1.3 La course à pied	11
I.3.7 Facteurs de risque extrinsèques	13
I.4 Sport d'endurance et endorphines	14
II. La prévention	14
II.1 Prévention des blessures sportives et modèles théoriques	15
II.1.1 Les modèles théoriques	15
II.1.1.1 La séquence de prévention de van Mechelen	15
II.1.1.2 Le Translation Research into Injury Prevention Practice (TRIPP)	15
II.1.1.3 Les modèles récents : les « Risk managment approach »	16
II.1.1.3.1 Risk managment approach de Bittencourt et al.	16
II.1.1.3.2 Operational framework for indivualizing injury managment in sport	17
II.1.1.3.3 Team-sport injury prevention (TIP)	18
II.2 Choix du modèle	19
II.2.2 Les points clés	19
II.2.2.1 Un bilan médical de présaison.....	19
II.2.2.2 Une action coordonnée sur plusieurs facteurs de risque	20
II.2.2.3 Une compliance maximale	20
II.2.2.4 Une quantification et une gestion de travail	20
II.3 Prévention en natation	21
II.4 Prévention en cyclisme.....	24
II.5 Prévention en course à pied.....	24
II.6 Prévention en triathlon	26
II.6.1 Un bilan spécifique de présaison.....	26
II.6.2 Une quantification et gestion de la charge de travail	26
II.6.3 Une préparation physique.....	27
II.6.4 Une gestuelle de qualité	28
II.6.5 Une récupération optimale	28
II.6.6 Des éléments complémentaires	29
III. Objectif de l'étude	30
Matériel et méthodes	31
I. Revue de littérature	31
I.1 Recherche bibliographique	31

I.2 Choix des articles.....	32
I.3 Niveau de preuve	33
II. Questionnaire adressé aux triathlètes longues distances	33
II.1 Choix de l’outil.....	33
II.2 Choix de la population	33
II.3 Déroulement de l’enquête	34
II.4 Date de début et de fin de diffusion du questionnaire	35
II.5 Type d’étude.....	35
II.6 Recueil de données.....	35
Résultats.....	36
I. Résumé des résultats de la littérature	36
II. Résultats du questionnaire	37
II.1 Distribution de l’échantillon.....	37
II.2 Caractéristiques générales	37
II.3 Les blessures.....	37
II.4 Les facteurs de risque	40
II.5 Les stratégies préventives et la prise en charge.....	41
Discussion.....	43
I. Intérêt de l’étude et discussion des résultats	43
I.1 Caractéristiques générales	43
I.2 Ironman et blessures	44
I.3 Les facteurs de risques pré-disposants.....	49
I.4 La prévention	51
II. Suivi des blessures entre deux groupes	53
III. Biais et limites.....	55
III.1 Biais et limites de l’analyse de la littérature	55
III.2 Biais et limites du questionnaire	56
IV. Propositions	57
Conclusion.....	71
Bibliographie	73
Glossaire.....	Erreur ! Signet non défini.
Table des annexes.....	Erreur ! Signet non défini.
Annexes	Erreur ! Signet non défini.
Résumé	82

Table des tableaux

Tableau I. Tissus à risques avec la natation.....	7
Tableau II. Étiologie de l'épaule du nageur.....	8
Tableau III. Types d'épaules du nageur.....	9
Tableau IV. Moyenne du PFJS et des variables biomécaniques pour chaque condition de course....	13
Tableau V. Modèles de van Mechelen et al. (1) et Translating Research Into Prevention Practice (TRIPP).....	16
Tableau VI. Diagnostic.....	22
Tableau VII. Traitement.....	24
Tableau VIII. Critères PICO.....	31
Tableau IX. Nombre de blessures en fonction de la réalisation d'exercices de prévention.....	53

Table des figures

Figure 1. Localisation et impact des blessures d'avant-saison et de la saison de compétition	3
Figure 2. Proportions de blessures par site anatomique (%).	4
Figure 3. Les 10 principales proportions de blessures par pathologie spécifique	4
Figure 4. Angle de flexion du genou pendant la phase d'appui de chaque condition de course. Les lignes grises représentent +/- l'écart-type pour une course par l'arrière-pied typique.	12
Figure 5. Toile de déterminants d'une rupture du LCA : chez un athlète pratiquant le basketball (A) ; chez un athlète pratiquant la danse classique (B).	17
Figure 6. Operationnal framework for individualizing injury risk management in sport. Roe et al.	17
Figure 7. Le « Team-Sport Injury Prevention (TIP) Cycle » (d'après Pruna et al., 2018).	18
Figure 8. Diagramme de flux des articles selon le flux PRISMA.	32
Figure 9. Diagramme de flux de l'enquête.	34
Figure 10. Localisations des blessures.	38
Figure 11. Types de blessures.	38
Figure 12. Disciplines où sont survenues les blessures.	39
Figure 13. Conséquences des blessures sur la pratique sportive.	40
Figure 14. Facteurs de risque principaux des blessures en triathlon.	41
Figure 15. Types d'exercices spécifiques pour éviter les blessures.	42
Figure 16. Les 7 exercices du Functionnal Movement Screening	58
Figure 17. Protocole d'identification des Profils à risque du programme Global Mobility Condition élargi.	59
Figure 18. Scapular Retraction Test.	60

Figure 19. Scapular Assistant's Test.....	60
Figure 20. Test de Sorensen.....	60
Figure 21. Test de Ito Shirado.....	60
Figure 22. Installation du sujet de face et de profil sur la machine d'isocinétisme.....	61
Figure 23. Évaluation isocinétique concentrique à 60°/s et 180°/s.....	61
Figure 24. Différentes positions de test isocinétique des rotateurs médiaux et latéraux. (a) Geste sportif spécifique) ; (b) position de sécurité et de confort ; (c) position commune.....	62
Figure 25. Exercice de pompes spécifique pour la natation.....	63
Figure 26. Exercice spécifique du cycliste : les accroupissements.....	63
Figure 27. Exercice spécifique en course à pied : les bondissements en charge.....	63
Figure 28. Renforcement des abducteurs de hanche au sol.....	63
Figure 29. Renforcement des abducteurs de hanche debout.....	63
Figure 30. Renforcement des abducteurs debout 2.....	63
Figure 31. Exercices favorisant le contrôle postural de l'épaule.....	64
Figure 32. Étirement du petit pectoral droit.....	64
Figure 33. Renforcement des muscles spinaux.....	64
Figure 34. Renforcement des spinaux 2.....	65
Figure 35. Renforcement des spinaux 3.....	65
Figure 36. Renforcement des spinaux 4.....	65
Figure 37. Renforcement des spinaux 5.....	65
Figure 38. Exercices complémentaires de Core Stability.....	66
Figure 39. Exemple d'exercices pour coureurs de trail transposables aux triathlètes.....	66
Figure 40. Étirements de la chaîne postérieure.....	67
Figure 41. Étirement du triceps sural droit.....	67
Figure 42. Étirements de la chaîne antérieure.....	67
Figure 43. Étirements des pelvitrochantériens et des abducteurs de hanche.....	68
Figure 44. Automassage.....	68
Figure 45. Échauffement avec élastiques en natation.....	70

Remerciements

Pour débiter ce mémoire, il me semble nécessaire d'adresser mes remerciements aux différentes personnes qui ont contribué au bon déroulement de ce travail de fin d'études.

Tout d'abord, j'adresse mes plus sincères remerciements à Monsieur Frédéric Thomas pour l'aide précieuse apportée à la rédaction de ce mémoire, pour sa disponibilité et l'enseignement dispensé dans la cadre des études de masso-kinésithérapie.

Je remercie l'ensemble des intervenants de l'IFMKNF qui m'ont donné la chance de parvenir à un objectif qui me tenait à cœur : celui de devenir masseur-kinésithérapeute. Merci pour le travail formidable que vous réalisez quotidiennement et pour la transmission de savoir-faire et savoir-être.

Je remercie l'Institut Lillois d'Ingénierie de la Santé pour nous avoir dispensé des enseignements de qualité et nous donner la chance d'obtenir un Master 2 en recherche.

Je remercie le Dr. Chevutshi et le Dr. Denayer d'avoir accepté d'être membre du jury.

Je remercie Camille, ma compagne, mes parents, Joy et Matthieu qui m'ont été d'un soutien formidable lors de mes études. Merci pour leur soutien et la relecture de ce travail.

Je remercie mes amis et collègues de promotion, pour les liens que nous avons créé et l'expérience humaine que nous avons vécu durant ces quatre années.

Je remercie également toutes les personnes que je ne pourrais citer ici mais qui ont contribué de près ou de loin à la rédaction de ce mémoire.

Introduction

I. Le triathlon

I.1 Généralités

L'Ironman est né d'un défi lancé par des Marines américains à Honolulu en 1978 avec cinquante participants. Leur but était de réunir 3 épreuves mythiques de la région sur une même compétition (2). C'est une activité d'endurance voire d'ultra-endurance qui est devenue aujourd'hui très populaire. En effet, on comptait plus de 50 000 licenciés en France en 2016 et à ce jour on compte plus de 100 000 pratiquants qui réalisent au moins une compétition de triathlon par année quelle que soit la distance sur le territoire français (3). Elle consiste à enchaîner dans l'ordre : natation, cyclisme et course à pied. Ce triple effort connaît un engouement majeur dans le monde entier. En France, le nombre de licenciés et de clubs a doublé en 10 ans.

En plus d'associer trois disciplines, le triathlon se décline sous plusieurs distances : du sprint (500m-20km-5km) à l'Ironman (3,8km-180km-42km). Pour réaliser un Ironman, les athlètes d'élite mettraient neuf heures tandis que les amateurs entraînés pourraient mettre jusqu'à seize heures. Les pratiquants de l'Ironman sont surnommés les « Hercules des temps modernes » (4). Ils doivent avoir un mental solide pour pouvoir se surpasser. Ces super-athlètes repoussent sans cesse les limites du corps humain et pourraient donc créer des effets délétères sur celui-ci. La récupération et la prévention devraient faire parties intégrantes de la progression du triathlète et serait indispensable pour prévenir la survenue des blessures (5).

La littérature scientifique montre qu'il existe un manque de spécificité dans la stratégie préventive du triathlète alors que les stratégies préventives en natation, cyclisme et course à pied sont bien délimitées. De ce fait, l'augmentation croissante du nombre de participants, l'impact majeur sur le corps humain et le repos relatif des athlètes nous amènent à nous interroger sur l'efficacité d'une stratégie préventive adaptée.

L'objectif de cette étude est d'étudier l'impact d'une stratégie préventive adaptée et spécifique aux triathlètes Ironmen sur l'apparition des blessures micro-traumatiques ainsi que sur la durée et la réponse aux traitements.

C'est pourquoi la problématique de ce travail est la suivante : En quoi un protocole préventif spécifique permettrait-il de réduire l'apparition des blessures micro traumatiques chez les triathlètes Ironmen ?

Dans un premier temps, un état des lieux de la littérature scientifique sur l'épidémiologie des blessures, les facteurs de risque, la prévention générale dans le sport et plus spécifiquement au triathlon sera réalisé. Dans un second temps, la méthode de travail sera expliquée puis les données des questionnaires recueillies auprès de triathlètes pratiquant l'Ironman en compétition seront analysées. Les résultats seront ensuite confrontés à la littérature. Enfin, un exemple de stratégie préventive sera proposé.

1.2 Épidémiologie des blessures du triathlète

Étonnamment, la littérature scientifique relative à l'épidémiologie des blessures du triathlète apparaît globalement pauvre (6). Les blessures encourues peuvent être variables selon la distance de course, la discipline en cause et le niveau de pratique. Les triathlètes seraient exposés aux pathologies de l'appareil locomoteur des trois disciplines, au même titre que le nageur, le cycliste et le coureur à pied (7). Cependant, comme pour tous sports d'endurance, les pathologies de surcharge représenteraient 80% des blessures observées chez les triathlètes. Des pathologies spécifiques peuvent se présenter au vu du nombre d'heures de pratiques. Par conséquent les sollicitations des structures musculo-squelettiques ne seraient pas les mêmes entre un triathlète et un nageur ou un triathlète et un cycliste par exemple. Il apparaîtrait donc que les pathologies de surcharge seraient majoritaires survenant le plus souvent lors de la course à pied avec comme premier site lésionnel, le genou (7). Elles apparaîtraient pour la plupart en période de compétition et seraient majorées chez les Ironmen (*Fig. 1*).

Les blessures spécifiques sont rarement renseignées dans les études portant exclusivement sur le triathlon (6). D'après Sanfilippo et al. (2) et Delvaux et al. (3) trois études se distinguent par rapport aux autres sur l'épidémiologie des blessures en triathlon car il n'existerait pas de revue systématique sur les données épidémiologiques de la traumatologie spécifiques aux triathlètes. En effet, la majorité des études souffrent de biais méthodologiques : étude rétrospective, durée de suivi courte, cohorte de faible importance. Parmi ces trois études, on retrouve celle de Burns et al. (8), Andersen et al. (6), Zwingenberger et al. (9). La première (Burns et al.) a été réalisée sur 131 athlètes toutes distances confondues sur 10 semaines de suivi prospectif et 6 mois de données rétrospectives en 2015. La seconde (Andersen et al.) a été réalisée en 2013 sur 174 triathlètes Ironmen avec un suivi prospectif

de 26 semaines. La troisième (Zwingenberger et al) a été réalisée sur 1 an de suivi prospectif sur 212 athlètes toutes distances (9).

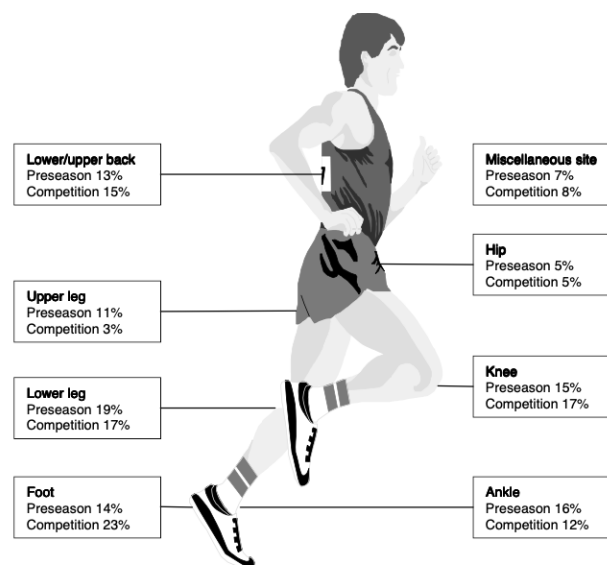


Figure 1. Localisation et impact des blessures d'avant-saison et de la saison de compétition (8).

Nous retenons de ces trois études que l'incidence des blessures varie de 1,39 à 2,5 pour 1000 heures d'entraînement (6,9). Le taux de blessures apparaît globalement faible et pourrait s'expliquer par la variation des disciplines. En effet, les structures musculo-squelettiques spécifiques sont moins sollicitées que dans les sports uni-disciplinaires. En revanche, en période de compétition le nombre de blessures augmente de manière exponentielle. Zwingenberger et al. (9) retrouvent 18,45 blessures par 1000 heures de compétition. Ils en concluent d'ailleurs que l'un des facteurs de risque principal serait la participation à une compétition.

Les pathologies micro-traumatiques prédominent largement, variant de 56 % (6) à 71 % (9) selon les études. Une pathologie micro-traumatique est une pathologie qui survient en l'absence d'un traumatisme unique et identifiable (10). Elles se définissent aussi comme des lésions musculo-squelettiques résultant de la répétition de charges sous-maximales appliquées sur une période inférieure aux capacités d'adaptation des structures spécifiques (11). La majorité des blessures micro-traumatiques seraient retrouvées lors de la course à pied (6,9,11). La prévalence des blessures de surcharges se déroulerait comme suit : 25% au genou, 23% à la jambe et au niveau de la région lombaire, 20% pour l'épaule et 12% pour la cuisse (Fig. 2).

La course à pied, le cyclisme et la natation seraient responsables respectivement de 50, 43 et 7% des blessures (9,12). Les blessures de surcharge auraient impliqué pour environ un tiers des cas une réduction du volume habituel d'entraînement, une baisse des performances voire une incapacité à participer à une compétition. Les blessures macro-traumatiques seraient minoritaires et seraient

représentées par des contusions, des fractures et des entorses. Elles surviendraient lors de chutes à vélo touchant les épaules, les genoux, le crâne, les côtes et le sternum (6).

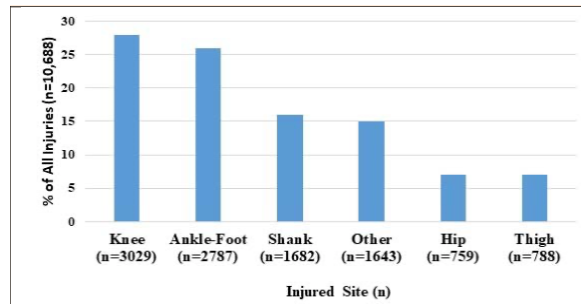


Figure 2. Proportions de blessures par site anatomique (%) (13).

1.2.1 Les blessures des membres inférieurs

Globalement, les membres inférieurs seraient les plus touchés avec notamment le genou et la jambe (6,9,12,14). L'étude de Zwingenberger et al. (6) montre que 65 % des blessures seraient localisées aux membres inférieurs (genou 23%, jambes 21%, cuisses 11%, pieds 9%, chevilles 4%), 25% aux membres supérieurs et 8% au tronc. Les blessures des membres inférieurs sembleraient proches de celles retrouvées en course à pied mais plusieurs auteurs se sont intéressés à la spécificité du triathlète. L'ordre des blessures seraient le suivant : blessures tendineuses ou musculaires puis les lésions capsulo-ligamentaires et enfin les fractures de fatigue (*Fig. 3*) (9,15). D'après les données ci-dessus et la conclusion de la revue systématique de Francis et al. (13), les pathologies de surcharge des membres inférieurs en triathlon seraient essentiellement des tendinopathies patellaires, achilléennes et glutéales, des syndromes fémoro-patellaires, des syndromes de la bandelette ilio-tibiale, des fractures de fatigue, des périostites tibiales ou encore des aponévrosites plantaires (13).

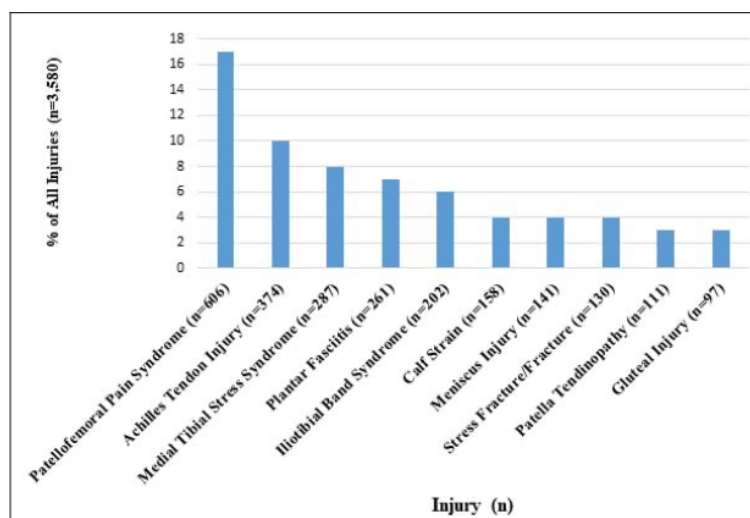


Figure 3. Les 10 principales proportions de blessures par pathologie spécifique (13).

I.2.2 Les blessures des membres supérieurs

Les lésions d'épaule seraient principalement liées à la pratique de la natation et seraient moins fréquentes que les lésions des membres inférieurs car le temps consacré serait moins important (7). Sur un Ironman, cette épreuve ne représente que 10% du temps total. Ces lésions micro-traumatiques d'épaule apparaîtraient à la suite de nombreux cycles de bras. Un triathlète de haut niveau effectuerait 500 000 cycles de bras en une saison d'entraînement (16). Par conséquent, la biomécanique du crawl apparaîtrait primordiale dans la survenue des blessures (16,17). L'épaule du triathlète serait touchée au même titre que le sportif d'armé-lancer. La natation en triathlon entraînerait des tendinopathies de la coiffe des rotateurs liées au conflit intra articulaire et au conflit superficiel primaire et secondaire. Des instabilités antéro-médiales ainsi que des arthropathies acromio-claviculaires pourraient également être retrouvées (16). La gestuelle de type « overhead » lors du crawl favoriserait les lésions de surcharge (17). Les douleurs d'épaule seraient généralement déclenchées en natation mais elles seraient entretenues et exacerbées lors de la position couchée, aérodynamique sur le vélo (18).

I.2.3 Les blessures du tronc

La région cervicale : La région cervicale serait très impactée lors des triathlons XL (Ironman). Les pathologies de cette région seraient très fréquentes et elles se manifesteraient chez 60% des Ironmen (19). Celles-ci seraient causées par un poids excessif dans les membres supérieurs, le cou recevant de ce fait trop de pression(19).

Le syndrome croisé postérieur : La pathologie la plus rencontrée serait le syndrome croisé postérieur qui correspond à un dysfonctionnement des muscles du cou qui sont rétractés et contracturés (ex : fléchisseurs profonds du cou). Ce syndrome serait principalement causé par une combinaison de positions incorrectes sur le vélo qui entraînerait des déséquilibres musculaires et une diminution de l'espace radiculaire. Dans l'idéal, 40% du poids seulement devrait être transmis par les membres supérieurs (20).

La prévention de ce syndrome se ferait à travers différents paramètres : les coudes devraient être déverrouillés, les mains détendues pour une circulation sanguine optimale, un casque qui n'obstrue pas la vue, moins de 40% du poids devrait être supporté par le guidon, le guidon ne devrait pas être trop bas et l'inclinaison de la selle devrait être adaptée (20).

Le Shermer Neck : La pathologie du Shermer Neck (établie 1983 : « cou de Shermer ») serait présente chez les cyclistes d'endurance. La posture prolongée entraînerait une altération des fonctions motrices du cou et une incapacité du cou à travailler contre la gravité. L'athlète est donc dans la

difficulté voire dans l'incapacité de lever les yeux et de regarder à distance suite à l'épuisement des muscles élévateurs de l'œil. Les facteurs de risques principaux correspondraient aux longues périodes sur le vélo en position aérodynamique, au port de caméra ou de lumière de casque et à une longue période à lever les yeux. Des systèmes spéciaux sont conçus afin de soutenir le cou du sportif pendant sa période d'effort. La région lombaire et thoracique pourraient aussi être affectées par des douleurs et des dysfonctionnements (20).

La région lombaire : Les douleurs lombaires semblent fréquentes et encore plus présentes chez les sportifs utilisant des vélos avec géométrie de cadre de tribike (vélo spécifique utilisé pour le triathlon). O'Toole et al. (21) ont trouvé une incidence de lombalgie de 72 % chez des triathlètes d'ultra-endurance. La géométrie du cadre spécifique au triathlon place le rachis lombaire dans une position plus horizontale et exercerait une pression croissante sur la colonne lombaire inférieure et sur les articulations sacro-iliaques. Ces plaintes peuvent être de courte durée (inférieure à 3 mois) on parle de lombalgie aigue ou de longue durée (supérieure à 3 mois), la lombalgie chronique (21).

I.3 Facteurs de risque des blessures

L'identification des facteurs de risque de lésions de surcharge liées à la pratique du triathlon ne peut se résumer à l'addition des facteurs de risque propres à chacune des trois disciplines. Pour exemple, un triathlète serait moins à risque de développer une lésion de surcharge à l'épaule ou aux membres inférieurs qu'un nageur ou qu'un coureur à pied longue distance (11). L'objectif du travail ci-présent est donc d'identifier les facteurs de risque spécifiques aux triathlètes. Des facteurs de risque intrinsèques et extrinsèques sont mis en évidence dans la littérature scientifique (3).

I.3.1 Facteurs de risque intrinsèques

Les facteurs de risque intrinsèques majeurs sont les antécédents de blessures (8,11,22) avec une évidence scientifique forte, notamment pour les tendinopathies et les fractures de stress des membres inférieurs. L'âge, le sexe, les mesures anthropométriques, la force musculaire, l'expérience et la qualité biomécanique représenteraient une évidence scientifique moyenne (3). Le genre masculin ou féminin ne semble pas avoir d'impact significatif sur les blessures mais la nature des blessures peut légèrement différer. Les fractures de stress apparaîtraient davantage chez les femmes (23).

I.3.1.1 Les qualités biomécaniques

I.3.1.1.1 La natation

La plupart des blessures surviendraient en course à pied et en cyclisme car la natation ne représente qu'environ 10% du temps total de course lors d'un Ironman. Plus la distance de l'épreuve augmente, moins le temps passé à nager serait important (8). Par exemple, pour le triathlon avec distance sprint où l'épreuve de nage est de 750 m, le cyclisme 20 kms et 5 kms de course à pied, le temps consacré par les meilleurs athlètes serait respectivement de 10 minutes, 30 minutes et 20 minutes. Pour l'Ironman, les meilleurs athlètes mettraient 55 minutes de nage, 5 heures de vélo et 3 heures de course à pied (24).

La natation est par définition une discipline autoportée qui ne génère que très peu de contrainte. La majorité des athlètes utilisent la nage libre car elle semblerait être la plus rapide et permettrait aux athlètes de lever la tête pour s'orienter dans la bonne direction en eau libre. Lors du crawl, les membres supérieurs réalisent des mouvements alternatifs successifs de circumduction postéro-antérieurs. Par exemple, lorsque le bras droit pousse contre la force de l'eau pour générer de la vitesse, le bras gauche est au-dessus de la surface de l'eau. La nage idéale engagerait et générerait la plus grande partie de la puissance émise lors du cycle de nage par le système musculaire centrale grâce au roulement du corps (16).

En revanche, limiter les mouvements de nage à la ceinture scapulaire ne semblerait pas conseillé car une pression trop importante serait exercée sur le complexe de l'épaule. L'utilisation du roulement et donc de la musculature centrale permettrait d'augmenter la force, de réduire la fatigue et les contraintes musculo-squelettiques (16). Le roulement du corps et la capacité à réaliser une adduction de scapula de manière répétée permettraient de protéger la bourse sous-acromiale, le tendon du supra-épineux et le labrum postéro-supérieur (25). Les différentes structures de l'épaule pouvant être touchées sont regroupées dans le *Tableau I* ci-dessous.

Tableau I. Tissus à risques avec la natation (26) (réalisé et traduit en français par nos soins).

Phase de récupération (Recovery)	Début de la phase active (Early pull-through)	Fin de la phase active (late pull-through)
- Bourse sous-acromiale - Tendon du supra-épineux - Labrum postéro-supérieur	- Complexe capsulolabral antérieur - Labrum postéro-supérieur	- Tendon du supra-épineux

La dyskinésie scapulaire serait également fréquente. Elle serait observable chez de nombreux athlètes et serait causée par un défaut d'activation des muscles stabilisateurs de scapulas (27). Lors des mouvements de nage, la scapula est placée en position d'abduction et de sonnette latérale majorée et

ce, de manière prolongée. De plus, des études ont mis en évidence par électromyographies une fatigabilité accrue du dentelé antérieur chez des sujets symptomatiques (28).

Les athlètes qui s'entraînent beaucoup en natation seraient donc aussi susceptibles de se blesser qu'en cyclisme ou en course à pied du fait d'une surutilisation. Ces blessures de surutilisation se produiraient en raison de l'incapacité du corps à se remettre des dommages causés par une série de mouvements micro-traumatiques répétés. Le volume de nage peut parfois être très élevé : le nageur moyen de haut niveau effectue plus de 500 000 tours de nage par bras en un an d'entraînement. La sur-sollicitation dégrade de façon constante les tissus et submerge les tendons, les muscles, le cartilage et les os (27).

La douleur d'épaule serait la plainte la plus fréquente chez les nageurs, la prévalence se situant entre 40 et 91% (29). Le terme « épaule du nageur » couvre un éventail de pathologies dont la douleur liée à la coiffe des rotateurs semble être la plus fréquente. Il existerait différentes étiologies qui ont été regroupés dans le *Tableau II*. Le principal facteur de risque semble être le volume d'entraînement, celui-ci est majoré en l'absence d'un programme d'entraînement bien conçu et équilibré hors de l'eau. Cela affecterait l'équilibre musculaire du tronc, les articulations scapulo-humérale et scapulo-thoracique ainsi que la coiffe des rotateurs. La quantité d'entraînement élevée et les nombreuses répétitions pourraient probablement induire des modifications anatomiques comme une modification de la flexibilité, de la raideur et de la force au niveau de l'épaule et du tronc (27). Les nageurs ont des caractéristiques spécifiques, ils présenteraient presque tous une cyphose thoracique et une lordose lombaire accentuées. L'augmentation de la cyphose thoracique semble être un facteur aggravant de la dyskinésie scapulaire et réduirait davantage l'espace sous-acromial (30).

Tableau II. Étiologie de l'épaule du nageur (26) (traduit en français par nos soins).

Facteurs intrinsèques	Facteurs extrinsèques
- Volume d'entraînement - Augmentation exponentielle et rapide du volume d'entraînement - Erreurs techniques - Pagaies à main	- Laxité excessive / hypermobilité articulaire générale - Hyperlaxité articulaire isolée - Posture, stabilité du tronc et augmentation de la cyphose thoracique - Dyskinésie scapulaire - Déficit de rotation médiale gléno-humérale - Déséquilibre de la coiffe des rotateurs - Manque de souplesse (capsule postérieure, capsule antérieure, coiffe des rotateurs, petit pectoral)

Klaus Bak et al. (26) ont identifié cinq catégories principales d'épaules du nageur qui ont été regroupées dans le *Tableau III* ci-dessous. Les quatre premières catégories présenteraient presque toujours une dyskinésie scapulaire.

Tableau III. Types d'épaules du nageur (26) (réalisé et traduit par nos soins).

Type A	Pincement externe isolée avec bursite sous-acromiale et quantité accrue de liquide dans le tendon du supra-épineux. Morphologie normale de l'acromion. Possibilité de ligament coraco-acromial élargi. Pas d'hyperlaxité ni d'instabilité. Dyskinésie scapulaire présente dans la plupart des cas.
Type B	Pincement interne isolé sans instabilité. Fragilisation labrale et lésions mineures partielles du tendon sus-épineux du côté articulaire. Dyskinésie scapulaire présente dans la plupart des cas.
Type C	Pincement complexe avec pathologie extra-articulaire et intra-articulaire. Presque toujours une instabilité mineure. Dyskinésie scapulaire présente dans tous les cas.
Type D	Instabilité mineure isolée. Souvent avec des épaules hyperlaxes bilatérales. Rarement des douleurs. La dyskinésie scapulaire est toujours présente.
Type E	Autres pathologies, comme déchirure/arthritis du ménisque de l'articulation acromio-claviculaire (peut être liée à la musculation). Une dyskinésie de la scapula peut être présente.

Les pathologies les plus rencontrées à la suite de douleurs d'épaule en natation seraient l'instabilité antéro-inférieure, un dysfonctionnement de l'articulation scapulo-thoracique et un déséquilibre musculaire de la coiffe des rotateurs (27). Même s'il semble exister une réelle spécificité au triathlon, les facteurs de risque des lésions d'épaule correspondraient aux facteurs de risque du nageur avec une fréquence lésionnelle moins importante. L'épaule douloureuse entraînerait une modification de mobilité de l'articulation scapulo-humérale, une dyskinésie scapulo-thoracique, des troubles posturaux et un manque de force des rotateurs de l'épaule (31).

I.3.1.1.2 Le cyclisme

Le vélo de route utilisé en triathlon est léger (7 à 10 kg) et aérodynamique pour développer une certaine vitesse. A la différence de la course à pied, le cyclisme est une discipline « portée », moins traumatisante. Le corps de l'athlète repose sur 3 points d'appuis. Le premier est celui de l'ischion sur la selle. Le second correspond à l'appui des membres supérieurs sur le guidon et le troisième aux appuis des pieds sur les pédales qui sont généralement fixés. Le pédalage s'effectue en décharge sans amortissement ni écrasement des articulations des membres inférieurs (32).

Afin d'être le plus efficace possible dans le transfert d'énergie corps-vélo, le pédalage demande de la concentration et de la coordination. L'athlète active ses membres inférieurs en synergie avec les muscles stabilisateurs du bassin pour réaliser un mouvement circulaire complexe en suivant un ordre de contraction et de décontraction synchronisées des groupes musculaires (33).

Le cycle de pédalage se divise en **4 phases** qui se succèdent en alternant extension et flexion des articulations de la hanche, du genou et de la cheville (32).

La première est la **phase de poussée**, qui se situe entre 30° et 145° du cycle de pédalage avec contraction de muscles agonistes-antagonistes. Elle correspond à une extension de hanche, une extension et rotation latérale de genou, une flexion plantaire de la cheville et une supination du pied. Les muscles les plus sollicités de cette phase sont le quadriceps (vastes médial et latéral), le grand glutéal et le triceps sural (32). Sans oublier le rôle des ischio-jambiers qui aident à l'extension active de la hanche sans nuire à l'action du quadriceps grâce au paradoxe de Lombard qui explique que deux muscles antagonistes et poly-articulaires fonctionnent simultanément en course moyenne (34).

Deuxièmement, la **phase de transition basse** qui est comprise entre 145° et 220° du cycle de pédalage assure la transition de l'extension à la flexion des trois articulations. On retrouve une extension de hanche, un début de flexion de genou et la cheville en flexion plantaire. Les principaux muscles recrutés sont les ischio-jambiers et les gastrocnémiens (32).

Troisièmement, la **phase de traction** comprise entre 220° et 325°. Les trois articulations sont en flexion. Si l'athlète n'a pas de chaussures fixées, le membre inférieur actif peut devenir passif grâce au mouvement du membre controlatéral actif, qui lui est en phase de poussée. Cela permet le relâchement et la récupération du quadriceps et du triceps sural. En revanche, si l'athlète a des chaussures fixées sur des cales, la flexion peut être active grâce aux ischio-jambiers qui fléchiront le genou et créeront une propulsion. Dans la seconde moitié de cette phase, le tibial antérieur débute la flexion dorsale de cheville (32). Lors de cette phase de remontée, la hanche et le genou effectuent un mouvement de flexion en mode concentrique grâce aux muscles ilio-psoas, sartorius, ischio-jambiers et des abdominaux. La flexion de genou est associée à une rotation médiale automatique de la jambe et une pronation du pied (35).

Et enfin, la **phase de transition haute** comprise entre 325° et 20°. C'est une zone de transition entre la flexion et l'extension du membre inférieur. Les muscles les plus recrutés sont les releveurs du pied comme le tibial antérieur, le long extenseur de l'hallux et le long extenseur des orteils qui amènent la cheville en flexion dorsale.

Lors du cycle de pédalage, ces 4 phases sont essentielles pour assurer un mouvement de qualité mais s'y ajoute aussi la stabilité du bassin. Comme le pédalage s'effectue en chaîne cinétique semi-fermée, la stabilisation du bassin sur la selle est essentielle pour favoriser la descente de la pédale et ne pas

entraîner une surélévation de l'hémi-bassin. Les muscles sollicités sont le moyen glutéal, le carré des lombes, les abdominaux et les paravertébraux (32).

La position du triathlète sur le vélo est aérodynamique où les coudes reposent sur les coussinets d'un guidon spécial et les avant-bras sont resserrés en avant. Cette position permet d'améliorer les performances et de lutter contre les forces extérieures. Lorsque l'athlète enclenche un coup de pédale contre résistance, le bassin se rétroverse avec la contraction des extenseurs de hanches. La rétroversion du bassin entraîne une délordose lombaire qui n'est pas physiologique associée à une horizontalisation du sacrum vers l'avant. La cyphose thoracique et la lordose cervicale sont conservées et accentuées (36).

I.3.1.1.3 La course à pied

La pathologie la plus fréquente rencontrée en course à pied serait le syndrome fémoro-patellaire (SFP). Courir est une activité hautement répétitive et représente donc un modèle biomécanique hautement répétitif avec une estimation de 1000 pas toutes les 6 minutes (37). Il est donc important d'étudier et de comprendre les mécanismes de gestion de charge distale nécessaire pour réduire l'apparition d'un syndrome de stress fémoro-patellaire. Trois modifications de techniques de course peuvent être bénéfiques sur la biomécanique des membres inférieures et y compris sur la réduction du SFP (38).

La première correspond à une attaque de l'avant-pied lors de la phase d'appui au sol. Elle diminuerait de 27% l'apparition de SFP chez des coureurs en bonne santé (39) et diminuerait de 50% les douleurs fémoro-patellaires (DFP) chez des patients souffrants de SFP (40). L'attaque par l'avant pied entraîne une flexion plantaire majorée par rapport à l'attaque par l'arrière-pied lors de la course. Lors de la première phase d'appui, le schéma biomécanique se traduit par un centre de pression de l'articulation talo-crurale antériorisée, ce qui entraînerait une plus grande force des muscles fléchisseurs plantaires pour contrôler le moment de dorsiflexion résultant de la force de réaction au sol (GRF : ground reaction force). La contribution majorée de la cheville permet d'absorber et de diffuser le plus grand GRF au cours de la première moitié de la phase d'appui (38). Il est également retrouvée une augmentation de 12% de la force des gastrocnémiens et de 29% du soléaire (41). Il est observé également, une diminution de l'angle de flexion maximale du genou de 2,85 degrés (*Fig. 4*) qui est directement lié au calcul du modèle de stress de l'articulation fémoro-patellaire (PFJS : Patellar Femoral Joint Stress). Selon le modèle utilisé pour calculer le PFJS, la diminution de la flexion maximale du genou est suffisante pour réduire significativement le pic de PFJS et par conséquent

réduire l'intégrale de temps PFJS. L'attaque du sol par le talon est donc déconseillée car elle augmenterait significativement le risque de blessure (37). Les athlètes « supinateurs » lors de l'attaque du pied au sol favoriseraient aussi l'apparition de blessures (8).

Cette technique de course augmenterait cependant l'accélération du contact entre le tibia et le talus lors du contact initial et entraînerait ensuite un pic vertical du GRF plus élevé (Annexe 1). De ce fait, il y aurait une réduction de la longueur du pas de 5 cm et de la phase d'appui de 0,02s par rapport à un modèle « arrière-pied » (37).

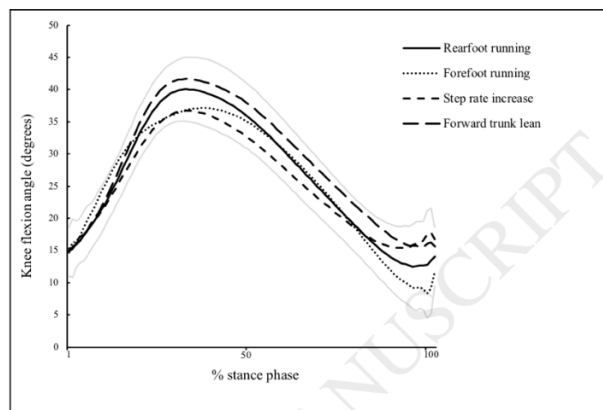


Figure 4. Angle de flexion du genou pendant la phase d'appui de chaque condition de course. Les lignes grises représentent +/- l'écart-type pour une course par l'arrière-pied typique (38).

La deuxième modification de technique, correspond à l'augmentation du nombre de pas (nombre de pas par minute) pendant la course, ce qui entraînerait une réduction de 15 à 20 % du SFP et 9 à 12% de DFP (42).

La troisième et dernière modification est de courir avec une flexion du tronc vers l'avant, qui diminuerait de 6% le SFP (43). Cette technique augmenterait le moment d'extension de hanche et l'angle de flexion maximal du genou entraînant un PFJS inférieur par rapport à une attaque par l'arrière-pied. La contribution des articulations proximales et distales doit être prises en compte lors de l'exécution de chaque technique (43).

Une étude réalisée par Dos Santos et al. en 2019 (38), a comparé les trois techniques entre elles et a montré que l'attaque par l'avant pied serait la méthode la plus efficace pour réduire la charge articulaire fémoro-patellaire et réduire le pic de PFJS de 17,35% par rapport à la technique d'augmentation du nombre de pas et de la flexion du tronc (23,46%). Les variables cinématiques et spatio-temporelles seraient différentes pour chaque condition de course (Annexe 2).

Un tableau comparatif des moyennes du PFJS et des variables biomécaniques a été établi en fonction des différents types de course (*Tableau IV*).

Tableau IV. Moyenne du PFJS et des variables biomécaniques pour chaque condition de course. (38).

	Rearfoot stike	Forefoot landing	10% step rate increase	Forward trunk lean
Peak PFJS stance phase (MPa)	8.23 (2.32)	6.00 (2.71)	7,26 (2,16)	7,84 (2,31)
PFJS-time integral (MPa-s)	0,86 (0,27)	0,67 (0,30)	0,70 (0,21)	0,84 (0,27)
PFJS-time integral/km (MPa-s)	576.93 (158.83)	478.76 (197.66)	502.48 (137.08)	548.84 (161.06)
Number of steps per km	676.85 (60.28)	722.97 (63.40)	722.73 (68.15)	660.20 (60.49)
Peak knee flexion angle stance phase (degrees)	40.33 (5.04)	37.48 (5.81)	37.50 (4.03)	42.09 (4.28)
Peak knee extensor angle stance phase (N.m.kg⁻¹)	1.62 (0.36)	1.19 (0.47)	1.55 (0.25)	1.55 (0.32)
Plantarflexion moment stance phase (N.m.kg⁻¹)	1.47 (0.16)	2.01 (0.20)	1.48 (0.17)	1.46 (0.17)
Hip extensor moment stance phase (N.m.kg⁻¹)	0,34 (0.15)	0.38 (0.19)	0.31 (0.17)	0.56 (0.15)
Peak GRF (body weight)	2.25 (0.15)	2.46 (0.19)	2.18 (0.43)	2.19 (0.14)

I.3.7 Facteurs de risque extrinsèques

Le facteur de risque extrinsèque majeur est représenté par la charge de travail avec une preuve scientifique forte ces dernières années (31). L'objectif serait d'analyser la charge de travail spécifique du triathlète grâce à différents paramètres, comme la sRPE (sessions rating of perceived exertion), le ratio charge aigue/charge chronique (CACR) et d'autres mesures de charge interne et externe. Sans évidence scientifique forte connue à ce jour sur ces paramètres, les blessures de surcharge seraient probablement liées à une inadéquation entre charge d'entraînement et les capacités des tissus à tolérer celle-ci. L'absence d'échauffement de qualité, de stretching, la qualité de surface de course, l'alimentation, l'hydratation et le port de chaussures adaptées sont également à prendre en considération (44). Brukner et Khan ont suggéré que l'échauffement pouvait être bénéfique pour

réduire le nombre de blessures car il augmenterait l'amplitude des mouvements articulaires et diminuerait la rigidité du tissu conjonctif (8).

I.4 Sport d'endurance et endorphines

Lors de sports d'endurances, Binder et al. ont réalisé une expérience sur des rats et ont démontré que les opioïdes endogènes libérés lors du stress imposé par l'activité et par l'organisme diminueraient les sensations douloureuses (44). Ce phénomène pourrait expliquer en partie l'augmentation de l'incidence des blessures en période de compétition, le triathlon étant un sport exigeant en termes de volume d'entraînement quelle que soit la distance parcourue et le niveau de pratique (44). C'est pourquoi les mesures de prévention primaire et secondaire devraient être systématiquement appliquées aux triathlètes sachant qu'elles influenceraient indéniablement l'apparition des pathologies de surcharge mais également la durée et la réponse aux traitements de celles-ci (3).

II. La prévention

« Prévenir, c'est guérir », avez-vous déjà entendu ce dicton ? Telle est la mission de l'ensemble des professionnels de santé et notamment celle du masseur-kinésithérapeute (MK). La masso-kinésithérapie préventive est dans notre décret de compétence. Le décret 2004-502 du 29 juillet 2004 stipule les termes suivants « ...prévenir l'altération des capacités fonctionnelles, concourir à leur maintien et, lorsqu'elles sont altérées, de les rétablir ou d'y suppléer » (45). La loi de modernisation de notre système de santé du 26 janvier 2016, définit la pratique de la masso-kinésithérapie comme comportant « la promotion de la santé, la prévention, le diagnostic masso-kinésithérapique et le traitement des troubles du mouvement ou de la motricité de la personne, des déficiences ou des altérations des capacités fonctionnelles » (46). Selon le code de la santé publique, la prévention et la promotion de la santé font partie des quatre missions du MK avant même le diagnostic et le traitement. Le MK est donc reconnu par les pouvoirs publics pour ses qualités de préventeur (46). La prévention permet au MK d'acquérir une meilleure capacité à analyser les problématiques des personnes et à repérer les habitudes et croyances délétères. Elle met en avant le rôle pédagogique du thérapeute en développant sa capacité à apporter des conseils et de la vulgarisation d'informations aux patients ou aux sportifs, ce qui lui offre un enrichissement personnel et relationnel important (46).

II.1 Prévention des blessures sportives et modèles théoriques

La prévention de blessures liées à la pratique sportive est devenue une préoccupation majeure ces dernières années. Depuis 1990 le nombre d'études augmente chaque année et s'est fortement accentué depuis 2010. Les essais contrôlés randomisés ont permis d'alimenter les revues systématiques et les méta-analyses afin d'optimiser les recommandations sur la mise en place de stratégies de prévention lésionnelle (47). La prévention paraît essentielle car au-delà du coût sportif, la survenue des blessures peut aussi représenter un coût financier important, d'autant plus si c'est un athlète qui évolue dans une structure de haut niveau (3). Certains programmes préventifs ont montré une efficacité optimale comme le Nordic Hamstrings (48) ou le Copenhagen Adductors (49,50). Cependant, dans leur étude réalisée sur des footballeurs en ligue des Champions (UEFA) qui a duré onze ans, Ekstrand et al. (51) ont observé une diminution des blessures ligamentaires mais n'ont observé aucune réduction de l'incidence des blessures musculaires et des lésions sévères entraînant une absence aux entraînements et aux compétitions pendant pour plus de 28 jours. Les efforts fournis pour limiter la survenue de blessures sont encourageants mais ne semblent pas encore suffisants pour atteindre une efficacité optimale (51).

II.1.1 Les modèles théoriques

II.1.1.1 La séquence de prévention de van Mechelen

Plusieurs modèles théoriques ont été décrits pour maximiser l'efficacité des stratégies préventives lésionnelles destinées aux acteurs de terrain. Le plus connu serait celui de Willem Van Mechelen élaboré en 1992 qui est un modèle de prévention de santé publique adapté aux lésions sportives (1). Il comporte 4 étapes :

Étape 1 : recenser des données épidémiologiques (incidence et sévérité des blessures) au sein d'une population cible ;

Étape 2 : identifier et comprendre les facteurs de risque et les mécanismes lésionnels de la pathologie en question ;

Étape 3 : mettre en place des mesures préventives ;

Étape 4 : mesurer l'efficacité des mesures préventives (1).

II.1.1.2 Le Translation Research into Injury Prevention Practice (TRIIPP)

Après plusieurs années, Finch (52) a proposé son modèle car il estimait que le modèle de van Mechelen n'était pas facile à appliquer sur le terrain. Il a donc proposé un modèle, le Translation

Research into Injury Prevention Practice (TRIPP) en 6 étapes, dont les deux premières étapes ne se différencient pas de celui de van Mechelen mais en recommande quatre nouvelles (*Tableau V*).

Tableau V. Modèles de van Mechelen et al. (1) et Translating Research Into Prevention Practice (TRIPP) (52).

Étape du modèle	Van Mechelen et al.	TRIPP
1	Recenser incidence et sévérité	Idem
2	Identifier les facteurs de risque et mécanismes lésionnels	Idem
3	Mettre en place les mesure préventives	Développer les mesures préventives
4	Évaluer l'efficacité des mesures préventives	Évaluer l'efficacité des mesures dans des conditions idéales
5	-	Décrire le contexte réel d'intervention pour favoriser son implémentation
6	-	Évaluer l'efficacité des mesures dans le contexte réel

Récemment, plusieurs médecins spécialistes en prévention lésionnelle ont remis en question ces deux modèles en raison de leur caractère non dynamique et de la pertinence des outils utilisés pour prédire une blessure future. A ce jour, Bahr conclut qu'il n'existerait aucun outil validé et donc aucun test n'est capable de prédire une blessure (53). C'est pourquoi, d'autres auteurs proposent de développer des stratégies préventives apparemment faciles à appliquer sur le terrain, comme le programme FIFA 11+ et d'observer son efficacité sur différentes populations spécifiques (54).

II.1.1.3 Les modèles récents : les « Risk managment approach »

II.1.1.3.1 Risk managment approach de Bittencourt et al.

De nouvelles approches sont en plein essor mais doivent encore être confirmées par des études (55). C'est le cas de Bittencourt et al. (56) qui expriment que le modèle de Van Mechelen serait linéaire et ne pourrait pas prendre en compte les interactions entre les différents facteurs de risques lésionnels. Ils proposent alors de réfléchir à la manière dont les facteurs de risque interagissent entre eux et d'identifier les profils à risque (« injury pattern recognition ») plutôt que de les analyser séparément. Pour ce faire, ils ont élaboré une toile de déterminants (*Fig. 5*) dont l'exemple d'une rupture du ligament croisé antérieur (LCA) chez un joueur de basketball (*Fig. 5A*) et chez une danseuse classique (*Fig. 5B*) ont été utilisés et où des différences significatives ont été retrouvées en fonction du contexte.

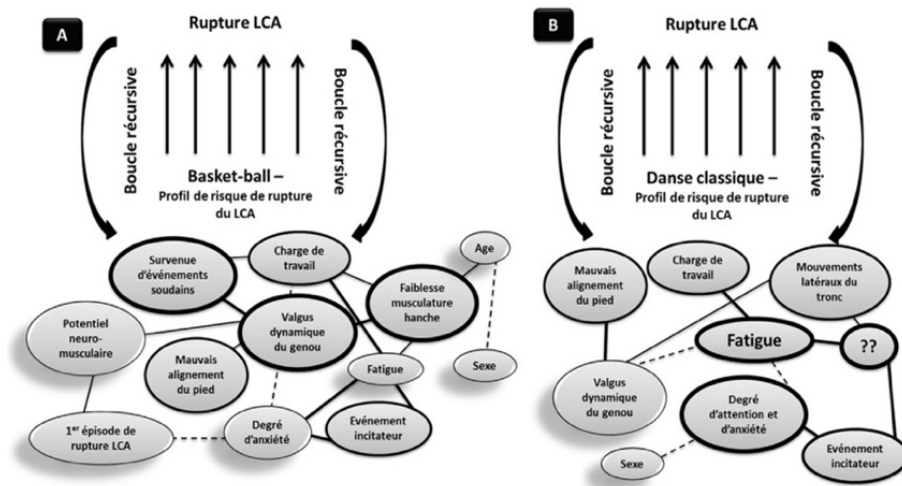


Figure 5. Toile de déterminants d'une rupture du LCA : chez un athlète pratiquant le basketball (A) ; chez un athlète pratiquant la danse classique (B) (d'après Bittencourt et al.) (56).

II.1.1.3.2 Operational framework for individualizing injury management in sport

Comme plusieurs auteurs aient argumenté que prévenir la survenue des blessures n'était pas réalisable et qu'il valait mieux se fixer l'objectif de réduire au minimum le risque lésionnel (55), une équipe irlandaise préconise de se baser sur une stratégie de gestion de risque qui diminuerait l'exposition aux blessures (57). Les auteurs recommandent aux acteurs de terrain de suivre les six étapes de leur modèle (« Operational framework for individualizing injury risk management in sport ») (Fig. 6) pour une démarche préventive efficace et basée sur l'évidence scientifique.

- **Étape 1** : recenser quand, où et comment les athlètes peuvent développer certaines blessures ;
- **Étape 2** : identifier les éléments qui augmentent ou réduisent le risque lésionnel ;
- **Étape 3** : connaître les demandes spécifiques de la discipline sportive en question ;
- **Étape 4** : connaître le profil de l'athlète ; possède-t-il des caractéristiques de susceptibilité ou de protection concernant certaines blessures ?
- **Étape 5** : développer une stratégie interventionnelle pour préparer l'athlète aux demandes de son sport sans augmenter le risque lésionnel
- **Étape 6** : mettre en place un suivi de l'athlète : comment répond-il à la charge imposée ?

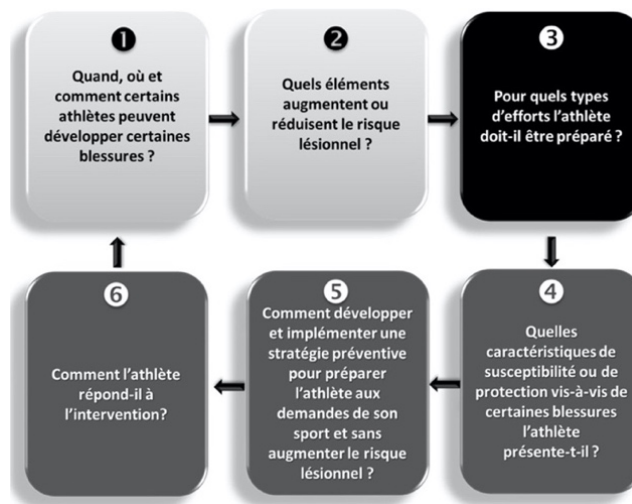


Figure 6. Operationnal framework for individualizing injury risk management in sport. Roe et al.(57).

II.1.1.3.3 Team-sport injury prevention (TIP)

Ce nouveau type de stratégie qui est qualifié de « risk management approach » est aussi à l'origine d'un nouveau modèle destiné surtout aux sports collectifs mais qu'il semble intéressant et pertinent à décrire pour avoir une approche complète de ce qui existe en termes de modèle préventif. Ce nouveau modèle est développé par le FC Barcelone en collaboration avec le Oslo Sports Trauma Research Center (58). Le team-sport injury prevention (TIP) est construit sur un cycle permanent basé sur trois étapes clés (Fig. 7).

- **Étape 1, évaluation**, se base sur 2 questions : A quel(s) type(s) de blessure(s) le staff fait-il face actuellement ? Quelles stratégies préventives sont mises en place pour éviter cette/ces blessure(s) ?
- **Étape 2, identification** : Analyse des facteurs de risque et des mécanismes lésionnels. Analyse des éléments qui représentent une barrière ou une facilité pour la mise en place de la stratégie préventive.
- **Étape 3, intervention** : Planifier le contenu et les modalités de l'intervention préventive. Mettre en place la stratégie préventive.

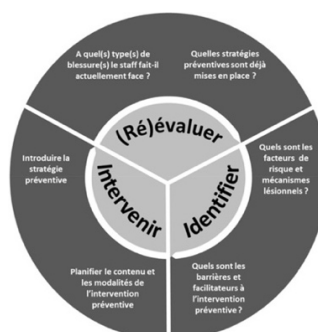


Figure 7. Le « Team-Sport Injury Prevention (TIP) Cycle » (d'après Pruna et al., 2018) (58).

II.2 Choix du modèle

Comme nous l'avons vu précédemment, il existe différents modèles de prévention des blessures. Chacun présentant des avantages et des axes d'améliorations (55). Delvaux et al. (55) suggèrent aux praticiens de s'approprier celui qui semble convenir le mieux aux types d'activités physiques, aux profils des athlètes et au staff médico-sportif. Le choix doit se faire de manière rigoureuse et réfléchie et chaque étape apparaît indispensable si l'on souhaite assurer une efficacité optimale à la stratégie préventive. Le contenu de la stratégie dépend de nombreux paramètres : le type de blessure que l'on souhaite éviter en priorité, le caractère pratique d'installation de l'intervention, le coût humain et financier, les spécificités de la population (âge, sexe, niveau de pratique, type de sport...) (55). Plusieurs modèles théoriques peuvent, s'ils sont appliqués de manière rigoureuse, être efficaces. On retrouve d'ailleurs l'essor des « sport injury risk management approaches » qui paraissent très pertinents mais qui méritent encore d'être confirmés par des études (59).

II.2.2 Les points clés

Des différences entre les différents programmes de prévention sont observées mais nous pouvons identifier des éléments clés qui devraient être inclus dans toute stratégie préventive qui se veut efficace.

II.2.2.1 Un bilan médical de présaison

Le bilan médical a pour objectif d'identifier des éléments pré-disposants au développement de futures pathologies. Il doit prendre en compte les antécédents de blessures car c'est un facteur de risque majeur de récurrence notamment dû à une récupération incomplète de la dernière blessure (60). Ce bilan médical peut se faire en collaboration avec le masseur-kinésithérapeute (MK) et permet de mettre en avant des anomalies symptomatiques ou non. Cela permettra d'orienter l'athlète vers un programme de rééducation. Prenons quelques exemples : une faiblesse musculaire des ischio-jambiers augmenterait le risque de développer une lésion musculaire des mêmes muscles (61). La présence d'une dyskinésie scapulaire favoriserait la survenue de blessure à l'épaule (62). Un faible contrôle moteur lombo-pelvien majorerait le risque de lombalgie (63). La présence d'une instabilité de cheville favoriserait la survenue ultérieure d'entorse externe de cette même cheville (64). Le bilan a pour but de détecter tous les éléments susceptibles de concourir à la survenue d'une lésion. Il se fera de façon rigoureuse avec un interrogatoire précis, des examens cliniques, paracliniques et la possibilité d'utiliser les technologies de pointes comme l'analyse vidéo, l'analyse 3D et l'isocinétisme (3).

II.2.2.2 Une action coordonnée sur plusieurs facteurs de risque

Il apparaît essentiel de nos jours qu'un programme préventif agisse sur plusieurs facteurs de risque afin d'avoir une efficacité optimale. Des programmes comme le FIFA 11+ ou le Prevent Injury and Enhance Performance (PEP) sont apparus ces dernières années et ont démontré leur efficacité sur différentes populations (65,66). Ils prennent en compte cet aspect multifactoriel. Ils contiennent un panel d'exercices dont l'objectif est d'améliorer l'agilité, la qualité gestuelle, la force, la proprioception, la pliométrie et la souplesse. Ces programmes sont efficaces car ils se réalisent environ en 30 minutes par session et permettraient aux athlètes d'améliorer de près ou de loin différents paramètres liés à un risque lésionnel. Ils sont simples, peu coûteux, facile à appliquer sur le terrain et simple à comprendre (66).

II.2.2.3 Une compliance maximale

Dans un programme de prévention, la compliance paraît essentielle. Plusieurs études ont montré une relation inverse entre la compliance et le risque lésionnel. C'est-à-dire que plus les sessions de prévention sont réalisées régulièrement plus le risque de blessure diminue. C'est le cas du programme FIFA 11+ pour les footballeurs et footballeuses sur l'incidence de rupture du LCA et des lésions aiguës du genou (67,68). Un autre programme de renforcement excentrique sur la prévention des blessures myo-tendineuse des ischio-jambier a montré son efficacité avec 65% de réduction de blessures. Les programmes peuvent être efficaces chez des participants investis avec un programme accessible, réaliste et adapté (69).

II.2.2.4 Une quantification et une gestion de travail

La charge de travail est un élément non négligeable, c'est un facteur de risque considérable pour les blessures micro-traumatiques et macro-traumatiques (70). Dans une déclaration de consensus de 2016, le Comité Olympique International a recommandé de mesurer cette charge de travail chez tous les athlètes (71). Il existe différents outils pour l'évaluer mais le plus utilisé serait le Rating of Perceived Exertion (RPE) de Foster (72). Il consiste à mesurer le produit de la durée de l'effort (en minutes) par l'intensité ressentie par l'athlète (échelle de 0 à 10). Des auteurs ont établi des normes qui sont définies avec des unités arbitraires (UA) pour prédire un rôle protecteur ou un risque de blessure (73). Cependant, ces données sont pauvres en termes d'UA à ne pas dépasser. C'est pourquoi, il est conseillé de calculer en parallèle le ratio charge aiguë/charge chronique (74). Une étude sur les footballeurs professionnels réalisée par McCall et al. (70) a démontré que ces ratios étaient associés à un risque majoré de blessure. Malgré des résultats intéressants, aucun pouvoir prédictif sur de futures

lésions n'a été déterminé grâce à ce ratio. La prédiction des blessures sportive est donc encore difficile à déterminer (75).

II.3 Prévention en natation

Bilan diagnostic : Un nageur qui présente une douleur d'épaule devrait recevoir un examen clinique approfondi. Les différents axes du diagnostic sont retrouvés dans le *Tableau VI*. Il est souvent retrouvé une douleur d'apparition progressive à la face antérieure ou latérale de l'épaule. La douleur antérieure serait localisée au niveau du chef long du biceps brachial dans le sillon bicipital et pourrait correspondre à une translation de la tête humérale due à un dysfonctionnement scapulaire. Le nageur rapporterait parfois la sensation de pincement pouvant provenir de l'articulation acromio-claviculaire, d'une bourse sous-acromiale enflammée de manière chronique ou du labrum glénoïdien.

L'examen clinique serait primordial, il se réaliserait debout avec les épaules, le tronc et les scapulas visibles. Le thérapeute évaluerait les amplitudes de mouvements de manière active en demandant à l'athlète de réaliser des mouvements lents et répétés dans les trois plans de l'espace. Parallèlement, l'examineur observerait les mouvements de scapulas pour déceler une éventuelle dyskinésie scapulaire et interroge l'athlète sur la présence éventuel d'un arc douloureux (26). Plusieurs tests pourraient être utilisés notamment le « scapular assistant test » et le « scapular retraction test » afin d'observer si le mouvement actif serait amélioré et si la douleur serait soulagée permettant de mettre en évidence une dyskinésie scapulaire (76). Un test évaluant la laxité antérieure, postérieure et inférieure de l'épaule pourrait être utilisé. C'est le « Load and shift test » (test d'appui et déplacement) qui pourrait être associé à un signe de tiroir (« drawer sign ») et « sulcus sign ». Ces tests permettraient d'établir des stades de gravité (0, +, ++, +++). Si plus de six « + » sont retrouvés sur la laxité totale (antérieure, postérieure et inférieure) cela pourrait indiquer une hyper laxité. Cependant, la pertinence clinique de ce test pourrait être limitée car l'épaule controlatérale peut présenter le même degré de laxité et une personne ayant une épaule douloureuse pourrait être plus craintive (76).

D'autres tests seraient à réaliser en décubitus dorsal : les tests d'appréhension antérieure et postérieure, le test de recentrage (« Jobe's relocation test ») et l'évaluation de la rotation médiale et latérale de la gléno-humérale. Le signe d'appréhension serait plus souvent positif à 135 degrés qu'à 90 chez les athlètes souffrant des douleurs d'épaule (27). Ce test permettrait de refléter la position réelle du bras au début de la phase active. La douleur à la face postérieure de l'épaule serait soulagée par le signe de recentrage et celui-ci indiquerait une lésion du labrum postérieure (slap lésion) ou de la coiffe, alors qu'une véritable appréhension antérieure indique une instabilité mineure (77). La stabilité du tronc pourrait être évaluée par le « pistol squat » (squat sur une jambe) (78).

Tableau VI. Diagnostic (79).

Subjective pain	Is it deep in the shoulder (labrum, underside cuff, minor instability), on the lateral aspect (bursa, supraspinatus, tendon), anterior (biceps tendon), on the back of the shoulder (posterior-superior labrum), or over the shoulder (acromioclavicular joint)
Pain provocation	Hawkins impingement sign, O'Briens active compression sig, and dynamic labral shear test with reproducible pain (ie, to the area reported above).
Assessment of scapula kinesis	Assessment with scapula assistant test and scapular retraction test. Pectoralis minor tightness. Thoracic kyphosis and core stability (one-leg squat).
Evaluation of glenohumeral rotation	External rotation/internal rotation at 90 degrees of abduction in the supine position with the scapula fixed. GIRD and excessive external rotation.
Instability evaluation	Sulcus and anterior-posterior drawer test. A total of 6+ or more is severe hyperlaxity. Apprehension test provoking true anterior apprehension, not pain. GIRD = Glenohumeral internal rotation deficit.

Traitement et prévention : L'entraînement excessif serait le facteur majeur entraînant les dysfonctionnements et les pathologies d'épaule. Cela entraînerait une surutilisation et de la fatigue, ce qui augmenterait le risque d'erreurs techniques. Il serait conseillé de réaliser des exercices hors de l'eau afin d'éviter les effets de l'entraînement sur la posture, la stabilité et la force. Les techniques préventives permettraient d'éviter le frottement de la coiffe des rotateurs et de la bourse sous-acromiale avec la face antéro-inférieure de l'acromion ainsi que le conflit interne du labrum et l'atténuation des conflits capsulaire (79). L'étude de Yanai et Hay. (25) expose les buts de la prévention en natation. Le premier serait de diminuer le degré de rotation médiale du bras lors de la phase de traction. La seconde serait d'améliorer l'initiation précoce de la rotation latérale lors de la phase de récupération. La troisième serait d'améliorer le mouvement des scapulas lors du mouvement. Lors de la phase de récupération et de la phase active précoce, les entraîneurs devraient encourager les nageurs à réaliser certains mouvements : augmentation du roulement du corps et de l'adduction de la scapula afin de développer une force et une endurance corrects de la coiffe des rotateurs et des stabilisateurs de scapula. Ces corrections de mouvements permettraient aussi une amélioration de la flexibilité de la capsule antérieure, du petit pectoral et de la coiffe (80). A la fin de la phase active, il serait conseillé d'avoir une finition douce et lisse pour éviter un épuisement sanguin à l'extrémité du tendon (25).

L'entraînement répétitif en natation entraînerait des dyskinésies scapulaires chez des nageurs asymptomatiques. C'est pourquoi, un programme d'exercices de stabilisation scapulaire (81) et de stabilisation du tronc (30,76) prolongerait le temps avant l'apparition de douleurs d'épaule et de dyskinésie scapulaire. Dès l'apparition de douleurs ou d'anomalies, l'athlète devrait consulter un professionnel de santé qualifié en médecine du sport car les symptômes de longue date provoquent

des signes pathologiques et un dysfonctionnement plus prononcé. Cela entraînerait une rééducation ou un traitement plus difficile, plus long et augmenterait le temps d'absence sur le terrain. Le traitement de l'épaule pourrait être divisé en 3 phases (*Tableau VII*) (26).

Phase 1 (première expérience de douleur liée à la natation) : être au repos actif, réduire l'entraînement, appliquer de la cryothérapie post-entraînement, effectuer des exercices de stabilité du tronc pour réduire la dyskinésie scapulaire. S'il y a un déficit de la rotation médiale de la gléno-humérale, effectuer des étirements de la capsule postérieure (étirements du nageur). Inclure également des exercices spécifiques de stabilisation scapulaire.

Phase 2 (douleurs quotidiennes non liées à la natation) : même restrictions et exercices que dans la phase 1, repos complet, injection d'AINS jusqu'à une semaine. Les injections d'AINS sont controversés et devraient être réservés uniquement aux athlètes présentant des douleurs constantes afin de réduire les douleurs pour qu'ils puissent reprendre le programme d'exercice.

Phase 3 (douleur malgré le traitement et le repos actif pendant plus de 3 mois) : les personnes chez qui le traitement s'estompe progressivement doivent continuer le traitement non opératoire. En revanche, pour les personnes dont la douleur perdure, une arthroscopie est recommandée pour réparer les déchirures du labrum ou de la coiffe, améliorer la stabilité de l'articulation gléno-humérale et éliminer la douleur (26).

La douleur d'épaule serait une plainte musculo-squelettique courante chez le nageur. La prévention et le traitement devraient viser la pathologie sous-jacente et le dysfonctionnement. Les erreurs techniques et l'entraînement répétitif seraient les causes majeures. L'amélioration de la kinésie scapulaire pourrait prévenir les troubles dans la plupart des cas. La chirurgie serait programmée en dernier recours lorsqu'il y a une instabilité gléno-humérale majeure et quand la rééducation ne montre pas d'évolution (81).

Tableau VII. Traitement (26).

Phase 1 (first time pain experience related to swimming)	Active rest and reduced training. Ice packs after practice. Technical stroke analysis and correction by coach. Assess instability of the core and scapular dyskinesis. Exercises, directed toward the specific function. Low rows, lawn mover, robbery, shrugs, push-ups with plus. In cases of GIRD, stretching of the posterior capsule (sleeper's or swimmer's stretch)
Phase 2 (pain daily unrelated to swimming)	Exercises and restrictions as in phase 1. No swimming allowed for a period of 2 weeks at a time. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs up to 1 week. Injection of corticosteroid in the bursa should be limited to swimmers with constant pain.
Phase 3 (pain despite treatment and active rest for more than 3 months)	Continue exercises and restrictions as in phases 1 and 2 surgical treatment. Type A : arthroscopy with bursectomy and partial coracoacromial ligament release. Type B : Labral and/or PASTA debridement or repair. Type C : Labral and/or PASTA debridement or repair and capsular plication. Type D : capsular plication. Type E : directed toward pathology.

II.4 Prévention en cyclisme

Pour une stratégie prévention et une rééducation efficace, le masseur-kinésithérapeute devrait connaître les facteurs biomécaniques qui contribuent aux blessures. L'interrogatoire devrait être détaillé et l'examen physique doit être adapté à la plainte de l'athlète. Le pistol squat serait souvent utilisé afin d'évaluer une faiblesse ou une diminution du recrutement des abducteurs des stabilisateurs du bassin, une inclinaison pelvienne controlatérale ou une déviation médiale du genou fréquemment observées chez les cyclistes avec des syndromes fémoro-patellaires ou des douleurs lombaires. L'évaluation de la souplesse lombo-sacrée et des ischios-jambiers pourrait aussi être utile pour déterminer quelles amplitudes le sportif peut tolérer sur le vélo. Enfin, l'évaluation de la position du cycliste et de la biomécanique sur un « home-trainer » en collaboration avec un expert certifié pour établir des modifications et des ajustements (82). La prévention du cycliste passerait par deux grands axes : l'analyse de la position du sportif sur le vélo et l'entretien d'une stabilité musculaire en appliquant des exercices de renforcement, d'étirements des muscles déficitaires engagés dans la biomécanique du pédalage ou le maintien de la posture sur le vélo (83).

II.5 Prévention en course à pied

La prévention des blessures liées à la course à pied nécessiterait une approche multifactorielle abordant des exercices d'éducation, de renforcement et de flexibilité, des exercices de contrôle neuromoteur et de pliométrie.

Éducation aux douleurs musculo-squelettique et au surentrainement : Quatre règles clés pourraient être utilisées pour éduquer les coureurs avant qu'une blessure ne devienne grave : 1. La course doit être arrêtée immédiatement si la douleur augmente pendant une course ou si la qualité passe de douloureuse à aigue. 2. La douleur articulaire ne doit pas persister ou augmenter dans les 24 heures suivant une course, car cela indique que le volume était excessif et doit être réduit. 3. Si une douleur préexistante est présente ($EVA < 3$), cette douleur ne doit pas augmenter pendant la course ou persister le lendemain. 4. L'entraînement peut reprendre lorsque la douleur induite par la course disparaît (84).

Éducation à la mécanique de course : Avant de démarrer une préparation sérieuse pour une course, une analyse médicale de la course devrait être effectuée pour identifier les déficits de mouvements. Pour cela, des séances de débriefing et des séances de réentraînement à la marche avec le coureur

pourraient être menées en utilisant un retour visuel en temps réel. Cela peut se faire sur 8 à 18 séances sur 2 à 6 semaines (85).

Les étirements et l'échauffement : Les preuves sont contradictoires sur la fréquence et le type d'étirement pour prévenir les blessures de surutilisation. Pour cela, un échauffement dynamique pourrait être proposé avant l'entraînement ou la compétition qui comprend des mouvements issus du programme de prévention des blessures ayant fait ses preuves (FIFA 11+). Ces mouvements impliqueraient tout le corps, on retrouve des sauts, des fentes de marche, des mobilisations actives de hanches en cercle et d'autres exercices spécifiques (86).

Le renforcement musculaire : Le renforcement de la chaîne cinétique du pied au tronc, le contrôle neuromoteur et l'exercice pliométrique seraient des éléments essentiels. Il serait nécessaire d'inclure des exercices qui augmenteraient la force tout en améliorant la proprioception et la réactivité à l'environnement. Les exercices spécifiques du renforcement du pied et de la cheville seraient également essentiels (84).

La force et l'équilibre neuromusculaires du tronc et des membres inférieurs : Le tronc serait un point d'ancrage pour le contrôle proximal du mouvement de course. Un contrôle moteur inadéquat serait lié à l'instabilité dynamique et aux blessures. Le développement des schémas d'activation musculaire optimaux autour de l'abdomen, des para-vertébraux et du bassin en tant qu'unité centrale pourrait aider à contrôler l'interaction du corps et au sol. Par exemple, les athlètes qui produisent une plus grande activation musculaire au niveau des fessiers, des extenseurs du rachis lombaire et des droits de l'abdomen subiraient moins de blessures aux ischio-jambiers (84).

La pliométrie : L'entraînement pliométrique comprendrait des mouvements avec des cycles d'étirements-raccourcissement en série qui provoque des allongements-raccourcissements des complexes muscles-tendons. Cela améliorerait la réactivité neuromusculaire grâce à l'amélioration de la commande neurale des agonistes, des stratégies intermusculaires et d'activation. Cela permettrait aussi, des changements favorables en termes de qualité mécanique et d'architecture du complexe muscle-tendon. Associé à des programmes d'entraînement, la pliométrie pourrait être efficace (84).

II.6 Prévention en triathlon

L'Ironman est un sport très exigeant qui peut évidemment générer des blessures de l'appareil locomoteur comme nous l'avons vu précédemment. Comme pour toute activité physique, une réflexion sur d'éventuelles actions préventives se justifierait pleinement. Afin d'offrir une efficacité optimale aux triathlètes, il serait nécessaire de choisir un modèle de prévention théorique et de se baser sur les dernières avancées scientifiques relative à la prévention des blessures. D'après Delvaux et al. (55), le modèle théorique le plus adapté à notre situation serait *la séquence de prévention*, développé par van Mechelen et al. (1). Après avoir passé en revue les blessures les plus fréquentes en triathlon ainsi que les facteurs de risque menant à celles-ci, une description des actions préventives pourrait être établie.

II.6.1 Un bilan spécifique de présaison

En premier lieu, un bilan médical de présaison pourrait être réalisé. Il aurait pour objectif de recenser les éléments susceptibles de concourir à la survenue d'une blessure future. L'analyse des antécédents de blessures serait primordiale car le risque de récurrence est élevé (14). Il pourrait être réalisé par exemple, une évaluation de la laxité de cheville ou d'épaule, des troubles de la statique, des restrictions de la mobilité articulaire ou de l'extensibilité musculaire ou encore l'observation d'une dyskinésie scapulo-thoracique. Ces différentes caractéristiques nous amèneraient à proposer un programme de rééducation à visée préventive pour limiter les récurrences. Des tests cliniques spécifiques (évaluer leur spécificité et leur sensibilité) et l'imagerie permettraient de guider le bilan en cas de lésion préexistante (87). En complément, un dynamomètre isocinétique ou des techniques d'évaluation de terrain ou de laboratoire pourraient être utilisés (3).

II.6.2 Une quantification et gestion de la charge de travail

Dans un second temps, une quantification et une gestion de la charge de travail devraient être réalisées. Comme dans toute discipline sportive, elle serait une composante centrale de toute stratégie préventive. Elle varie en fonction des compétitions et des périodes hors compétitions. Elle permettrait d'amener l'athlète dans une forme optimale le jour J (88). L'objectif serait de trouver un équilibre entre la charge exercée sur l'athlète et la capacité des tissus à la tolérer. Dans les sports d'endurance, il n'y aurait pas de méthode meilleure que d'autre selon Mujika (89). Le choix de la méthode dépendrait de ses qualités métrologiques mais aussi de la faisabilité et de l'accessibilité mais aussi du rapport coût/efficacité.

On distinguerait deux types de charges, la charge interne et la charge externe. La charge interne correspond à la réponse d'un individu à la charge externe imposée. Tandis que la charge externe se définit comme tout stimulus appliqué à un athlète indépendamment de ses caractéristiques internes (90). En triathlon, la charge externe serait comptabilisée comme le temps passé en natation, à vélo, en course à pied et aussi en musculation. La charge interne serait calculée par le sRPE qui correspondrait au produit de la durée de l'effort (en minutes) par l'intensité ressentie par l'athlète (sur une échelle de 0 à 10). On pourrait également mesurer la fréquence cardiaque (FC), le ratio FC/RPE, le training impulse (TRIMP) et prendre en considération la charge émotionnelle et perceptive hors entraînement et en période de compétition évalué à l'aide de questionnaires de bien-être ou de qualité de récupération comme le Recovery Stress Questionnaire for Athletes (REST-Q) ou le Profile of Mood States (POMS).

Il serait intéressant de se renseigner sur les valeurs seuils à ne pas dépasser ou encore sur la progressivité à respecter pour adapter la charge de travail à l'individu. L'étude de Drew et Finch proposeraient de suivre sept étapes pour gérer la charge de travail dans un but préventif (88) :

- Déterminer une charge travail moyenne sur une durée pré-choisie
- Réduire les variations de charge importante entre deux semaines consécutives
- Assurer une charge de travail minimale pour éviter une baisse de la capacité des tissus à tolérer cette charge
- Répartir correctement la charge de travail sur une même semaine
- Vérifier que la charge de travail est proportionnelle aux demandes de la discipline
- Monitorer la charge durant la période précède la blessure afin de pouvoir agir sur cette charge dès la manifestation des symptômes (88).

II.6.3 Une préparation physique

Troisième étape : la préparation physique. La préparation physique du triathlète est spécifique et aurait pour objectif d'entraîner le corps aux efforts particuliers du triathlon. L'étude de Blaiser et al. met en évidence qu'un travail de Core Stability serait indispensable car ils ont identifié une faiblesse de contrôle postural dynamique ainsi qu'une faiblesse d'endurance et de force des muscles du tronc qui s'associerait aux lésions de surcharge des membres inférieurs (91).

Ils recommandent également d'effectuer un renforcement global des membres supérieurs et inférieurs qui permettrait d'améliorer la capacité myo-tendineuse et ainsi de résister à la charge imposée. Un entraînement de force serait essentiel pour prévenir les lésions aiguës mais aussi de surcharge des membres inférieurs (92). Des exercices de renforcement classique des muscles fléchisseurs et extenseurs des hanches, genoux et chevilles pourraient être proposés mais un renforcement

musculaire spécifique des abducteurs de hanche ne doit pas être négligé. On retrouve respectivement dans les études de Mucha et al. (93) et Rasmskov et al. (94) qu'une faiblesse des abducteurs de hanche favoriserait la survenue d'un syndrome de friction de la bandelette ilio-tibiale ou d'un syndrome fémoro-patellaire.

Concernant l'épaule, il serait recommandé d'étirer le petit pectoral pour la correction posturale, d'améliorer le contrôle moteur des fixateurs de scapula et des rotateurs d'épaule. Les objectifs principaux pour l'épaule à la suite du bilan spécifique ou lors d'une symptomatologie particulière seraient la normalisation de la mobilité et le contrôle de l'instabilité gléno-humérale. (23).

II.6.4 Une gestuelle de qualité

La gestuelle du sportif doit être analysée et des corrections pourraient être apportées pour qu'elle soit la plus qualitative possible. Les trois disciplines devraient être réalisées selon une gestuelle technique propre à chacune. Dans l'étude de Dos Santos et al., il est observé que dans de nombreuses disciplines sportives, une gestuelle de pauvre qualité serait associée à un stress mécanique supérieur voire un risque de blessures (38). Des exemples dans chaque discipline pourraient être donnés : en course à pied, l'attaque du sol par l'avant pied comparée à une attaque talon serait associée à un stress mécanique fémoro-patellaire inférieur (95), s'associerait aussi à une augmentation de la fréquence des pas qui engendrerait une réduction de l'amplitude de foulée. En natation, la répétition des gestes overhead lors du crawl qui nécessite une extension du rachis cervical provoquerait des microtraumatismes d'épaule qui pourraient être majorés si la gestuelle n'est pas de qualité. En cyclisme, le positionnement sur le vélo devrait être adapté judicieusement à l'athlète car le fait d'augmenter les qualités aérodynamiques et le rendement pourraient contribuer à réduire la survenue des lésions de surcharge, surtout au niveau du rachis (96).

II.6.5 Une récupération optimale

La récupération paraît indispensable au vu du nombre d'heure d'entraînement. Lorsque le corps est exposé à des facteurs de stress liés à l'exercice physique sans repos adapté pour récupérer, les athlètes pourraient ressentir des effets indésirables telles qu'une diminution des performances et une augmentation de l'effort perçu (97). L'état nutritionnel, le type, l'intensité et la durée de l'exercice seraient tous impliqués comme facteurs déterminant sur le temps de récupération (97). Pour optimiser la récupération, des outils pourraient être mis en place. L'immersion en eau froide serait très utilisée pour améliorer la récupération des athlètes. Une étude réalisée sur des triathlètes participant aux championnats du monde aurait conclu qu'un épisode d'immersion en eau froide sur une durée de dix minutes n'aurait pas apporté d'avantage physiologique lors de la récupération dans les 40 heures

suivant la course. Mais l'effet de ce traitement serait inconnu sur une période plus longue. Cependant, elle ne serait pas à proscrire. L'immersion en eau froide pourrait être utilisée à la demande et selon les préférences de l'athlète car il n'y aurait aucune preuve montrant des effets néfastes sur la récupération. Les auteurs se sont questionnés sur le fait que les résultats pourraient changer chez une population moins bien entraînées ou une autre qui effectue des efforts d'une durée plus courte et plus intense (83).

Le massage et l'auto-massage pourraient aussi trouver leur place pour favoriser la mobilité des tissus mous en ciblant les régions musculaires en tension. Cela pourrait être réalisé quotidiennement pendant plusieurs minutes. Ces zones de tensions pourraient varier en fonction du stress de l'entraînement (98). Le massage pratiqué par un MK pourrait également trouver sa place. Non pas en termes de prévention des blessures en première intention mais pour réduire à court terme la douleur et la fatigue musculaire après un effort de longue distance (99). Inclure le massage dans la prévention pourrait être intéressant car si la fatigue et la douleur persistent, la vigilance musculaire serait diminuée et le risque de blessures pourrait être augmenté (99).

Quelques études ont rapporté le temps de récupération après une course Ironman, elle serait d'environ 19 jours. Les marqueurs biochimiques des lésions musculaires (CK et myoglobine) et de l'inflammation (IL-C, CRP) resteraient élevés au moins 5 jours après la course (97). En tant que professionnel de santé, nous aurons tout intérêt à donner les bonnes informations à l'athlète et appliquer les techniques adaptées pour une récupération optimale. Cependant, le temps d'arrêt moyen des triathlètes à la suite d'une blessure ne serait pas précisé dans la littérature (97).

II.6.6 Des éléments complémentaires

Pour finir, plusieurs facteurs non spécifiques au triathlète devraient être pris en considération dans l'optique d'une prévention optimale : une hygiène de vie correcte (sommeil, hydratation, nutrition) (100), la pratique d'un échauffement de qualité ou encore le port de chaussures adaptées. Enfin, même si la pratique régulière d'étirements ne pourrait être considérée comme un élément préventif prioritaire, il serait recommandé aux athlètes de s'étirer s'ils présentent des restrictions de mobilité afin de retrouver une souplesse satisfaisante pour leur pratique (101).

III. Objectif de l'étude

Ce travail a pour objectif d'étudier l'impact d'une stratégie préventive adaptée et spécifique aux triathlètes Ironmen sur l'apparition des blessures micro-traumatiques ainsi que sur la durée et la réponse aux traitements. C'est pourquoi la problématique est la suivante : En quoi un protocole de prévention spécifique au triathlon longue distance permettrait-il de prévenir l'apparition de blessures micro traumatiques chez les triathlètes longues distances ?

En fonction des résultats obtenus, une démarche préventive adaptée et spécifiques aux triathlètes de longues distances pourrait être proposé afin de présenter des lignes de conduite directement applicable sur le terrain et fournir des recommandations aux triathlètes, aux entraîneurs et aux masseurs-kinésithérapeutes (MK). L'objectif de l'étude est de répondre plus efficacement aux besoins fondamentaux de la prévention lésionnelle dans le triathlon.

Les hypothèses de recherches sont les suivantes : La connaissance des pathologies spécifiques au triathlon nous aiderait à prévenir les blessures. L'identification et la compréhension des facteurs de risques pré-disposants réduiraient le nombre de blessures. Agir sur les facteurs de risques apporterait une diminution des blessures de surcharges. Le MK aurait un rôle crucial à jouer dans la stratégie préventive du triathlète. Et enfin, une stratégie préventive spécifique au triathlon longue distance permettrait de diminuer le nombre et la fréquence des blessures micro-traumatiques.

Matériel et méthodes

I. Revue de littérature

I.1 Recherche bibliographique

La recherche bibliographique a débuté en avril 2020 sur la plateforme « ZOTERO ». Cette plateforme permet de gérer notre bibliographie et permet d'enregistrer nos références. Les bases de données « PubMed », « Science Direct », « PEDro » et « Web of science » ont été utilisées. Les recherches initiales ont été effectuées avec les mots clés suivants : « triathlon », couplé avec « blessures », « prévention » et « traitements ». Notre souhait initial était d'inclure dans l'équation « Ironman » et « blessures de surcharge » afin d'affiner notre recherche. Cependant, trop peu de résultats sont ressortis des bases de données avec « Ironman » et « blessures de surcharge », nous avons donc choisi de supprimer le premier et de remplacer le second par « blessures ». De ce fait, nous avons vérifié que les articles apparaissant sur les bases de données avec ces deux mots clés soient présents en totalité avec notre nouvelle équation de mots.

Les termes utilisés ont été rigoureusement traduits en anglais grâce au portail HeTOP (Health Terminology/Ontology Portail) qui inclut les principales terminologies et ontologies de santé. Ainsi qu'au Medical Subject Headings (MeSH) qui est le thésaurus de référence dans le domaine biomédical. Ces deux sites internet ont permis d'obtenir la traduction la plus précise possible. Les termes « triathlon », « injuries », « prevention », « treatments » ont été utilisés. Cette traduction permet d'augmenter l'éventail de recherche et d'avoir accès aux articles anglosaxons.

La question de recherche est établie à partir des critères PICO (*Tableau VIII*). Formuler une question PICO nous permet de clarifier la question de recherche en identifiant les concepts clés et de réaliser une recherche bibliographique efficace dans les bases de données (102).

Tableau VIII : Critères PICO

Critères PICO	Question de recherche	Mots clés
Population/Patient/Problem	Triathlète pratiquant la longue distance au moins une fois par an depuis 10 ans	Triathlon Ironman
Intervention	Proposer un protocole de prévention spécifique aux triathlètes	Blessures Blessures de surcharge
Comparaison	Comparaison du suivi d'un protocole de prévention sur l'apparition de blessures micro-traumatiques	Prévention
Outcome	Proposer une stratégie préventive aux masseurs-kinésithérapeutes, aux entraîneurs et aux triathlètes	Traitements

I.2 Choix des articles

Le triathlon est une discipline répandue dans le monde entier. De ce fait, il existe beaucoup d'articles sur le sujet mais il en existe peu sur l'épidémiologie et la prévention des blessures. Afin d'enrichir la revue de littérature, les recherches ont été élargi sur des publications datant de 1984 à 2022. Aucun critère de sélection sur le niveau de preuve n'a été établi étant donné le nombre faible d'études à haut niveau de preuve sur le sujet. Un flux PRISMA a été créé (« Preferred Reporting Item for Systematic Review and Meta-Analysis »), il permet d'obtenir une analyse de la littérature la plus qualitative possible. La sélection, l'éligibilité et l'inclusion des articles dépendent de nos critères d'inclusion et d'exclusion établis au préalable lors de la rédaction de la question de recherche.

Un tableau récapitulatif du nombre d'articles trouvés dans chaque base de données en fonction de nos équations de mots a été créé (Annexe 3). Le nombre d'articles pour « Triathlon », puis pour « Triathlon AND injuries », « Triathlon AND prevention », « Triathlon AND treatments », et enfin l'équation finale que nous citons ci-dessous sont retrouvés. Les articles associant les mots clés « Triathlon » avec les mots clés « injuries », « prevention », « treatments » représentent 92 références dans les quatre bases de données étudiées. Nous avons donc choisi de sélectionner ces 92 références de notre flux de recherche pour notre analyse. Les doublons ont été supprimés, ce qui nous amène à 71 références. Parmi ces 71 références, après lecture des titres et des résumés des articles, 42 références ont été gardées car 29 ne correspondaient pas au contenu de la problématique. Parmi ces 42 références, il en reste 31 à la suite de la lecture intégrale des articles. Au total, 31 références ont été utilisées pour nos résultats. 3 références ont été ajoutées au diagramme de flux car il semblait pertinent de les inclure dans l'analyse de littérature. Au total, 31 références ont permis de décrire et de comparer la littérature et les résultats de l'enquête (Fig. 8).

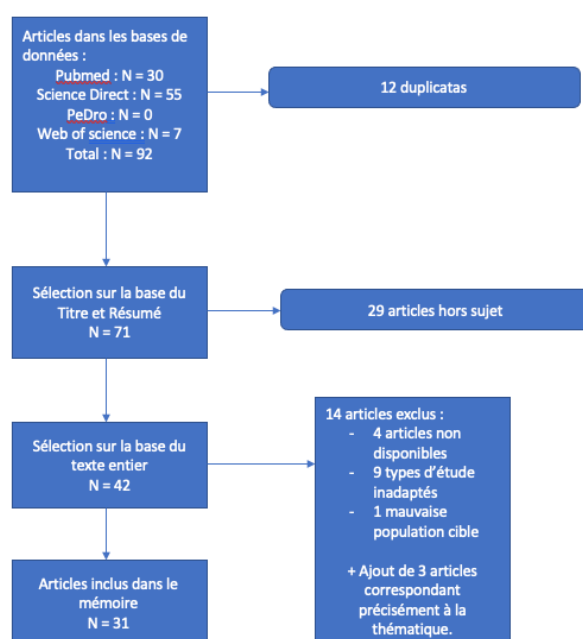


Figure 8. Diagramme de flux des articles selon le flux PRISMA.

I.3 Niveau de preuve

Aucun critère de niveau de preuve n'a été mis en place sur la sélection des articles. Il paraît intéressant d'évaluer le niveau de preuve des différents articles retenus. Cela permet d'avoir un point de vue critique et de savoir quels articles ont été davantage cités dans d'autres revues scientifiques. Le niveau de preuve des articles sélectionnés a pu être possible grâce au logiciel Web of Science qui nous donne le nombre de citations pour chaque article. Le nombre de citations est l'un des indicateurs pour mesurer l'impact d'un article. Un nombre élevé de citations est associé à un impact plus grand. Les articles de recherche originaux ainsi que les « review » ont été acceptés. Afin de recenser les articles sélectionnés avec leur niveau de preuve, un tableau a été créé (Annexe 4).

II. Questionnaire adressé aux triathlètes longues distances

II.1 Choix de l'outil

Le questionnaire adressé aux triathlètes longues distances permet de rendre compte de la récurrence des blessures, particulièrement celles de surcharge (Annexe 5). Ce questionnaire permettrait de recenser la fréquence, la temporalité, l'importance des blessures ainsi que les conséquences que celles-ci pourraient engendrer. Il permettrait également de comparer le nombre de triathlètes ayant subi des blessures et qui pratiquent des exercices de prévention et des triathlètes ayant subi des blessures sans pratiquer d'exercices de prévention. Cette enquête a pour but de comparer ce que la littérature nous décrit et de la confronter avec la réalité du terrain afin d'identifier les points convergents et divergents et ainsi tenter de proposer des solutions.

II.2 Choix de la population

L'échantillon de l'étude doit être représentatif et répondre aux critères d'inclusions et d'exclusions. Sont alors inclus, hommes et femmes de 20 à 70 ans, triathlètes amateurs ou élite réalisant au moins un triathlon longue distance par année. La longue distance a été défini comme toute distance plus longue qu'un triathlon de distance olympique (1500 m de natation, 40 kms de vélo et 10 kms de course à pied). Sont exclus, les personnes ayant moins de 20 ans ou plus de 70 ans ou ne pratiquant pas de triathlon longue distance au moins une fois par an. Il y a 60113 inscrits à la fédération française de triathlon (F.F.TRI) mais nous n'avons pas le nombre précis des sportifs pratiquants les longues distances. De nombreux athlètes pratiquants la longue ne sont ni licenciés à la F.F.TRI, ni inscrits dans un club. Les sportifs ne faisant pas partie d'un club ou n'étant pas licenciés à la F.F.TRI ne sont donc pas exclus. Le diagramme de flux de l'enquête est représenté par la *Fig.9*.

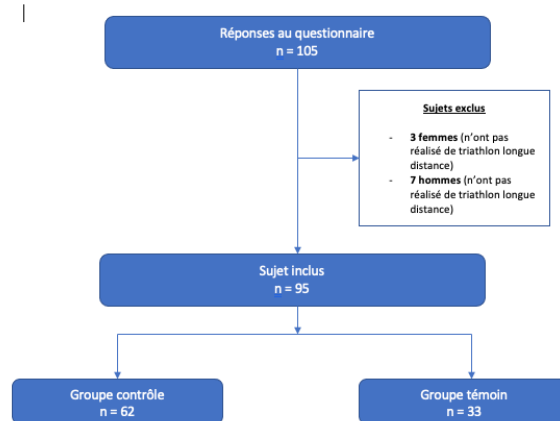


Figure 9. Diagramme de flux de l'enquête.

II.3 Déroulement de l'enquête

Le questionnaire a été confectionné à l'aide du logiciel SPHINX® pour éviter les biais de sélection. Cela nous permet de garder l'anonymat et la confidentialité des données. Le questionnaire a été élaboré après avoir effectué un flux PRISMA permettant d'identifier les blessures les plus fréquemment rencontrées, les facteurs de risque des blessures, les modèles préventifs qui pourraient réduire voire anticiper la survenue des blessures. Le questionnaire comporte quatre parties : caractéristiques de la population, les blessures, les facteurs de risque et la prévention. Les triathlètes peuvent répondre selon les questions soit en cochant la ou les cases qui leur semble correctes soit par sélection d'item en les déplaçant dans la case correspondante soit par échelle numérique quand il s'agit d'une question chiffrée. Le questionnaire est composé essentiellement de questions fermées pour obliger l'athlète à choisir parmi les réponses proposées. Celles-ci contenaient toujours plusieurs modalités de réponses en terminant toujours les propositions par « autres » pour que les triathlètes puissent s'exprimer, si leur réponse n'est pas indiquée. Cela permet à tous les athlètes de répondre à toutes les questions. Nous avons aussi veillé à ce que le temps du questionnaire ne soit pas supérieur à 5 minutes afin d'obtenir un maximum de réponses et de limiter les biais. Certaines questions contenaient un langage spécifique. Pour chaque question, nous l'avons donc défini pour faciliter la compréhension.

Le questionnaire a été diffusé sous différentes formes. Nous avons contacté la F.F.TRI par mail afin d'expliquer notre étude et d'obtenir leur accord pour diffuser le lien du questionnaire aux athlètes afin de limiter le biais de diffusion mais nous sommes restés sans réponse. Le questionnaire a été diffusé par mail dans plusieurs clubs de triathlon de la région Hauts-de-France. Plusieurs fédérations régionales ont été contactées et seule la Fédération Provence Alpes Côte d'Azur a diffusé notre questionnaire sur son groupe Facebook. Puis, pour élargir l'échantillon nous avons utilisé le réseau

social « Facebook » sur notre espace personnel tout d'abord puis sur des groupes privés de triathlon et d'Ironman.

II.4 Date de début et de fin de diffusion du questionnaire

Le questionnaire a été réalisé dans un premier temps sur papier puis sur Word. Plusieurs modifications ont été nécessaires pour arriver à la version finale. Nous l'avons ensuite créé à partir du logiciel « Sphinxdeclic ». Ce logiciel permet d'obtenir un questionnaire numérique facile d'utilisation et facilement accessible à la population concernée. La version finale a été obtenue le 20 décembre 2022 et a été publiée le 22 décembre 2022. Après cette première publication nous avons relancé sa diffusion à deux reprises, le 15 janvier et le 10 février 2022. Le questionnaire a été clôturé le 28 février 2022.

II.5 Type d'étude

C'est une étude épidémiologique descriptive observationnelle rétrospective réalisée auprès de triathlètes de 20 à 70 ans ayant couru au moins une course longue distance par an et évalué sur les dix dernières années.

II.6 Recueil de données

L'ensemble des données sont classés dans un tableau Excel. Les données sont exprimées en pourcentage. Les variables qualitatives ont été représentées sous la forme de diagramme en barre. Les variables quantitatives ont été représentées sous la forme de tableau (Annexe 6) pour présenter les indicateurs de positions (valeurs extrêmes, mode, médiane, 1^{er} et 3^e quartile). Ces variables quantitatives sont analysées grâce à leurs indicateurs de position (moyenne arithmétique) et de dispersion (variance et écart type) (Annexe 7). Les formules suivantes ont été utilisées pour la moyenne arithmétique : $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, la variance : $s_{ech}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2$ et l'écart type : $s_{ech} = \sqrt{s_{ech}^2}$.

D'autres calculs statistiques ont été effectués grâce au logiciel DATAVIV'. Deux groupes ont été comparés, un groupe témoin qui ne pratique pas d'exercices de prévention et un groupe expérimental pratiquant des exercices de prévention. Le choix de ces deux groupes s'est effectué à la suite d'analyse de la réponse « Pratiquez-vous des exercices spécifiques pour prévenir les blessures ? OUI / NON ». « Si oui, quels exercices pratiquez-vous ? Gainage, renforcement musculaire, étirements/assouplissement, proprioception ». Un test du Khi 2 sera utilisé dans la discussion afin d'observer s'il y a un lien entre le nombre de blessures et la pratique d'exercices préventifs.

Résultats

I. Résumé des résultats de la littérature

La littérature met en évidence le manque de connaissances concernant l'incidence des blessures, le profil des blessures subies et les preuves de prévention des blessures en triathlon. Plusieurs études ont été entreprises pour décrire l'incidence et les facteurs de risque des blessures du triathlon mais elles seraient limitées par des conceptions rétrospectives, des incohérences de définitions, des cohortes de faibles importances ou encore une durée d'étude courte.

L'identification des blessures et des facteurs qui contribueraient à leur survenue est complexe en raison de la combinaison de la course à pied, du cyclisme, de la natation et des différents régimes d'entraînement pour préparer adéquatement l'athlète au niveau de compétition et à la distance choisie. Pour être au plus près du problème, l'élaboration d'un consensus officiel sur le signalement et la surveillance des blessures serait nécessaire comme c'est le cas dans certains sports. Cette approche permettrait de surmonter les limites des études existantes et fournirait les données de bases pour aborder la prévention des blessures dans ce sport. Cela nécessiterait une approche systématique et par étape afin d'améliorer la prise en charge des athlètes. Malgré tout, un consensus se profilerait entre les études sur le type de blessures, les facteurs de risque et la prévention de celles-ci.

Les données scientifiques disponibles permettraient d'établir que le taux d'incidence des blessures est relativement faible en triathlon, compte tenu du volume d'entraînement. Les pathologies seraient majoritairement microtraumatiques (tendinopathies, fractures de fatigue, périostites) et surviendraient essentiellement en période de compétition et la plupart du temps en course à pied. Les blessures macrotraumatiques seraient principalement dus à des chutes à vélo.

Pour la prévention, une démarche systématique a été élaborée par Delvaux et al. dans laquelle ils recensent les facteurs de risque et proposent différentes étapes à suivre pour l'élaboration d'une stratégie préventive qui se voudrait efficace. Les facteurs de risque principaux seraient un premier épisode lésionnel et une charge d'entraînement inadaptée. Cette stratégie serait basée sur le modèle théorique préventif de Van Mechelen et al. qui s'appuie sur les blessures et les facteurs de risque avec une preuve scientifique plus ou moins avérée. Cinq étapes seraient essentielles pour réaliser une stratégie préventive de qualité : réaliser un bilan médical spécifique pour recenser tout élément susceptible de prédisposer à la survenue d'une blessure ultérieure, quantifier et monitorer la charge de travail, une préparation physique adaptée avec un programme de Core Stability et de renforcement

musculaire afin de préparer les organismes à la charge de travail imposée, une gestion de la gestuelle technique dans les trois disciplines et des conseils généraux à la préparation et à l'entraînement.

II. Résultats du questionnaire

II.1 Distribution de l'échantillon

La population étudiée est celle des triathlètes pratiquant des triatlons longues distances au moins une fois dans l'année depuis dix ans. Les athlètes ne sont pas forcément licenciés à la Fédération Française de Triathlon (F.F.TRI) ou ne sont pas adhérents d'un club. En 2020, la F.F.TRI compte 60113 licenciés et 974 clubs (55). Nous ne sommes pas en possession des données sur la répartition des sexes, de la moyenne d'âge et du nombre de pratiquants longue distance. Nous avons obtenu à notre questionnaire 105 réponses dont 95 qui ont été retenues car dix personnes ne répondaient pas aux critères d'inclusion. Sur les 95 réponses, 74 (77,9%) sont des hommes et 21 (22,1%) sont des femmes. Les données sont exposées de façon brute dans cette partie et seront analysées ensuite dans la partie « Discussion ».

II.2 Caractéristiques générales

L'âge moyen des sujets interrogés est de $38,3 \pm 12,2$ ans. La taille moyenne est de $176 \pm 9,2$ cm et le poids de $70,3 \pm 11$ kg ce qui représente un IMC moyen de $22,7 \pm 10,1$ kg/m². Tous les athlètes réalisent au moins une compétition longue distance par année depuis dix ans et 76,8% sont licenciés à la F.F.TRI ou sont inscrits dans un club.

II.3 Les blessures

Nombre de blessures : Nous souhaitons évaluer le nombre de blessure sur 10 ans afin d'obtenir des réponses d'athlètes expérimentés et d'avoir du recul sur leur pratique. Ces dix dernières années, 3,2% des athlètes n'ont subi aucune blessure, alors que 72,6% ont subi moins de 5 blessures, 20% plus de cinq et 4,2% ont subi plus de 10 blessures (Annexe 8).

Localisation des blessures : Nous avons simplifié les propositions en faisant par partie du corps. On observe qu'aux membres supérieurs les blessures touchaient l'épaule chez 18,9% des athlètes, 2,1% au bras, 7,4% au coude, 1,1% à l'avant-bras et 4,2% à la main. Pour les membres inférieurs, 50,5% des blessures ont touché le genou, 7,4% le tendon patellaire, 22,1 % la cheville, 30,5% le tendon Achilléen 30,5% et enfin 18,9% le pied. Pour le tronc, les cervicales étaient impliquées dans 11,6%,

et les lombaires dans 18,9% des blessures. Pour finir, 26,3% des sujets ont répondu « autres », les athlètes pouvaient répondre librement. On y retrouve les sites anatomiques suivants : le poignet, le pli de l'aîne, la cuisse, les jambes (tibia, fibula, mollet), les côtes et le ventre.

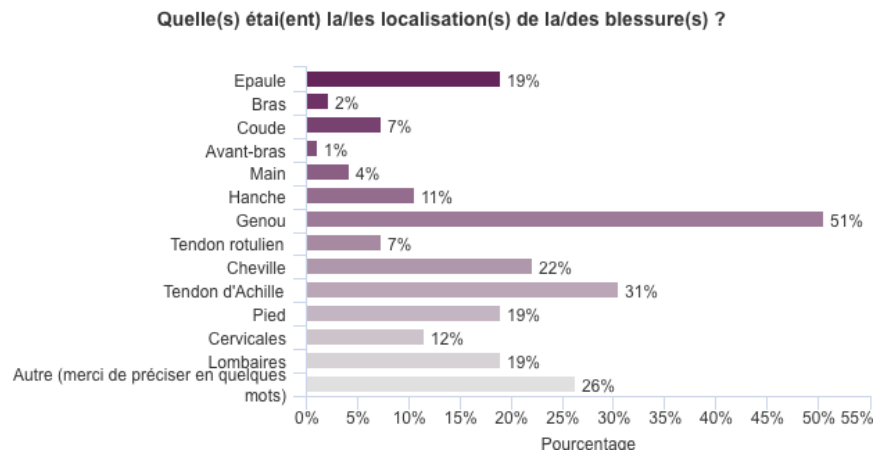


Figure 10. Localisations des blessures.

Types de blessures : Nous avons proposé 11 items. Les sujets pouvaient être exposés à plusieurs blessures, ils avaient la possibilité d'en cocher plusieurs. Dans notre échantillon, on observe que 57,9 % des blessures correspondent à des tendinopathies, 14,7 % à des périostites, 11,6 % à des fractures de fatigue, 6,3 % à des syndromes fémoro-patellaire, 23,2% à des syndromes de l'essuie-glace et 18,9% des athlètes ont subi des entorses. Ensuite, 16,8% présentaient des douleurs d'épaules, 12,6% des douleurs cervicales, 28,4 % des douleurs lombaires. Enfin, 18,9% ont présenté des contusions et/ou égratignures et 26,3% ont coché « autres ». Dans l'item « autres », les sujets pouvaient répondre librement en 3 mots maximum. Ici, on retrouve des douleurs de genou, des contractures musculaires (piriforme), un névrome de Morton, une chondropathie patellaire, une hydarthrose, une fibrose des ischio-jambiers, une aponévrosite, des fractures de côtes, une fasciite plantaire, une fissure d'un ménisque, des tendinopathies des psoas et du tendon achilléen et enfin des déchirures musculaires.

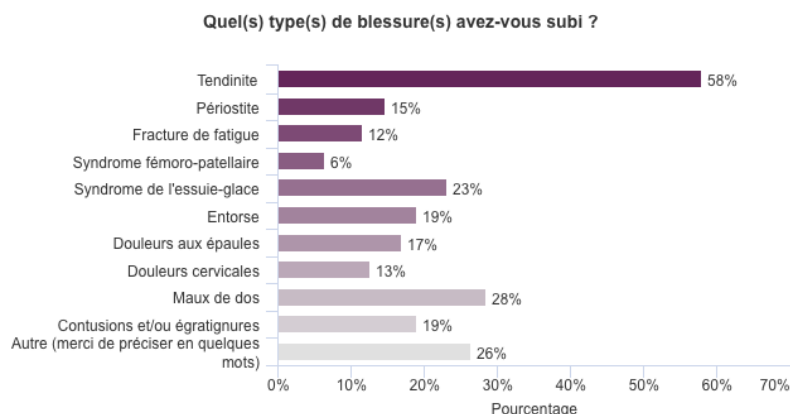


Figure 11. Types de blessures

Contexte d'apparition des blessures : 47,4% des blessures sont survenues lors d'un entraînement à distance des compétitions (période supérieure à deux mois avant une compétition). 38,9% sont apparues lors des entraînements en période de préparation à une compétition et 24,2% lors d'une compétition ou à la suite d'une compétition. Enfin 15,8% des sujets ont coché « autres » où l'on retrouve la survenue des blessures dans un contexte de chute, de reprise post-blessures précoce, de surentraînement chez des athlètes débutants le triathlon longue distance (Annexe 9). La période d'entraînement n'est pas significativement corrélée à la survenue des blessures ($P > 0,05$) (Annexe 10).

Disciplines où apparaissent les blessures : Les blessures peuvent survenir dans l'une des trois disciplines. Les athlètes ont pu se blesser dans plusieurs disciplines, ils avaient donc la possibilité d'en cocher plusieurs. On constate que 13,8% des blessures sont apparues en natation, 21,3% en cyclisme et 90,4% en course à pied. 7,4% des athlètes ont répondu « autres » où l'on retrouve le contexte professionnel, le home trainer, le fitness, la musculation et la vie quotidienne (Fig. 15). La course à pied est significativement associée à la survenue des blessures ($P < 0,01$) (Annexe 11).

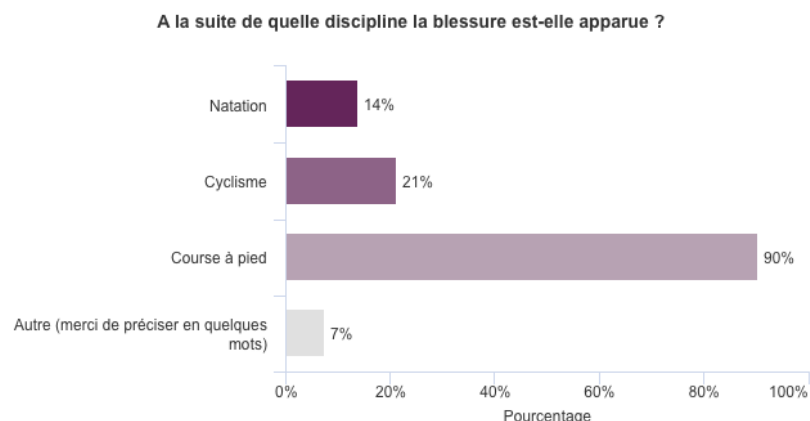


Figure 12. Disciplines où sont survenues les blessures.

Consultation d'un professionnel de santé : Après la blessure, 88,4% ont consulté un professionnel de santé. Parmi eux, 60% ont consulté leur médecin généraliste, 35,8% un médecin spécialiste, 57,9% un masseur-kinésithérapeute, 51,6% un ostéopathe, 22,1% un pédicure podologue, 2,1% un chiropracteur et 1,1% d'entre eux ont consulté un étiope (Annexe 12).

Traitements post-blessure : Dans 85,3% des cas, un traitement a été proposé aux athlètes. On retrouve le repos chez 25,3% des athlètes, la kinésithérapie chez 46,3%, les médicaments à hauteur de 4,2% et la chirurgie chez 2,1% des sportifs. 22% ont répondu « autres » où l'on retrouve des injections d'acide hyaluronique et des semelles orthopédiques (Annexe 13).

Conséquences des blessures : On observe que 11,6% des Ironmen n'ont pas eu de conséquences sur leur pratique sportive. En revanche, on constate que 30,5% ont diminué leur volume d'entraînement, 1,1% ont diminué la fréquence des compétitions et 42,1% ont arrêté partiellement leur activité (ils ont continué à s'entraîner dans les autres disciplines). Enfin, 9,5% ont arrêté totalement leur pratique dans les trois disciplines et 5,3% ont répondu « autres » avec une meilleure répartition des entraînements et l'installation d'une routine d'exercices pour prévenir les blessures.

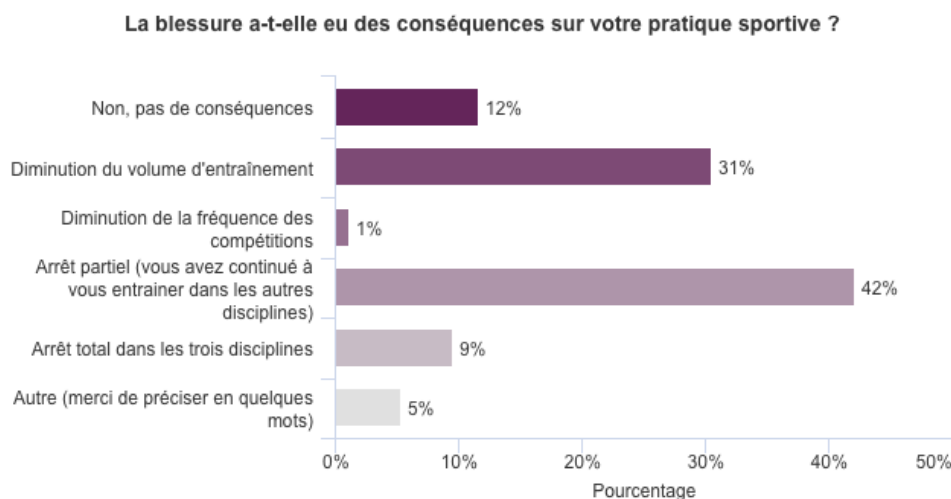


Figure 13. Conséquences des blessures sur la pratique sportive.

Temps d'arrêt et diminution de la pratique sportive post-blessure : Après une blessure, les athlètes doivent parfois arrêter partiellement ou totalement leur pratique. Les temps d'arrêts peuvent fluctuer selon le type, la localisation de la blessure et l'envie de l'athlète à s'arrêter. Parmi les 95 sujets interrogés, 58,9% ont arrêté partiellement ou totalement pendant 1 mois maximum, 27,4% ont arrêté entre 1 et 3 mois, 9,5% entre 3 et 6 mois et 4,2% étaient à l'arrêt pour une période supérieure à 6 mois (Annexe 14).

II.4 Les facteurs de risque

Connaissances des triathlètes : Nous avons interrogé les triathlètes sur leur connaissance des facteurs de risque en triathlon. Ils avaient la possibilité d'en choisir plusieurs. Il en ressort que pour 12,6% des interrogés les antécédents de blessures sont des facteurs de risque. Pour 33,7% le surentraînement l'est aussi, 16,8% pour l'absence de préparation physique spécifique, 7,4% pour une mauvaise qualité gestuelle, 5,3% pour un manque d'hydratation, 2,1% pour alimentation non équilibrée, 8,4% pour l'absence d'échauffement et enfin 5,3% pour l'absence d'étirements. Et pour 8% des sujets qui ont répondu « autres », on retrouve le manque de connaissance dans le domaine et l'addiction au sport d'endurance.

Parmi les propositions suivantes, quels sont pour vous les facteurs de risque principaux des blessures en triathlon ?

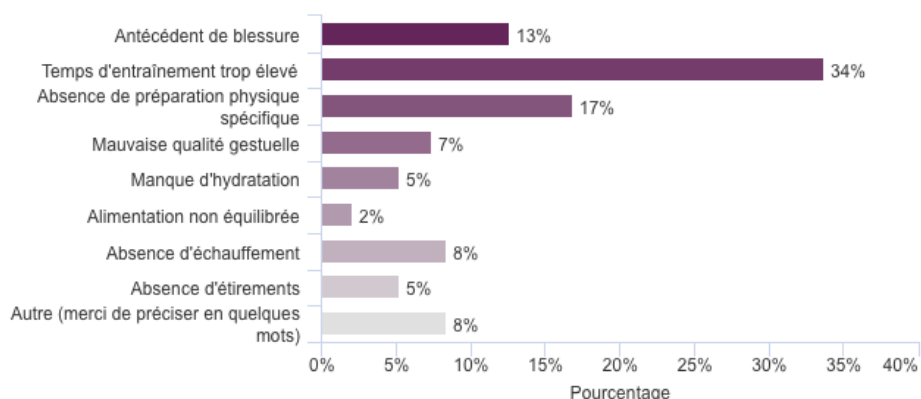


Figure 14. Facteurs de risque principaux des blessures en triathlon.

Temps d'entraînements : Les triathlètes ont été interrogés sur le temps total d'entraînements dans les trois disciplines, puis plus spécifiquement par discipline. On observe que le temps total moyen d'entraînement par semaine est de $11 \pm 3,4$ heures pour notre échantillon. Le temps investi en natation est de $2,7 \pm 1,5$ heures, en cyclisme $5,1 \pm 2,5$ heures, et en course à pied $3,2 \pm 1,1$ heures par semaine. Aussi, nous avons évalué le temps consacré à l'entraînement en période de préparation à une compétition et à distance des compétitions. En période de préparation à une compétition, les triathlètes consacrent en moyenne $14,2 \pm 3,5$ heures. A distance des compétitions, ils s'entraînent en moyenne $10,3 \pm 3,6$ heures par semaine (Annexe 10). Le temps et la charge d'entraînement sont significativement associés à la survenue des blessures ($P < 0,05$).

Récidives des blessures : La réapparition d'une même blessure s'observe chez 38,9% des athlètes interrogés (Annexe 15). La récurrence des blessures est un facteur de risque de blessures statistiquement significatif ($P < 0,01$) (Annexe 16).

II.5 Les stratégies préventives et la prise en charge

Préparation physique complémentaire : Nous souhaitons savoir si les athlètes effectuaient une préparation physique complémentaire aux trois disciplines. Dans notre étude, 57,9% réalisent une préparation physique complémentaire (Annexe 17). La préparation physique complémentaire n'est pas significativement corrélée à la diminution du nombre de blessures ($P > 0,05$) (Annexe 18).

Exercices spécifiques préventifs : Nous souhaitons également savoir si les triathlètes mettaient en place des exercices spécifiques dans l'objectif de réduire voire d'éviter les blessures. Parmi les 95 personnes, aucune ne suit un protocole préventif spécifique guidée. En revanche, 68,4 % des athlètes

réalisent des exercices spécifiques à visée préventive (Annexe 19). Parmi les 68,4 % qui réalisent des exercices à visée préventive, 56,8% réalisent du renforcement musculaire, 56,8% du gainage, 53,7% des assouplissements/étirements, 33,7% des exercices de stabilité, d'équilibre et de proprioception. Et 4,2% ont répondu « autres » avec le yoga et l'automassage (*Fig. 24*). Les exercices préventifs ne sont pas significativement corrélés à la diminution du nombre de blessures ($P > 0,05$) (Annexe 20).

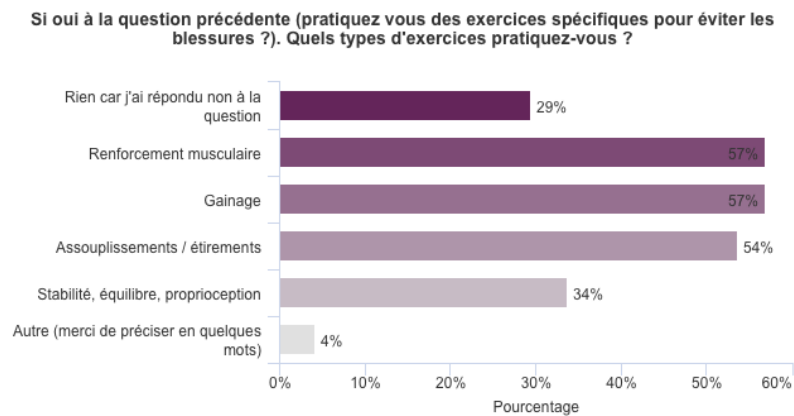


Figure 15. Types d'exercices spécifiques pour éviter les blessures.

Bilan médical de présaison : La définition d'un bilan médical de présaison spécifique a été transmise aux athlètes (réalisation d'examens et de tests spécifiques en plus du certificat d'aptitude du médecin). On constate que 22,1 % réalisent un bilan médical de présaison et que 77,9% n'en réalisent pas. Parmi les personnes qui déclare réaliser un bilan médical de présaison spécifiques, 2,4% réalisent un test de force musculaire, 4,9% une mesure des amplitudes articulaires, 3,7% réalisent une analyse de la marche, 11% une analyse de la posture et 12,2% réalisent un électrocardiogramme. 11% ont répondu « autres » avec un test d'effort cardio-vasculaire, un test de vitesse maximal aérobie ou encore un bilan sanguin (Annexe 21).

Discussion

I. Intérêt de l'étude et discussion des résultats

Les disciplines du triathlon longue distance semblent voir leurs nombres de participants augmenter chaque année. En France, le nombre de licenciés est passé de 22 000 en 2005 à 50 000 en 2016 soit 130 % de plus en dix ans. Le nombre de clubs a également augmenté avec 530 clubs en 2005 à 809 en 2015 (3). La caractéristique commune des triathlètes serait le volume d'entraînement car l'objectif est de performer dans les trois disciplines. De ce fait, cela engendrerait des blessures de l'appareil locomoteur. Comme pour toute pratique sportive, il semblerait judicieux de mener à bien une réflexion sur des actions préventives. Celles-ci se justifieraient pleinement au vu du peu d'études de haute qualité scientifique sur le sujet. Face à ce constat, notre question de recherche est la suivante : Appliquer une stratégie préventive spécifique aux triathlètes Ironmen permettrait-elle de réduire la survenue des blessures de surcharge ?

Afin de répondre à cette question, il est nécessaire de répondre à des sous questions de recherche : Existerait-il des différences et similitudes sur les blessures entre la littérature et notre questionnaire ? La connaissance des pathologies spécifiques au triathlon nous aiderait-elle à prévenir les blessures ? L'identification et la compréhension des facteurs de risque prédisposants réduiraient-elles le nombre de blessures ? Agir sur les facteurs de risque apporterait-il une diminution des blessures de surcharges ? Existerait-il un manque de prévention et ainsi le MK aurait-il un rôle crucial à jouer dans la stratégie préventive du triathlète ? Une stratégie préventive aurait-elle une influence sur la fréquence d'apparition des blessures de surcharge ?

I.1 Caractéristiques générales

L'échantillon est composé de 22,1% de femmes et 77,9% d'hommes. Dans notre enquête, la répartition des femmes et hommes se rapproche de la réalité. On observe plus d'hommes que de femmes mais d'après une étude, le nombre de participantes seraient en augmentation. Aux États Unis, le nombre de femmes membres de USA Triathlon seraient passé de 27% à 37 % en 2014 (98). L'âge moyen de notre échantillon est de $38.3 \pm 12,2$ ans, ces données coïncident avec la littérature puisqu'en 2011, sur les 2,9 millions de participants de la United States Triathlete Association, plus de 43 % avaient 40 ans et plus (98). Concernant les mesures anthropométriques, la taille moyenne de notre population est de $176 \pm 9,2$ cm avec un poids de $70,3 \pm 11$ kg. Parmi eux, 77% sont licenciés à la F.F.TRI ou dans un club de triathlon et ils réalisent tous au moins une compétition longue distance par an.

I.2 Ironman et blessures

Nombre de blessures : Les blessures retrouvées chez les triathlètes longue distance seraient fréquentes. 97 % de notre échantillon a subi au moins une blessure ces dix dernières années et parmi eux 73 % ont subi moins de cinq blessures, 20 % plus de cinq et 4 % ont subi plus de 10 blessures. Le pourcentage total semble élevé mais cela corrobore avec l'incidence des blessures rapportées dans la littérature. Dans les études, la déclaration d'au moins une blessure varierait de 37% à 91% chez les triathlètes interrogés (6). Concernant les blessures, les chiffres ne sont pas exorbitants car 73 % ont subi moins de cinq blessures sur 10 ans. Nous pouvons comparer ces données à l'étude de Zwingenberger et al. (4) qui estimerait le taux de blessure entre 1,39 à 2,5 par 1000 heures d'entraînement. Ceci pourrait être expliqué par la variation des disciplines et donc par des sollicitations moins exclusives des structures musculosquelettiques spécifiques. Il serait cependant nécessaire de prendre davantage de recul car d'autres études montre que le taux de blessures augmenterait jusque 33 blessures pour 1000 heures d'entraînements (103). Cela s'expliquerait par l'hétérogénéité des études, par la définition même d'une blessure selon les études, aux caractères rétrospectifs de celles-ci et à d'autres paramètres à prendre en considération. Beaucoup de blessures apparaîtraient en triathlon mais des bienfaits en ressortiraient également. Par exemple, une étude a montré les bénéfices du triathlon chez des femmes de plus de 40 ans sur leur santé, leur bien-être, la lutte contre la sarcopénie, la souplesse et le système cardiovasculaire (98).

Types et localisation de blessures : Les pathologies de surcharge seraient prédominantes et représenteraient 56 % à 71 % selon les études. Elles se définissent comme « une lésion du système musculosquelettique qui résulte de la répétition de charges sous maximales appliquées sur une période de temps inférieure aux capacités d'adaptation des structures spécifiques » (11). Plus simplement, c'est un tissu endommagé lié à des événements microtraumatiques répétitifs qui seraient trop importants et fréquents pour que le tissu se répare. Au fil du temps, cette panne constante sans période de récupération et de réparation pourrait submerger le tendon, le cartilage, l'os ou le muscle et ainsi entraîner une blessure due au surmenage (104). L'enquête que nous avons menée rejoindrait ces chiffres puisque l'on remarque que 65,3% seraient des blessures de surmenage. D'autres blessures seraient également observées comme les blessures macrotraumatiques qui sont minoritaires (19 %) et correspondraient à des contusions, des fractures et des entorses. Dans la littérature, le taux est également plus faible puisqu'elles représenteraient environ 15% des blessures (6).

La région la plus fréquemment touchée par les blessures serait le membre inférieur à hauteur de 65 % contre 25 % pour les membres supérieurs et 8% pour le tronc (4). D'après d'autres études plus anciennes, les membres inférieurs resteraient en première position avec un taux de blessures entre 36 et 85%. Le rachis et l'épaule seraient également identifiés comme sites de blessures pouvant aller

jusque 72% et 19% respectivement (6). Ces dernières données sont citées pour montrer que les résultats diffèrent selon les études et pourraient être limités par les niveaux de détail et la terminologie utilisée pour les différentes régions du corps blessées. Certaines études par exemple orientent presque exclusivement leurs questionnaires sur le membre inférieur et le rachis lombaire bien que la définition de blessure fournie indiquerait explicitement « ... tout problème d'os ou de tissus mous... ». Cet exemple montre que des blessures pourraient être sur-déclarées (ici les membres inférieurs) et d'autres seraient sous-déclarées (les membres supérieurs ou le tronc) (6). Mais globalement, les données seraient relativement cohérentes entre les différentes études qui mentionnent les localisations des blessures (4). Les taux recueillis par le questionnaire seraient similaires puisque les membres inférieurs représenteraient 68 % des blessures rencontrées, les membres supérieurs 35 % et le rachis 39,5 %.

Aux membres inférieurs les sites lésionnels les plus touchés seraient le genou (20 %) et la jambe (21%). Suivent de près, la cuisse (10%), le pied (9%) et la cheville (4%) d'après l'étude de Zwingenberger et al. (4) réalisée sur 212 triathlètes sur une période d'un an. D'autres études montrent que les blessures au genou peuvent s'estimer de 14 à 63% et de 9% à 35 % pour le pied et la cheville (6). Les données des 95 triathlètes interrogés se rapprocheraient de la littérature puisque le genou arriverait en première position avec 51 % des blessures subies et la cheville et le pied 20,5%. Le tendon achilléen serait touché dans 31 % des cas contre 10% dans la littérature (13). Les cervicales et les lombaires seraient respectivement citées dans 12 % et 26 % des sites lésés.

Types de blessures principalement rencontrés : Au membre inférieur, la nature des lésions semble proche de celle que l'on retrouve en course à pied. Le problème rencontré dans la littérature serait que les blessures spécifiques au triathlon sont rarement renseignées en raison du caractère multifactoriel qui complique la tâche des scientifiques. Une étude spécifique au triathlon a recensé que 46% des blessures seraient tendineuses ou musculaires, 32 % des lésions capsulaires et/ou ligamentaires et 22% des dermabrasions/contusions (9). Une autre étude rétrospective réalisée sur des triathlètes Allemand de haut niveau aurait recensé 23 % de fractures de fatigue (15). Les taux recueillis par le questionnaire semblent aller dans le sens de la littérature car parmi les 95 athlètes 58 % auraient subi une tendinopathie et 19% auraient subi des contusions ou dermabrasions,

En reprenant les données citées précédemment, les données d'une revue systématique réalisée en 2018 et les données du questionnaire, on pourrait dire que les pathologies de surcharge des membres inférieurs en triathlon seraient essentiellement des tendinopathies qu'elles soient achilléennes, patellaires ou glutéales, des syndromes de la bandelette ilio-tibiale (syndrome de l'essuie-glace), des périostites (essentiellement tibiales), des fractures de fatigue, des syndromes fémoro-patellaires et des

aponévrosites plantaires. Isolément, on retrouve aussi des lésions méniscales, des lésions musculaires à la cuisse et au mollet.

Au membre supérieur, 17 % des Ironmen interrogés déclarent avoir eu des douleurs d'épaule et la littérature indique que les blessures d'épaule chez les Ironmen représenteraient 19%. En effet, la natation pourrait entraîner des tendinopathies de la coiffe des rotateurs, des conflits articulaires et d'autres conflits spécifiques à l'épaule (superficielle primaire et secondaire).

Les blessures du rachis seraient aussi fréquentes. La littérature signale que 72 % des Ironmen auraient subi des douleurs au niveau de la colonne vertébrale (cervicales, thoraciques ou lombaires) (6) et l'enquête montrerait que 28 % des athlètes auraient également subi des dorsalgies-lombalgies et 13 % de cervicalgie. Au vu des données recueillies ci-dessus, les blessures de surcharge aux membres inférieurs seraient très fréquentes mais les douleurs d'épaule et de rachis le seraient aussi. Elles devraient également être prises en compte.

Disciplines d'apparition des blessures : C'est la course à pied qui occasionnerait la majorité des blessures microtraumatiques, principalement au membre inférieur. Le taux de blessures chez les triathlètes serait supérieur à celui des athlètes qui n'auraient pratiqué que la natation, le vélo ou la course mais il serait similaire au taux observé chez les coureurs (6). En 2015, Burns et al. (8) ont réalisé une enquête prospective et rétrospective sur 133 triathlètes et démontre que 71 % des blessures seraient attribuables à la course, 5% au cyclisme, 2% à la natation et les 22 % restant à la préparation physique et d'autres activités sportives. Selon d'autres études, les blessures en course à pied iraient de 41 à 91%, en cyclisme entre 5% et 30% et en natation entre 1 à 12% des blessures signalés en triathlon (6). Notre enquête rejoint les données sur les disciplines en cause des blessures. La course à pied serait en première position avec 90%, le cyclisme en seconde position avec 21% et la natation avec 14%. Les pourcentages ne sont pas égaux à 100% car les athlètes avaient la possibilité de répondre une, deux ou trois disciplines selon les blessures encourues. Enfin, 7% des blessures de notre échantillon auraient subi des blessures lors de la préparation physique. Une étude réalisée en 2019 par Priego Quesada et al. (105) a été réalisée uniquement sur des cyclistes et montre une majorité de non blessés. Cela démontre peut-être que le taux de blessures serait plus élevé chez des athlètes qui pratiquent plusieurs activités et pourrait s'expliquer par une qualité gestuelle diminuée.

Temporalité d'apparition des blessures : La littérature nous indique que l'apparition des blessures surviendrait principalement pendant l'entraînement plutôt qu'en compétition. Les blessures liées à l'entraînement représenteraient 75 et 83 % du nombre total de blessures signalées tandis que le pourcentage de blessures survenues pendant une compétition varierait 8 à 28% (6). Notre étude montre que 86 % des blessures surviendraient à l'entraînement contre 24% en compétition. Lorsqu'on

rapporte les taux de blessures en termes d'heures d'entraînement à distance ou autour d'une compétition, le taux de blessures serait plus élevé autour de la compétition. 17,4 blessures seraient retrouvées par 1000 heures d'entraînement en période de compétition et 0,7 à 5,5 blessures par 1000 heures d'entraînement à distance d'une compétition (6). La période autour de la compétition est définie à 2 mois. Zwungenberger et al. (9) rejoindraient ces données car ils retrouvent une incidence de 18,45 blessures par 1000 heures d'entraînement en période de compétition contre la moitié à distance d'une compétition. Ils concluent d'ailleurs que le facteur de risque principal en triathlon serait le fait de prendre part à une compétition. Sur ce point, nos données ne se rejoignent pas car dans le questionnaire, il est retrouvé que 47% de blessures surviendraient à distance des compétitions et 39% en période de compétition. Cela est peut-être dû à la taille de notre échantillon qui ne serait pas comparable aux études auxquelles on se compare.

Conséquences de blessures : Les blessures pourraient avoir pour conséquences un arrêt partiel ou total de l'activité. Dans notre étude, peu de personnes ne déclarent n'avoir eu aucune conséquence (12%) alors que 31% des athlètes auraient diminué leur volume d'entraînement, 42 % auraient arrêté partiellement (i.e. qu'ils ont arrêté dans la discipline qui a sollicité le site de leur blessure mais s'entraînaient dans celle qui ne le sollicitait pas). En revanche, seulement 9 % auraient arrêté totalement leur activité dans les trois disciplines. La majorité des blessés auraient seulement diminué le volume d'entraînement et arrêté que partiellement. Cela concorde avec les données de la littérature. En effet, ce serait l'avantage du triple effort. Le triathlon a la particularité d'associer trois disciplines qui sollicitent des structures anatomiques différentes (106). Cette spécificité serait d'ailleurs profitable aux entraîneurs qui l'utilisent à bon escient afin d'éviter les surutilisations musculosquelettiques et par ailleurs d'optimiser la récupération. Par exemple, dans le cas d'une blessure en course à pied, le sportif pourrait compenser ses heures d'entraînement en natation et en cyclisme afin d'entretenir sa forme physique et sa capacité cardio-respiratoire. Cependant, certaines structures anatomiques seraient sollicitées dans les mêmes disciplines comme le tendon achilléen qui est impliqué en course à pied à et à vélo. Ou encore le conflit d'épaule apparu en natation mais exacerbé à vélo lors de la position aérodynamique. Des consignes sur le repos relatif devraient donc être données à l'athlète (107) .

Temps d'arrêt à la suite d'une blessure : Le temps d'arrêt partiel ou total à la suite d'une blessure est pour la majorité de notre échantillon inférieure ou égale à 1 mois (59%) ce qui montre que le repos serait toujours relatif mais correspond aux données de la littérature. En effet, la science fondamentale sur le système musculosquelettique soutient qu'à la suite d'une blessure, il serait nécessaire de modifier ses activités pendant 3 à 4 semaines. Après une blessure de surmenage, certains auteurs

préconisent de respecter la « règle des 7 » qui serait adaptée pour l'entraînement multisports (104). Lors de l'apparition de la blessure de surmenage il serait recommandé de s'absenter complètement 7 jours de toute activité aggravante et de se concentrer sur l'entraînement croisé dans les autres disciplines qui solliciteraient d'autres groupes musculosquelettiques. Si, après 7 jours l'athlète ne souffre plus, il faudrait passer à la période des 7 jours suivante qui consisterait en un entraînement lent et facile tout en effectuant l'activité qui a causé la blessure. S'il n'y a toujours pas de douleur après le 14^e jour, on passerait à la troisième phase. La troisième phase consisterait à augmenter progressivement l'intensité et la durée sur 7 jours. A la fin de cette période de 21 jours, l'athlète devrait être prêt à reprendre l'entraînement à vitesse et intensité antérieure à la blessure. Si à un moment quelconque d'une phase de 7 jours, l'athlète ressent une douleur, il devrait revenir à la phase précédente et la prolonger aussi longtemps que nécessaire. Une autre alternative serait possible, celle de l'arrêt complet pendant 3 à 4 semaines. Cependant, il serait probable que les athlètes ne soient pas observants à ces dernières propositions. La règle des sept serait une approche raisonnable pour les triathlètes réfractaires à l'arrêt total.

Consultation post-blessures : Dans notre enquête, un nombre élevé de triathlètes auraient consulté à la suite de leur blessure (88,4%) et les deux professionnels de santé les plus consultés seraient le médecin généraliste (60%) et le masseur-kinésithérapeute (58%). En effet, lorsqu'une pathologie survient, une douleur lui serait associée. Et le délai de prise en charge de cette douleur pourrait varier d'un individu à un autre en fonction du vécu personnel d'autres pathologies, de la tolérance à la douleur ou encore des connaissances générales sur les blessures de l'appareil locomoteur. Il serait préconisé de consulter dès qu'une douleur a des répercussions négatives sur les entraînements (fréquence, durée, intensité). Cette consultation serait une première étape essentielle car la littérature révèle que dans de nombreux cas le diagnostic serait imprécis et les traitements seraient inadaptés par manque de spécificité (108). Cela montre aussi que le rôle du masseur-kinésithérapeute serait essentiel dans la prise en charge de la prévention et des blessures des athlètes d'ultra-endurance.

Traitement post-blessures : La prise en charge médicale et paramédicale du triathlète longue distance est un processus complexe car de nombreux facteurs entrent en jeu. Seraient à prendre en considération, le vécu et l'expérience de l'athlète, la disponibilité et le degré d'expertise de l'encadrement médical et paramédical, la compliance au traitement de la part de l'athlète en termes de soins et de diminution de la charge d'entraînement ainsi que d'autres facteurs propres à chacun (âge, antécédents, statut psychologique). Les données de notre enquête concordent avec la littérature puisque 60% auraient consulté leur médecin, 46 % des traitements proposés seraient de la masso-kinésithérapie et pour 25 % le repos. En effet, la littérature indique le traitement initial d'une blessure

de surmenage et consisterait à arrêter temporairement l'entraînement ou réduire le kilométrage, de consulter son médecin et de traiter les tissus atteints (104).

La prise en charge du triathlète serait donc pluridisciplinaire. Comme le montre la littérature, les différents intervenants établiraient ensemble une stratégie thérapeutique à laquelle chacun participera. Le masseur-kinésithérapeute réaliserait des bilans fonctionnels spécifiques à la pathologie, proposerait des exercices spécifiques, effectuerait des traitements manuels et initierait l'athlète à l'auto-rééducation. Et s'il y a un entraîneur et un préparateur physique, l'entraîneur répartirait et adapterait les entraînements et le préparateur physique adapterait les charges des séances et des exercices. Le médecin, quant à lui, dresserait le bilan d'évolution et adapterait la prise en charge en concertation avec l'athlète et les intervenants. Cette collaboration permettrait d'éviter les situations de non-évolutions et les échecs thérapeutiques (3). La perception des blessures de la part de l'athlète et du professionnel de santé influencerait probablement la prise en charge. Des études ont révélé que pour l'athlète le risque perçu de blessure grave serait plus élevé pour le cyclisme. La course à pied serait le plus souvent liée à des blessures mineures. Les facteurs physiques et environnementaux (parcours, météo), l'expérience, le niveau de compétence et les transitions seraient perçus comme des facteurs pouvant contribuer aux blessures (109). Pour les professionnels de santé, la perception du risque de blessure chez les triathlètes pourrait être divisée en cinq facteurs : biomécanique, entraînement, démographie, prévention des blessures et facteur personnel. Ils divisent également la prévention des blessures en trois : schémas d'entraînement, suivi médical et préparation physique des athlètes (110).

I.3 Les facteurs de risques prédisposants

En triathlon, les facteurs de risque seraient spécifiques. Ils ne pourraient se résumer à l'addition des facteurs de risque dans les trois disciplines. Cependant, la pauvreté des données scientifiques sur les facteurs de risque du triathlon pris de manière isolés sont rares. Nous nous sommes donc basés sur le peu d'études qui ont traité le sujet.

Nous souhaitons découvrir les connaissances des triathlètes sur les facteurs de risque afin d'observer s'ils sont bien identifiés. Pour mettre en place un programme de prévention efficace, la sensibilisation aux différents facteurs de risque est essentielle. Dans le questionnaire, nous n'avons pas délimité les facteurs de risque intrinsèques et extrinsèques. Nous allons donc les délimiter dans cette partie en comparant les données à la littérature scientifique. Un facteur de risque intrinsèque est un facteur personnel interne qui peut contribuer à une blessure sportive, tandis qu'un facteur extrinsèque est un facteur environnemental externe, qui peut lui aussi contribuer à une blessure.

Parmi les **facteurs de risque intrinsèques**, la littérature considèrerait les antécédents de blessures comme facteur de risque le plus important avec une preuve scientifique forte (111). Notre échantillon le positionne en troisième position avec 13% seulement. Dans l'échantillon, 97 % se seraient blessés, et parmi eux 39 % ont récidivé. Ces données montrent donc bien qu'une première blessure aurait tendance à fragiliser les structures anatomiques et provoquerait à nouveau la même blessure. Les qualités biomécaniques, la force musculaire et le nombre d'années d'expérience seraient considérés comme facteurs de risque de preuve moyenne (6). L'échantillon des 95 Ironmen aurait bien identifié ces différents facteurs puisque la préparation physique spécifique représenterait 17% et les années d'expérience 8%. L'âge, le genre et les mesures anthropométriques seraient considérés comme facteur de risque faible au niveau de la science. Le genre masculin ou féminin ne semble pas influencer le degré d'exposition aux blessures mais la nature des blessures pourrait partiellement dépendre du genre : les fractures de stress sont plus fréquentes chez les femmes. Ces fractures de stress seraient souvent associées à une particularité présente chez les femmes, le RED-S (relative energy deficiency in sport). Il se définirait comme un déséquilibre entre les apports caloriques et la dépense énergétique avec des troubles menstruels et des effets potentiellement délétères sur l'os (112). Les fractures de stress et autres blessures ne seraient pas supérieures chez les femmes que chez les hommes puisque 97% ont été blessés au moins une fois.

Parmi les **facteurs de risque extrinsèques**, la charge d'entraînement serait le facteur de risque le plus puissant avec une preuve scientifique élevée. La population d'étude l'aurait identifié comme facteur de risque numéro 1. Une revue systématique récente aurait clairement identifié la relation entre la charge de travail et l'apparition de blessures (113). Un lien significatif est retrouvé dans l'échantillon entre la charge d'entraînement et le risque de blessures ($P < 0,05$). Les blessures microtraumatiques seraient probablement liées à une inadéquation entre la charge d'entraînement et la capacité des tissus à tolérer celle-ci. Les Ironmen consacraient beaucoup de temps à l'entraînement. En effet, l'étude prospective d'Andersen et al. (9), réalisée sur 174 triathlètes qui se préparaient au Norseman (Ironman) relate un volume total hebdomadaire moyen de 11h et un nombre d'heures par discipline de 1.4h en natation, 5.8h en cyclisme et 2.9h en course à pied. Ces données concordent avec notre étude puisque nous observons chez les 95 athlètes interrogés un temps total moyen d'entraînement de 11 ± 3.4 heures et respectivement 2.7 ± 1.5 , 5.1 ± 2.5 , $3,2 \pm 1,1$ heures en natation, cyclisme et course à pied. De plus, Burns et al. (8) ont montré que le temps d'entraînement augmenterait autour de la compétition. En effet, dans notre échantillon le temps d'entraînement autour de la compétition ($14,2 \pm 3,5$ heures) est supérieur au temps accordé à distance des compétitions ($10,3 \pm 3,6$ heures), le risque de blessures serait donc majoré. La connaissance des symptômes et l'identification rapide du surentraînement constitueraient la première étape de la prévention et du traitement. La quantification

de la charge de travail serait une composante centrale pour toute stratégie préventive. L'objectif serait de trouver un équilibre entre la charge interne et externe mais selon Mujika (89) il n'existerait pas de gold standard pour mesurer cette charge de travail. La méthode utilisée dépendrait de plusieurs paramètres (faisabilité, rapport cout/efficacité). La charge externe se définit comme tout stimulus extérieur appliqué à un athlète indépendamment de ses caractéristiques internes. La charge interne correspond à la réponse d'un individu à la charge externe imposée.

D'autres **facteurs de risque extrinsèques** sont identifiés secondairement par les athlètes interrogés comme l'absence d'échauffement et d'étirements, un manque d'hydratation et une alimentation non équilibrée. Ces facteurs joueraient un rôle dans la forme physique de l'athlète mais feraient preuve d'une scientificité modérée à faible pour la littérature (47). Ils seraient cependant importants à prendre en compte dans le développement d'un programme de prévention (101). Pour la littérature, plusieurs facteurs n'auraient pas encore été étudiés de façon précise mais cela nous permet de réaliser quand même un état global des lieux (100). Les données du questionnaire montrent que les facteurs de risque seraient globalement bien identifiés pour certains mais pour d'autres il y aurait un manque de connaissance sur les facteurs de risque. En tant que professionnel de santé, nous avons donc le devoir d'expliquer et de mettre en avant les différents facteurs de risque par ordre d'importance.

I.4 La prévention

Le triathlon est un sport exigeant en termes de volume d'entraînement, c'est pourquoi les mesures de prévention primaire et secondaire devraient être appliquées systématiquement car elles influencent l'apparition des blessures microtraumatiques mais aussi la durée et la réponse aux traitements de celles-ci.

Préparation complémentaire et exercices spécifiques en vue d'une prévention : Le renforcement musculaire global et spécifique serait un pilier de la prévention des blessures de surmenage en triathlon (104). On remarque que 58 % de notre échantillon effectue une préparation physique complémentaire en plus des entraînements mais nous ne savons pas précisément ce qu'ils réalisent. 68% réaliseraient des exercices spécifiques en vue d'une prévention avec du renforcement musculaire en premier lieu puis du gainage, des étirements et des exercices de proprioception. 87,3% des triathlètes interrogés souhaiteraient prévenir les blessures. En revanche, nous ne savons pas exactement quels exercices sont réalisés, s'ils sont correctement réalisés et à quelle fréquence.

L'objectif commun serait d'entraîner le corps aux efforts spécifiques du triathlon. De Blaiser et al. (91) ont identifié qu'une faiblesse du contrôle postural dynamique ainsi que de la force et de l'endurance des muscles du tronc seraient associés à un risque accru de développer des lésions de surcharge aux membres inférieurs. C'est pourquoi un travail de Core stability apparaîtrait essentiel

au regard de cette étude. De plus, un renforcement global des membres supérieurs et inférieurs permettrait d'améliorer significativement la capacité musculo-tendineuse à résister à une charge imposée. Grâce à différents articles, il semble qu'un entraînement de force permettrait une meilleure prévention des lésions aiguës que de surcharge. Des exercices de renforcement classiques des fléchisseurs et extenseurs des trois grandes articulations pourraient être réalisés. Il conviendrait cependant de réaliser des exercices plus spécifiques des abducteurs de hanche car il serait possible qu'une faiblesse des abducteurs de hanche favorise l'apparition d'un syndrome de l'essuie-glace ou fémoro-patellaire (94). L'automassage et le massage pratiqué par un MK pourraient également trouver leurs places. Ils permettraient à court terme, de diminuer les douleurs et la fatigue locales (99). Non pas en termes de prévention directe des blessures mais pour réduire douleur et fatigue et ainsi récupérer la vigilance musculaire après un effort de longue distance. Les adaptations neuromusculaires réduiraient la demande métabolique et amélioreraient les performances. Une différence de recrutement des muscles des membres inférieurs lors d'une épreuve de cyclisme aurait été mise en évidence entre l'entraînement mono-disciplinaire et multidisciplinaire. Ce phénomène expliquerait peut-être le fait que les triathlètes soient davantage blessés par rapport aux athlètes qui pratiquent une seule activité physique. L'entraînement continu dans une seule discipline conduirait à une structuration plus raffinée du recrutement des muscles (114).

Bilan médical de présaison : Le bilan médical de présaison aurait pour objectif de recenser tous les éléments susceptibles de concourir à la survenue d'une blessure. Des auteurs se sont consacrés à étudier l'impact d'un bilan médical de présaison avec suivi lors de la saison dans un club du British Triathlon et au Manchester United Football Club. Le fait de réaliser un bilan médical spécifique de présaison avec identification des antécédents de blessures, évaluation des amplitudes articulaires et de la force musculaire, la réalisation d'un ECG, d'un bilan sanguin, d'une spirométrie et d'une analyse des traitements médicamenteux avec suivi permettrait de mieux anticiper les blessures et améliorerait la prise en charge et les soins. Cela participerait à diminuer l'apparition des blessures ou d'en diminuer la gravité mais ne se donnerait pas la prétention de prévenir entièrement les blessures. Il n'existerait pas de bilan ou de surveillance parfaite mais des lignes conductrices pourraient être appliquées (108). Lors de l'analyse des résultats, il est observé qu'à la première question « réalisez-vous un bilan spécifique », 77,9% réalisent un bilan médical. Alors qu'à la question qui suit sur les examens proposés au bilan, on retrouve 33% de triathlètes qui réalisent des examens spécifiques. On en déduit que 67% de personnes ne réalisent pas de bilan. Cette différence entre les deux questions, pourtant similaires, montre que les athlètes rencontreraient des difficultés pour définir le bilan de présaison et d'en voir son intérêt.

Dans notre échantillon, seulement 22,1 % réalise un bilan de présaison. Ceux ayant réalisé un bilan médical spécifique ont subi un ECG (12%), une analyse de posture (11%), autres (11% bilan sanguin), des tests des amplitudes articulaires (5%), une analyse de la marche (4%), des tests de force musculaire (2%). Le taux des personnes ayant subi un bilan spécifique est faible, ceci pourrait être expliquer en partie l'apparition plus importante de blessures. Il apparaîtrait indispensable de sensibiliser les triathlètes à réaliser un bilan médical avant d'entreprendre toute activité.

Le manque d'études prospectives de qualité portant sur l'incidence des blessures dans le triathlon et les facteurs contribuant à leur survenue conduiraient à une difficulté à éclairer de façon adéquat le développement de stratégies de prévention des blessures. Cependant, les études auraient clairement identifié que le suivi d'un protocole de prévention théorique serait essentiel. Il en existerait plusieurs mais nous en décrirons deux ici car il nous semble les plus adaptés à notre sujet. On décrira le modèle de Van Mechelen et al. (1) et le TRIPP (52). Le modèle de Van Mechelen et al. comporte 4 étapes : la première serait le recensement des données épidémiologiques (incidence et sévérité des blessures) au sein d'une population cible. La seconde serait d'identifier et comprendre les facteurs de risque et les mécanismes lésionnels de la pathologie en question. La troisième correspondrait à la mise en place des mesures préventives et enfin la dernière à mesurer l'efficacité des mesures préventives. Le modèle TRIPP (Translating Research Into Prevention Practice) serait la continuité de ce premier modèle. Les auteurs ont ajouté deux étapes qui seraient de décrire le contexte réel d'intervention pour favoriser son implémentation et d'évaluer l'efficacité des mesures dans le contexte réel.

II. Suivi des blessures entre deux groupes

Considérons deux groupes : un groupe ayant suivi des exercices de prévention et un groupe n'ayant pas suivi d'exercices de prévention. 33 personnes sur 95 n'utilisent pas d'exercices de prévention, et parmi eux, 8 ont subi plus de 5 blessures. Sur les 62 athlètes restants, 16 ont subi plus de 5 blessures. 68,4% (soit 62 personnes) réalisent des exercices de prévention contre 31,6% (soit 33 personnes) qui n'en réalisent pas.

Tableau IX. Nombre de blessures en fonction de la réalisation d'exercices de prévention.

	Pas d'exercices préventifs	Exercices préventifs	Total
< 5 blessures	25	46	68
> 5 blessures	8	16	24
Total	33	62	95

On souhaite savoir si les exercices de prévention réalisés par les triathlètes ont une influence sur la survenue des blessures. Nous utilisons le test du Khi 2 d'indépendance car nous cherchons à faire une comparaison entre deux variables. Le but est de savoir s'il y a un lien entre les exercices de prévention et le nombre des blessures. Seulement 3 athlètes n'ont pas subi de blessures et nous avons choisi de réaliser le test statistique avec les deux variables « inférieur à cinq blessures » et « supérieur à cinq blessures ». Nous avons inclus les trois triathlètes n'ayant pas subi de blessure avec le groupe « inférieur à cinq blessures ».

Pour un risque de 1^{ère} espèce alpha de 5% ;

1. On pose les hypothèses :

H0 : il n'y a pas de lien entre les exercices de prévention et le nombre des blessures

H1 : il y a un lien entre les exercices de prévention et le nombre de blessures

2. Calcul des effectifs théoriques : $e_{ij} = \frac{n_{j.}t_{i.}}{N}$

$$e_{11} = \frac{33 \times 68}{95} = 23,6 \quad e_{12} = \frac{62 \times 68}{95} = 44,4$$

3. On obtient le tableau des effectifs théoriques :

	< 5 blessures	> 5 blessures	Total
Exercices préventifs	23,6	44,4	68
Pas d'exercices préventifs	8,3	15,7	24
Total	33	62	95

4. On vérifie les conditions d'applications : les effectifs théoriques e_{ij} sont tous ≥ 5 donc la condition d'application est vérifiée.

5. On calcul la statistique de test ; sous H0 :

$$X^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k \frac{(o_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \sim X_{(p-1)(k-1)}^2 \text{ ddl}$$

$$X^2 = \frac{(25 - 23,6)^2}{23,6} + \dots + \frac{(16 - 15,7)^2}{15,7} = 0,157$$

6. On calcule le risque alpha : pour un risque alpha de 5%, la valeur du quantile de la loi du X2 à (2-1)(2-1) = 1 ddl. La valeur du quantile vaut 3,84.

7. On en déduit la région critique :

$$W = [3,84 ; +\infty[$$

8. La valeur de la statistique de test observée ($X = 0,157$) n'appartient pas à la région critique, donc on accepte l'hypothèse nulle H0 au risque 5%.

9. On conclue qu'il n'y a pas lien significatif entre la pratique d'exercices préventifs et le nombre de blessures.

L'interprétation du résultat de ce Khi 2 d'indépendance est à temporer car nous sommes face à plusieurs limites. Premièrement, nous n'avons pas connaissance ni des exercices spécifiques réalisés, ni du nombre de séries et de répétitions, ni de la fréquence de réalisation, ni depuis quand ils les réalisent. Ce n'est pas un protocole préventif spécifique. De plus, les réponses sont déclaratives, il est difficile d'affirmer avec certitude que les exercices soient réalisés. Enfin, l'échantillon n'est pas très représentatif, nous ne pouvons donc pas généraliser. Nous proposons donc des solutions dans la partie suivante en s'appuyant sur l'ensemble de nos recherches.

III. Biais et limites

Le but de ce mémoire était d'établir une stratégie préventive adaptée aux blessures micro-traumatiques des triathlètes longue distance. Leur prise en charge est complexe et encore peu d'étude de haute qualité scientifique se sont consacrées à ce sujet du fait de sa complexité. En tant que professionnel de santé, il est essentiel de développer un esprit critique pour adapter au mieux notre pratique. De plus, le Master 2 Méthodologie de la Recherche nous a permis de prendre du recul et de développer un regard critique sur les études et sur l'interprétation de leurs données afin de limiter les biais méthodologiques. Aussi, lors de la rédaction de ce mémoire nous avons été confrontés à différentes limites que nous souhaitons partager. C'est pourquoi nous développerons ci-dessous une analyse critique de ce mémoire de fin d'études.

III.1 Biais et limites de l'analyse de la littérature

Plusieurs limites ont été rencontrées dans l'élaboration de notre revue de littérature. Premièrement, l'absence d'articles de haut niveau de preuve sur la prévention spécifique des blessures de surcharge des Ironmen constitue une limite dans l'analyse de la littérature. Étonnamment, la littérature scientifique relative à l'épidémiologie des blessures du triathlète apparaît globalement pauvre. La majorité des études sur le sujet souffre de biais méthodologiques avec un design rétrospectif, une durée courte de suivi des athlètes, des cohortes de faible importance ou encore une incohérence dans les définitions utilisées. Par conséquent, nous avons utilisé des articles et des revues disponibles qui nous semblaient les plus appropriés afin de mener à bien notre enquête. Deuxièmement, nous avons étudié un maximum de littérature selon une méthodologie de recherche bien spécifique. Cependant, nous n'avons pas utilisé tous les moteurs de recherche disponible pour la réalisation de ce mémoire. De ce fait, certains articles potentiellement adaptés à notre analyse de la littérature n'ont pas été utilisés ce qui entraîne un biais de recension.

La pauvreté sur le sujet dans la littérature nous laisse tout de même perplexe quant à l'élaboration d'un protocole de qualité. Nous pouvons néanmoins nous inspirer d'autres protocoles déjà mis en

place dans d'autres sports et qui ont fait leur preuve. Il n'existe donc pas de consensus à ce jour sur la stratégie préventive optimale. Notre travail participe à l'élaboration d'un guide susceptible d'améliorer la prise en charge des triathlètes sans prétention d'imposer telle méthode ou telle technique. Les MK comme les triathlètes sont chacun responsables de l'utilisation des méthodes et techniques qu'ils jugent les plus adaptées. Il semble judicieux de suggérer aux praticiens de s'approprier celui qui semble convenir le mieux aux types d'activités physiques, aux profils des athlètes et au staff médico-sportif. Le choix doit donc se faire de manière rigoureuse et réfléchie et chaque étape apparaît indispensable si l'on souhaite assurer une efficacité optimale à la stratégie préventive. Le contenu de la stratégie dépend de nombreux paramètres : le type de blessure que l'on souhaite éviter en priorité, le caractère pratique d'installation de l'intervention, le coût humain et financier, et les spécificités de la population.

III.2 Biais et limites du questionnaire

Limite du questionnaire : Les biais dans le choix de diffusion, dans le choix de la population et la taille moyenne de l'échantillon ne donnent pas au questionnaire un haut niveau de significativité. Pour obtenir plus de réponses nous avons, en plus d'avoir diffusé au niveau des ligues et des clubs, nous avons dû diffuser sur les réseaux sociaux. De ce fait, nous ne maîtrisons pas la population pouvant répondre au questionnaire malgré l'instauration des critères d'inclusions et d'exclusions que nous avons pu analyser lors du traitement des données. La diffusion sur les réseaux sociaux entraîne un biais de sélection étant donné que les réponses ne sont obtenues que par des personnes qui utilisent ces réseaux. La représentativité de l'échantillon est difficilement déterminable car nous avons des données sur le nombre de triathlètes inscrit à la F.F.TRI mais nous n'en avons pas sur le nombre de pratiquants la longue distance. Toutefois, le nombre de licenciés est de 60 100 et notre échantillon est de 95, ce qui est faible. De plus, bien que les participants d'élite et de loisirs aient été inclus dans l'étude, aucune définition ne leur a été fournie sur le fait d'être élite ou amateur. Nous ne pouvons donc pas identifier et analyser si la fréquence d'apparition de blessures entre ces deux populations est différente. Le questionnaire a été revu et relu plusieurs fois avant diffusion par différentes personnes mais nous n'avons pas mis en place de pré-test sur la population étudiée. Certaines questions peuvent donc être mal comprises et entraîner un biais d'interprétation. Nous avons pour cela essayé d'éviter un maximum ce biais d'interprétation en utilisant majoritairement des questions fermées.

Biais résultats du questionnaire : Nous devons accorder notre confiance aux sportifs interrogés puisque les réponses au questionnaire sont déclaratives. Cet élément est à prendre en compte pour l'interprétation des données. Cette auto-déclaration peut être biaisée dans notre cas car il peut y avoir

des oublis ou des fausses déclarations. Par exemple si l'athlète ne se souvient plus d'une ou plusieurs blessures cela faussera les données et nos résultats seront approximatifs. De plus, les réponses aux questions concernant les exercices de prévention et la préparation physique ne peuvent pas être considérés comme préventif puisque nous ne connaissons pas la préparation physique qu'ils emploient et nous ne savons pas si les exercices dits de prévention sont réalisés de façon correcte et répondent aux critères de prévention spécifique. Concernant la comparaison du groupe prévention/pas prévention, les données sont relatives puisqu'on ne sait pas si les exercices sont réalisés correctement et s'ils sont réellement réalisés. Enfin, il n'est pas exclu que des erreurs de calculs statistiques soient présentes.

Amélioration du questionnaire : Afin de limiter les biais méthodologiques dans la réalisation du questionnaire nous aurions pu utiliser un pré-test sur la population étudiée afin d'améliorer notre méthodologie. Celui-ci aurait pu nous permettre d'affiner les questions qui ont pu être mal comprises et donc source de biais d'interprétation. De plus, une sélection plus stricte des participants aurait pu être mise en place en distinguant les athlètes amateurs et élites et en interrompant le questionnaire lorsqu'une personne ne pratiquait pas de triathlon ou ne pratiquait pas la longue distance. Quant à la diffusion du questionnaire, le fait de passer exclusivement par les différentes ligues de triathlon régionales et nationales aurait pu limiter le biais de diffusion en le partageant sélectivement par mail.

IV. Propositions

Pour de nombreux auteurs, aucune étude de haute qualité n'a évalué l'influence d'une stratégie préventive sur la survenue des blessures micro traumatiques dans le triathlon. Nous proposons donc à la suite de nos recherches de suivre le modèle de Van Mechelen et al. et le TRIPP que nous avons développé ci-dessus. Nous avons décrit dans notre discussion le chemin à suivre pour appliquer au mieux cette méthode. Ici, nous proposons des recommandations pratiques. L'objectif est de réaliser un protocole préventif pouvant être appliqué aux triathlètes. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés de toutes nos recherches et notamment de l'article sur la prévention des blessures en triathlon de Delvaux F et al (3). en adaptant les modèles préventifs théoriques à la pratique du triathlon. Nos mesures préventives seront basées sur les facteurs de risque lésionnel avec en priorité ceux démontrés scientifiquement. Comme l'évidence scientifique est relativement pauvre sur le sujet nous allons aussi nous inspirer des stratégies qui ont prouvé leur efficacité dans d'autres disciplines. L'expérience de terrain complètera ces propositions.

Bilan et évaluations

Objectif : recenser tout élément susceptible de concourir à la survenue d'une blessure.

Anamnèse

Identifier les antécédents de blessures car ils influencent de façon importante la récurrence. Chez les femmes, porter une attention particulière à un éventuel RED-S (Relative Energy Deficiency in Sport). C'est un déséquilibre entre les apports caloriques et la dépense énergétique s'accompagnant de troubles menstruels et d'effet potentiellement délétère sur l'os.

Le surentrainement

Connaitre et détecter les signes de surentrainement : fatigue, irritabilité, augmentation de la fréquence cardiaque de repos, perte d'appétit, perte de poids inexpliquée, sommeil de mauvaise qualité, maladies fréquentes, humeur dépressive et diminution des performances. Pour limiter voire éviter le surentrainement, nous donnons des conseils dans la partie « Gestion de l'entraînement ».

Évaluation de la mobilité (articulaire et extensibilité musculaire)

Functionnal Movement Screening (FMS) = Évaluation fonctionnelle du mouvement = évaluation des asymétries et déséquilibres

Objectifs : identifier les asymétries et déséquilibres au niveau de la mobilité et de la stabilité dynamique du corps. Cela vous permettra par la suite de corriger les faiblesses et asymétries afin d'optimiser la biomécanique dans le but de prévenir les blessures et d'optimiser la performance.

Modalités : réaliser 7 mouvements précis (Deep Squat, Hurdle Step, In-line Lunge, Active Straight-leg Raise, Trunk Stability Push-up, Rotary Stability, Shoulder Mobility) (Annexe 22).

Critères : chaque exercice peut être noté de 0 à 3 où :

0 : douleurs lors de l'exécution du mouvement

1 : incapable d'effectuer le mouvement

2 : effectue le mouvement avec compensation

3 : mouvement complet sans aucune compensation

Norme : le score maximal est de 21 points. Si score < 14, il y a un risque de blessures (Annexe 23).

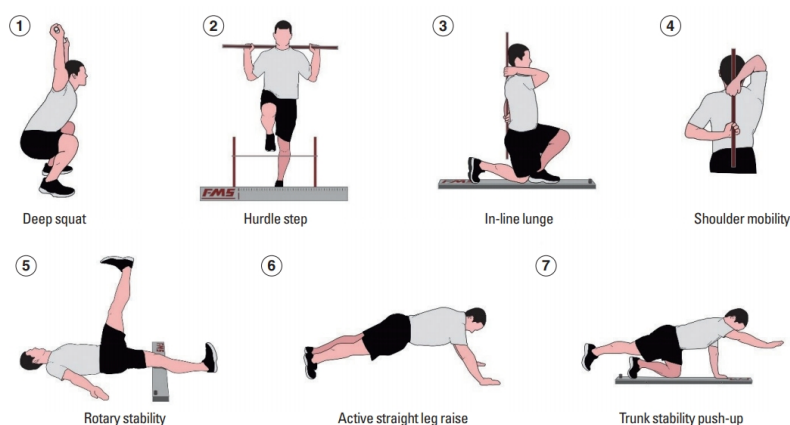


Figure 16. Les 7 exercices du Functionnal Movement Screening (115).

Évaluation de la souplesse et de la force

Global Mobility Condition score (GMC)

Objectifs : évaluer la souplesse des membres inférieurs, souplesse des membres supérieurs, tests de force et tests fonctionnels.

Modalités : réaliser 20 mouvements précis divisés en 4 thèmes. L'évaluation initial se déroule en 12 tests (Annexe 24)

Critères : le score est binaire. 0 en cas d'échec et 1 en cas de succès. Chaque membre est étudié, ainsi il est possible de réussir un test avec la jambe gauche et pas la droite, le sujet obtiendra alors un demi-point. La note finale est sur 20 points.

Normes : Plus le score est faible plus le risque de se blesser est élevé. Il existe un lien statistique entre le risque de blessure, l'évaluation de la douleur (EVA) et le score obtenu au GMC (Annexe 25).



GLOBAL MOBILITY CONDITION

Protocole d'identification des Profils à Risque

Souplesse Membres inférieurs	Souplesse Membres supérieurs	Tests de Force	Tests Fonctionnels
Souplesse Hanches 1. Test souplesse Hanches : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 2. Test souplesse Hanches : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Quadriceps 3. Test souplesse Quadriceps : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 4. Test souplesse Quadriceps : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Ischio-Jambiers 5. Test souplesse Ischio-Jambiers : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 6. Test souplesse Ischio-Jambiers : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Adducteurs 7. Test souplesse Adducteurs : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 8. Test souplesse Adducteurs : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Chevilles 9. Test souplesse Chevilles : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 10. Test souplesse Chevilles : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Doigts-pied 11. Test souplesse Doigts-pied : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 12. Test souplesse Doigts-pied : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes.	Souplesse Rotation Intérieure Épaule 13. Test souplesse Rotation Intérieure Épaule : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 14. Test souplesse Rotation Intérieure Épaule : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Cheville 15. Test souplesse Cheville : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 16. Test souplesse Cheville : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Rotation Extérieure Épaule 17. Test souplesse Rotation Extérieure Épaule : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 18. Test souplesse Rotation Extérieure Épaule : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Souplesse Rotation Intérieure Épaule 19. Test souplesse Rotation Intérieure Épaule : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 20. Test souplesse Rotation Intérieure Épaule : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes.	Force Cervicales 21. Test Force Cervicales : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 22. Test Force Cervicales : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Force Cervicales 23. Test Force Cervicales : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 24. Test Force Cervicales : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Force Adducteurs 25. Test Force Adducteurs : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 26. Test Force Adducteurs : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Force Abdominaux 27. Test Force Abdominaux : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 28. Test Force Abdominaux : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Force Ischio-Jambiers 29. Test Force Ischio-Jambiers : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 30. Test Force Ischio-Jambiers : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes.	Chaîne musculaire postérieure 31. Test Chaîne musculaire postérieure : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 32. Test Chaîne musculaire postérieure : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Fonctionnel Épaules "Drape" 33. Test Fonctionnel Épaules "Drape" : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 34. Test Fonctionnel Épaules "Drape" : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Fonctionnel Scapula Basale 35. Test Fonctionnel Scapula Basale : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 36. Test Fonctionnel Scapula Basale : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Fonctionnel Épaules pour la Course 37. Test Fonctionnel Épaules pour la Course : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 38. Test Fonctionnel Épaules pour la Course : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. Fonctionnel Pectoral pour la Course 39. Test Fonctionnel Pectoral pour la Course : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes. 40. Test Fonctionnel Pectoral pour la Course : Couvrir les hanches avec un rouleau de tissu, soulever le bassin et maintenir la position pendant 10 secondes.

Pré Requis	Score	MI	MS	Force	Fonct ¹
> 19	17 / 20	5 / 6	3 / 4	5 / 5	4 / 5
> 17	Excellence			A entretenir	
15 à 17	Normal			A optimiser	
< 15	Insuffisant			A améliorer	
< 10	Risque important bless.			A travailler	
< 10	Pathologique			Urgence	

Figure 17. Protocole d'identification des Profils à risque du programme Global Mobility Condition élargi (116).

Évaluations complémentaires

- Évaluer la laxité de l'épaule et de la cheville.
- Évaluer une éventuelle **dyskinésie scapulaire** :
 - Observation visuelle statique et dynamique
 - **Scapular Assistant's Test (SAT)** : accompagner la sonnette externe de la scapula lors de l'élévation du bras et déterminer si la manœuvre influence la douleur. Le test est positif en cas de diminution de la symptomatologie en fin d'élévation.
 - **Scapular Retraction Test (SRT)** : l'examineur tente de repositionner et de stabiliser manuellement le bord médial de la scapula avec une bascule postérieure dans une position rétractée sur le thorax. Le test est

considéré comme positif quand le patient décrit une diminution de la douleur ou une augmentation de la force à 90° de flexion de l'épaule en isométrique, lorsque la scapula est stabilisée. Une variante existe, le Scapular Retraction Test : le sujet stabilise activement la scapula en rétraction avec la résistance isométrique à 90°.



Figure 18. Scapular Retraction Test (117).

- Évaluation capsulaire et musculaire



Figure 19. Scapular Assistant's Test (118).

Évaluation de l'endurance musculaire

Test d'endurance statique du tronc

Sorensen (extenseurs du tronc)

Position du sujet : décubitus ventral, les épines iliaques antérosupérieures sont positionnées à la limite du rebord de la table. Trois sangles doivent être disposées au niveau du bassin, des genoux et des chevilles pour fixer les membres inférieurs.

Modalités : Maintenir le plus longtemps possible à l'horizontale, les bras croisés sur la poitrine. Le test se termine lorsque le sujet ne peut plus maintenir l'horizontalité du tronc.



Norme : 240 secondes.

Figure 20. Test de Sorensen (119).

Ito Shirado (fléchisseurs du tronc)

Position du sujet : décubitus dorsal, avec les bras croisés sur la poitrine. Les genoux et hanches sont fléchis à 90°. Le maintien de cette posture s'accompagne d'une flexion cervicale maximale, en enroulant les épaules et en décollant les scapulas.

Modalités : Maintenir le plus longtemps possible la position. Le test se termine lorsque le sujet ne peut plus tenir la position.

Norme : le maintien est satisfaisant pour un temps supérieur à 2mn.



Figure 21. Test de Ito Shirado (119).

Évaluation isocinétique du rachis

Position du sujet : assise avec une flexion de hanche de 90°. Le tronc et les cuisses sont maintenus par une sangle qui interdit les compensations et des contre appuis tibiaux. L'axe de rotation du dynamomètre est aligné avec celui de l'articulation lombosacrée L5-S1. L'amplitude articulaire du rachis peut être limitée à 55-60° de flexion et ne dépasse jamais 30° d'extension.

Modalités : échauffement avec les tests de Sorensen et Ito Shirado. Puis réaliser 4 séries d'exercices :

- 3 mouvements de flexion-extension à 60°/s en concentrique
- 3 mouvements de flexion-extension à 120°/s en concentrique
- 3 mouvements de flexion-extension à 30°/s en excentrique

- 20 mouvements de flexion-extension à 120°/s en concentrique

1 minute de repos est respectée entre les séries. Chaque série est précédée d'un essai de 3 flexions-extensions avec un effort sous maximal, sans trop d'engagement musculaire.



Figure 22. Installation du sujet de face et de profil sur la machine d'isocinétisme (119).

Évaluation de la force des membres supérieurs et inférieurs

Cf « test de force » et « test fonctionnel » du Global Mobility Condition.

On y ajoute l'endurance des quadriceps avec le test de la chaise ainsi que des tests isocinétiques des quadriceps/ischio-jambiers et des rotateurs d'épaules.

- **La chaise**

Objectif : évaluer l'endurance des quadriceps

Modalités : le sujet est assis le dos en appui, les genoux à 90°, on lui demande de maintenir la position aussi longtemps que possible. Le thérapeute chronomètre le temps de maintien et arrête le chronomètre si le sujet perd de nouveau la position après un avertissement.

Norme : le maintien est satisfaisant pour un temps supérieur à 55 secondes.

- **Isocinétisme quadriceps/ischio-jambiers :**

Position du sujet : Position assise, droite et confortable sur la chaise du dynamomètre. Les cuisses, le bassin et le thorax sont attachés à l'aide de sangles pour minimiser les compensations. L'épicondyle fémoral latéral est utilisé comme repère osseux pour faire correspondre l'axe de rotation du genou avec l'axe de rotation du dynamomètre. Vérifier que la position est confortable et qu'il n'y a pas de restriction de flexion ni d'extension à partir d'une position à 90° de flexion jusqu'à l'extension terminale.

Modalités : Évaluation à 60°/s et 180°/s en concentriques. L'évaluation de l'endurance musculaire est ici identifiée à 180°/s. Pour l'échauffement, réaliser 5 répétitions sous-maximales suivies de 3 répétitions maximales. Ensuite, effectuer 5 répétitions maximales à 60°/s. Une fois que les deux membres ont été testés, laisser une période de repos d'une minute puis réaliser 30 répétitions maximales à 180°/s. Encouragements verbaux importants (120).



Figure 23. Evaluation isocinétique concentrique à 60°/s et 180°/s (61).

- **Isocinétisme des rotateurs d'épaules :**

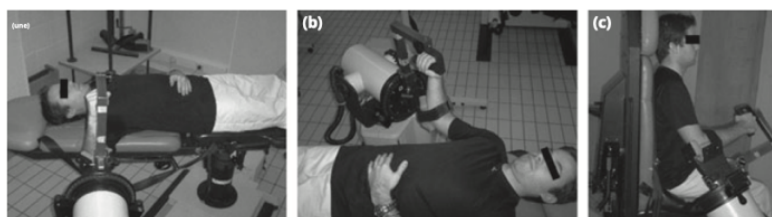
Position du sujet : Trois positions sont possibles : 1. En décubitus dorsal avec le bras dans le plan frontal à 45° d'abduction. 2. En décubitus dorsal avec le plan dans le plan frontal à 90° d'abduction. 3. En position assise avec le bras dans le plan de la scapula (45° d'abduction, 30° de flexion) (Fig.). La position recommandée qui permet une meilleure reproductibilité et fiabilité est la 2. Lorsqu'une douleur survient, la position couchée avec le bras à 45° d'abduction (1)

est préférable car diminue la sensation de conflit. La position 3 n'est pas recommandée car la reproductibilité et la fiabilité sont faibles.

Modalités : Évaluation des rotateurs médiaux et latéraux. Dans les 3 positions le coude est fléchi à 90°. L'axe de la machine est aligné avec l'axe longitudinal de l'humérus et coïncide avec le centre de l'articulation gléno-humérale. Premièrement, réaliser un échauffement avec une bande élastique. Deuxièmement, familiariser le sujet avec le test en réalisant 10 répétitions concentriques sous maximales à 120°/s et trois répétitions préliminaires sous-maximales avant chaque test à vitesse différente. Les tests consistent à réaliser :

- 3 répétitions concentriques à 60°/s.
- 5 répétitions concentriques à 250°/s

Les deux tests sont réalisés pour les rotateurs médiaux et latéraux. Les évaluations sont séparées d'un intervalle de repos d'une minute (121).



A = supine position with the arm at 90° of abduction
B = supine position with the arm at 45° of abduction
C = seated position with the arm in the scapula plane.

Figure 24. Différentes positions de test isocinétique des rotateurs médiaux et latéraux. (a) Geste sportif spécifique) ; (b) position de sécurité et de confort ; (c) position commune (121).

Évaluation cardio-respiratoire

- Bilan sanguin
- ECG
- Spirométrie

Préparation physique

Objectif : entraîner le corps aux efforts spécifiques en triathlon

Entraînement de routine

Conseil : 10 à 30 minutes 2-3 fois par semaine.

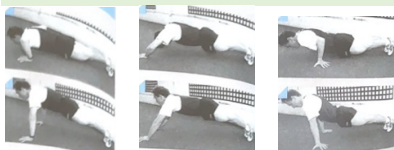
Modalités : 5 exercices : squats, corde à sauter, pompes, gainage ventral et latéral, superman.

- 1 minute corde à sauter ou petit saut sur place
- 15 squats
- 30 secondes gainage ventral
- 30 secondes gainage latéral droit
- 30 secondes gainage latéral gauche
- 30 secondes superman
- 20 pompes.

Les exercices sont enchaînés sans pause et à la fin des 7 exercices, récupération d'une minute. Recommencer deux fois la série avec une minute de récupération entre chaque. Si vous souhaitez faciliter ou complexifier l'entraînement, vous pouvez adapter les répétitions et la durée.

Spécifique triathlon

Natation (crawl) : les pompes



Pour se rapprocher des contraintes biomécaniques de la natation, alterner les séries avec les mains au-dessus de la tête, au niveau du thorax et en regard des hanches. Réaliser 3 séries de 10 répétitions pour chaque exercice.

Figure 25. Exercice de pompes spécifique pour la natation (122).

Vélo : les accroupissements du cycliste



Prenez appui sur vos mains sur une table comme si vous teniez votre cintre de vélo. Inclinez votre buste en avant et fléchissez votre genou jusqu'à 110° environ. Il est conseillé de travailler sur une seule jambe.

Figure 26. Exercice spécifique du cycliste : les accroupissements (122).

Course à pied : les bondissements en charge



Sautiller sur une jambe permet de réaliser un renforcement spécifique de la course à pied. Les angles de flexion articulaires et la prise d'appui au sol sont identiques. Les modalités de contractions correspondent à celle du footing (pliométrique). Les muscles accumulent de l'énergie élastique en amortissant la foulée. C'est un enchaînement « d'amortissement/relance ». Les muscles doivent apprendre à restituer l'énergie élastique au moment de la propulsion. Votre système nerveux doit s'entraîner à synchroniser la contraction volontaire et la contraction réflexe.

Figure 27. Exercice spécifique en course à pied : les bondissements en charge (122).

Membres inférieurs

Nous proposons ici, un programme spécifique des muscles de la hanche (abducteurs de hanche) mais d'autres exercices sont également réalisables.

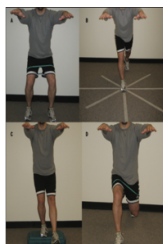


A : Exercice de la palourde

B : Extension de la hanche en décubitus ventral avec flexion de genou

C : Exercice tri-planaire en quadrupédie

Figure 28. Renforcement des abducteurs de hanche au sol (123).



A (image de gauche) : side squat dynamique

B (image de droite) : Excursion en étoile

C (image de gauche) : step-down

D (image de droite) : fentes avant/arrière

Figure 29. Renforcement des abducteurs de hanche debout (123).



A (image de gauche) : sauts verticaux/avant avec les deux membres inférieurs.

B (image de droite) : Sauts verticaux/avant sur un seul membre inférieur

C : exercice simulé de phase de balancement

Figure 30. Renforcement des abducteurs debout 2 (123).

Contrôle postural d'épaule

 1	(1) Travail de stabilisation et des rotateurs latéraux : penchez-vous en avant face à un mur, dans une position proche d'un nageur qui « tire sur l'eau ». Avec le dos de la main, comprimez un ballon contre le mur, maîtrisez sa stabilité puis faites-le bouger tout en contrôlant sa mobilité. 2 positions sont possibles : main au niveau de la tête ou au niveau du front. Continuez l'effort jusqu'à ce que vos muscles chauffent et que votre geste se déforme. Reposez-vous le temps de solliciter le côté opposé puis recommencez 1 à 2 fois.
 2	(2) Pour mieux stabiliser votre épaule dans une dynamique spécifique, il faut travailler la coordination de tous les muscles entourant votre tête humérale. Travailler les rotateurs médiaux : effectuez le geste opposé au précédent. Assis au bord d'une table avec un ballon, écrasez-le en le faisant tourner. Prenez soin de bien abaisser votre coude. Continuez jusqu'à l'altération du contrôle postural. Une seule répétition de chaque côté est suffisante car ces muscles sont forts.
 3	(3) Renforcement des rotateurs latéraux : placez-vous dos au mur. Mettez-vous en position de retour de crawl. Avec votre coude, compressez le ballon et déplacez-le de haut en bas. Cessez le mouvement quand vous ressentez une nette déformation gestuelle. Faites une pause en entraînant le côté opposé puis recommencez 1 à 2 fois.
 4	(4) Afin de peaufiner « le centrage » de votre épaule, faites l'exercice inverse au précédent. Dans la même position mais face au mur, appuyez sur le ballon avec votre poing et mobilisez-le légèrement. Attention, conservez le coude en position basse. Allez jusqu'à la fatigue. Faire une seule répétition.

Figure 31. Exercices favorisant le contrôle posture de l'épaule (122).

⇒ Réaliser la séance au moins une fois par semaine.

Étirement petit pectoral



En position debout, fléchir l'avant-bras qui est en contact avec le mur pour former un angle de 90° afin de cibler la mise en tension de la région pectorale.

Figure 32 (62). Étirement du petit pectoral droit.

Entraînement spécifique du tronc : core stability

Débutants



Installation : s'allonger sur le ventre, mettre un coussin sous les jambes et sous le ventre.
Consignes : écraser le coussin sous le ventre en appuyant dessus. Sentir une brûlure au niveau des lombaires. Tenir la position 10 secondes puis repos 10 secondes. Répéter 10 x de suite le même enchaînement.
Attention : ne pas serrer les fesses. Garder la nuque dans l'alignement du buste. Les bras ne bougent pas pendant l'exercice.
 Ne pas réaliser toutes les postures mais en choisir un seul niveau de difficulté. En cas de douleurs lombaire : arrêter l'exercice ou passer au niveau inférieur.
Fréquence : 3x/semaine

Figure 33. Exercices renforcement des muscles spinaux (119).

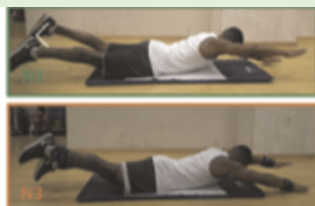
Tableau XII. Consignes des exercices selon le niveau de difficulté.

Niveau 1	Écraser le coussin situé sous les mains
Niveau 2	Décoller le front et le haut du tronc du plan de la table, bras le long du corps
Niveau 3	Même position, coude fléchis, mains à la tête
Niveau 4	Même position, bras tendus vers l'avant
Niveau 5	Même position en levant 1 bras et 1 jambe opposés
Niveau 6	Même position en décollant les 2 bras (coudes fléchis) et les 2 jambes

NB : une faiblesse du contrôle postural dynamique, de la force et de l'endurance des muscles du tronc augmente le risque de pathologies de surcharge des membres inférieurs.

Sportifs expérimentés

Exercice 1 : « Battement bras et jambes »



Niveau 1	Poids du corps
Niveau 2	Poids d'1kg à chaque cheville
Niveau 3	Poids d'1kg à chaque cheville et poignet

Figure 34. Exercices renforcement des spinaux 2 (119).

Installation : S'installer sur le ventre, bras tendus en avant. Décoller le buste et les jambes.

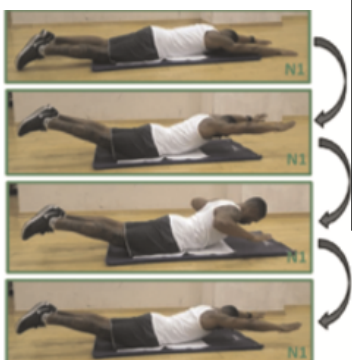
Consignes : Faire des battements simultanés des bras et des jambes, en les gardant tendus. Sentir une brûlure dans la région lombaire.

Attention : garder la nuque dans l'alignement du buste

Durée de l'exercice : 30''

NB : Si le niveau 1 est trop difficile : maintenir simplement la position en statique en décollant les 2 jambes et les 2 bras tendus.

Exercice 2 : lever de buste et jambes, flexion-extension des bras



Installation : s'allonger sur le ventre. Bras tendus en avant. Décoller le buste et les jambes.

Consignes : Garder les jambes décollées. Puis fléchir les coudes en décollant davantage le buste. Puis étendre à nouveau les bras. Effectuer des répétitions sans temps de pause.

Attention : garder la nuque dans l'alignement du buste

Durée de l'exercice : 30''

Figure 35. Exercices renforcement des spinaux 3 (119).

Exercice 3 : en quadrupédie, extension bras et jambe controlatérale



Figure 36. Exercice renforcement des spinaux 4 (119).

Installation : position quadrupédie (4 pattes)

Consignes : tendre simultanément le bras et la jambe opposée. Puis revenir à la position initiale. Répéter plusieurs fois ce mouvement de balancier sans temps de pause entre chaque séquence.

Attention : garder la nuque dans l'alignement du buste. Ne pas creuser le dos. Bien contracter les abdominaux.

Durée de l'exercice : 15 répétitions d'un côté, puis 15 répétitions de l'autre côté sans temps d'arrêt.



Niveau 1	20°
Niveau 2	30°
Niveau 3	45°

Fig. 37 Exercice renforcement des spinaux 5 (119).

Installation : s'allonger sur le dos. 2 positions sont possibles.

Consignes : Décoller les fesses tout en gardant talons et épaules au contact avec le sol. Maintenir la position en statique. 2 possibilités de position pour les bras : soit tendus vers l'arrière (le long des oreilles). Soit tendus le long du corps, paumes de mains tournées vers le plafond.

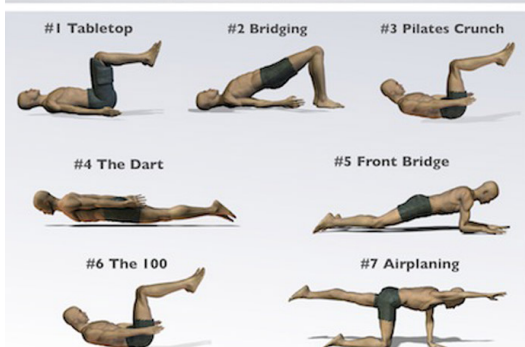
Programme

Réalisation des 4 exercices : 4 fois par semaine

- Effectuer les exercices à la suite
- Pause de 10 secondes entre chaque exercice
- Répéter l'enchaînement 4 fois

Idées complémentaires

Back and Core Strength #1



Lors d'une séance, choisissez 4 exercices :

- Tenir l'exercice entre 30 secondes et 1 minutes selon vos capacités
- Effectuer les exercices à la suite
- Pause de 10 secondes entre chaque exercice

Répéter l'enchaînement 4 fois.

Figure 38. Exercices complémentaires de core stability (83).

Préparation physique globale (3 parties)

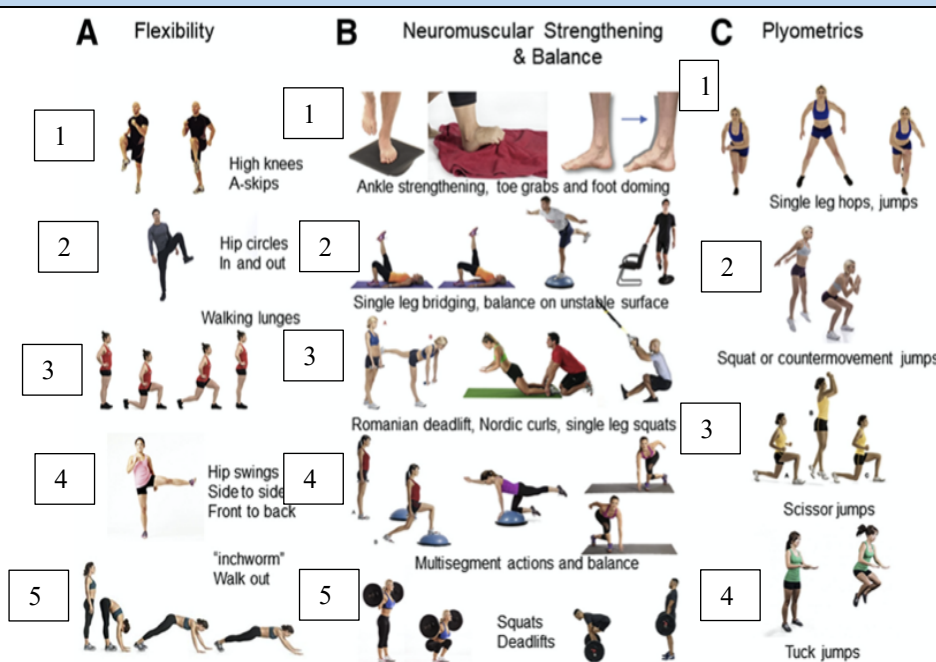


Figure 39. Exemple d'exercices pour coureurs de trail transposables aux triathlètes (84). Modifié par nos soins.

A : Mouvements dynamiques de flexibilité poly-articulaire

1. Alternance de sauts sur un pied avec élévation des genoux
2. Mouvement circulaire de hanche vers l'intérieur et l'extérieur
3. Fentes avant et arrière
4. Mouvements de hanche sur un côté puis l'autre et d'avant en arrière
5. Pompes chenille

B : Renforcement et équilibre neuromusculaire

1. Renforcement de la cheville - des doigts de pieds - du dos du pied
2. Pont sur une jambe - Équilibre sur un pied sur une surface instable
3. Soulevé de terre roumain - curl nordique - squat unipodal
4. Action multi-segmentaire et équilibre
5. Squats - Soulevé de terre

C : Activités pliométriques

1. Sauts sur une jambe - saut sur deux jambes - sauts sur une jambe
2. Squats + sauts
3. Sauts en ciseaux
4. Sauts groupés

Ces exercices peuvent être réalisés 3 fois par semaine. Choisissez 5 exercices parmi ceux proposés par séance.

Pour la partie A flexibilité : réaliser 3 séries de 10 mouvements.

Pour la partie B renforcement musculaire et équilibre : réaliser 4 séries de 10 répétitions.

Pour la partie C pliométrie : réaliser 3

Article : *Injury Prevention, Safe Training Techniques, Rehabilitation, and*

⇒ Ces exercices permettent d'améliorer la capacité musculo-tendineuse à résister à la charge imposée.

Étirement / Assouplissements

Consignes : pour chaque exercice, mettez-vous en posture d'allongement musculaire environ 30 secondes. Allez chercher doucement une bonne sensation de tension pendant 10 secondes. Poursuivez avec une sensation de tension plus vigoureuse au cours des 10 secondes qui suivent. En résumé ; 30 secondes en « position » d'étirement, 10 secondes de « tension » et 10 secondes de « surtension ». Éviter les à-coups pour éviter les contractions réactionnelles de protection.

Assouplissements et relâchements chaînes postérieures

Natation-vélo : en natation les muscles lombaires sont contractés en position courte pour horizontaliser votre corps et optimiser votre glisse. Les ischio-jambiers travaillent aussi sur de faibles amplitudes pour assurer un battement énergétique. En vélo, tout s'inverse, les chaînes musculaires postérieures s'allongent et se majorent lorsque vous vous penchez en avant pour être aérodynamique. Ces quelques exercices vont permettre d'assouplir les tissus et entraîner votre système nerveux à gérer vos transitions posturales.



Allongez-vous sur le dos. Attrapez l'une de vos jambes au niveau du genou, du mollet ou de la cheville selon votre souplesse. Alternez droite et gauche. Cet exercice est asymétrique, comme votre position à vélo. Cet étirement sollicite davantage les muscles de l'arrière de la cuisse.



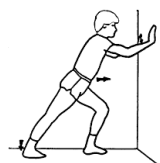
Debout, penchez votre buste en avant. Déverrouillez légèrement les genoux pour réduire les contraintes lombaires et vous rapproche de la position cycliste. Pour faciliter l'étirement, vous pouvez poser les mains ou les avant-bras sur l'assise d'une chaise. Cet exercice doit être lent et progressif. Il sollicite davantage le niveau lombaire. Il est complémentaire du précédent.



Allongé sur le ventre, bras au-dessus de la tête, décolle les mains et les points de pieds du sol. Pendant 30 secondes, effectuez aussi quelques élévations diagonales : main droite, pied gauche et main gauche, pied droit.

⇒ **Vous pouvez par exemple enchaîner l'exercice 3 avec les exercices 1 puis 2**

Figure 40. Étirements de la chaîne postérieure (122).



Dans la continuité de la chaîne postérieure vous pouvez également étirez les triceps suraux situé à l'arrière de la jambe. Prenez appui contre un mur avec les mains, placez le membre inférieur gauche en avant légèrement fléchi. Le membre inférieur droit est tendu, talon au sol. Pour accentuer l'étirement, translatez lentement le bassin vers le mur en gardant droit la partie basse du dos. Puis changez de côté.

Figure 41. Étirement du triceps sural droit (84).

Assouplissements et relâchement antérieur

Vélo-course : à vélo les muscles antérieurs fonctionnent en position rétractée lié à la position penchée en avant (psoas et droit fémoral). Le psoas relie la colonne vertébrale au fémur et le droit fémoral le bassin à la patella. A contrario, en course à pied, ces muscles doivent adopter une position allongée. Cela pourrait engendrer des douleurs de dos et de genoux. Les étirements suivants sont donc conseillés : **vous pouvez enchaîner l'exercice 3 puis 1 puis 2.**



Insistez sur l'avancée du bassin et le retour du talon vers les fesses. Vous sentez la tension en avant de la hanche et à la face antérieure de la cuisse.



Allongez-vous sur le dos dans l'angle de votre lit, le place se situe au bord du matelas. Laissez descendre vos genoux de chaque côté et vos pointes de pied accrocher au sol. Les lombaires sont généralement plus cambrés que la position debout. Si présence de douleurs, limitez le dos creux en verrouillant les abdos.



Allongez-vous sur le dos, hanches et genoux fléchis. Poussez avec vos mains sur vos genoux en soufflant. Faites l'exercice 10 à 30 fois au rythme de votre respiration.

Figure 42. Étirements de la chaîne antérieure (122).

Assouplissement latéral



Assis avec membre inférieur droit tendu. Fléchissez la jambe droite en l'amenant au-dessus de la gauche. Placez ensuite votre coude gauche la partie latérale du genou droit. Vous pouvez aussi, tourner la tête lentement pour regarder au-dessus de l'épaule gauche. Cet exercice sollicite les abducteurs de hanche.

Figure 43. Étirement des pelvesitrochantériens et des abducteurs de hanche (84).

Gestion de l'entraînement

- Quantifier la charge d'entraînement et la moduler en fonction des échéances compétitives est essentiel pour toute stratégie préventive qui se veut efficace. L'objectif est de trouver un équilibre entre la charge exercée sur l'athlète et la capacité des tissus à tolérer cette charge.
- Comptabiliser la durée hebdomadaire totale passée en piscine, à vélo et en course à pied et dans tout autre entraînement comme la musculation (= charge externe) + fixer objectifs précis à chaque séance + distance à parcourir
- Calcul du sRPE (charge interne) qui est égal au produit de l'effort (en minutes) par l'intensité ressentie par l'athlète (de 0 à 10). Ainsi, un nombre d'UA est ainsi obtenu et permet de comptabiliser semaine après semaine. Suivi de la charge interne : la FC, un ratio FC/RPE, le TRIMP + questionnaire REST-Q ou le POMS.
- **7 grands principes :**
 - o Définir une charge hebdomadaire et mensuelle « plafond » et ne pas la dépasser.
 - o Réduire les variations importantes de charge entre deux semaines consécutives : l'augmentation du volume et de l'intensité d'entraînement ne doit pas dépasser 10% par semaine.
 - o Établir une charge de travail moyenne sur une durée pré choisie en fonction de la planification (mensuel, cycle de 3 à 12 semaines...) qui servira de comparaison ultérieure.
 - o Assurer une charge de travail minimale pour éviter une baisse de la capacité des tissus à tolérer cette charge.
 - o S'assurer que la charge de travail est proportionnelle aux demandes de la discipline
 - o Répartir correctement la charge sur une même semaine.
 - o Monitorer la charge durant la période précédant une blessure afin de pouvoir agir directement sur cette charge dès la déclaration des symptômes.

La récupération

Récupération hors période de blessure

Les entraînements doivent être monitorés selon votre niveau et votre objectif. Ils doivent être rythmés par le repos complet ou relatif au sein de chaque cycle :

- Dans le macrocycle annuel, le repos porte le nom d'intersaison
- Dans le mésocycle, il comprend les semaines entourant la compétition



Figure 44. Auto-massage (99)

- Dans le microcycle hebdomadaire, ce sont les journées sans entraînement ou avec des séances courtes en endurance fondamentale, dites de « récupération active ».
- Le massage et l'automassage : le massage sera réalisé par un MK. Il permet de réduire la fatigue et la douleur locale à court terme. Pour l'automassage, mobilisez les tissus mous en ciblant les régions musculaires en tension. Les manœuvres peuvent être réalisés quotidiennement pendant plusieurs minutes. Ces zones de tensions peuvent varier en fonction du stress de l'entraînement. Il peut être réaliser à l'aide de balle, de rouleau ou des mains.

Récupération à la suite d'une blessure

Traitement initial : arrêt temporaire ou total, diminution de l'entraînement, consultez un médecin.

« **La règle des sept** » :

- S'absenter complètement 7 jours de toute activité aggravante. Se concentrer sur l'entraînement croisé dans les autres disciplines qui sollicitent d'autres groupes musculaires-squelettiques.
- Si, après 7 jours l'athlète ne souffre plus, il faut passer à la période des 7 jours suivante qui consiste en un entraînement lent et facile tout en effectuant l'activité qui a causé la blessure.
- S'il n'y a toujours pas de douleur après le 14^e jour, on passe à la troisième phase. La troisième phase consiste à augmenter progressivement l'intensité et la durée sur 7 jours. A la fin de cette période de 21 jours, l'athlète devrait être prêt à reprendre l'entraînement à vitesse et intensité antérieure à la blessure.
- Si à un moment quelconque d'une phase de 7 jours, l'athlète ressent une douleur, il doit revenir à la phase précédente et la prolonger aussi longtemps que nécessaire.
- Une autre alternative est possible, celle de l'arrêt complet de l'activité pendant 3 à 4 semaines.

Adapter la gestuelle

Dans de nombreuses disciplines, une pauvreté des qualités gestuelles a été associée à un stress mécanique plus important voire un risque accru de blessures.

- En course à pied : attaquer par l'avant pied, augmenter le nombre de pas par minutes et courir avec une légère flexion du tronc vers l'avant. Cela permet de réduire les contraintes fémoro-patellaire. Ces trois techniques spécifiques doivent être monitorées et appliquées de manière très progressive dans le temps.
- En natation : Éviter la nage de type « overhead » car elle entraîne une extension cervicale et provoque des microtraumatismes d'épaule.
- En vélo : bon positionnement permet d'être aérodynamique et réduire les lésions au dos.
- Les coudes doivent être déverrouillés, les mains détendues pour favoriser la circulation sanguine. Avoir un casque adapté qui n'obstrue pas la vue et moins de 40% du poids du corps doit être supporté par le guidon. Le guidon ne doit pas être trop bas et l'inclinaison de la selle adaptée.
- La taille du cadre peut être déterminée en mesurant la distance entre le guidon et la selle. Le coude doit effleurer le genou lorsque les mains du cycliste sont en bas du guidon, avant-bras à l'horizontal. Le pied est sur la pédale, manivelle en avant et à l'horizontale. L'inclinaison de votre buste ne doit pas engendrer de douleurs rachidiennes. Ne soyez pas trop recroquevillé, aucune cassure de la ligne du dos ne doit être visible. Ne soyez pas non plus trop allongé sous peine de tirer sur la musculature rachidienne. Ces positions peuvent entraîner des douleurs. Choisissez l'inclinaison qui vous convient le mieux et surtout, n'hésitez pas à changer de position au cours de la sortie.
- La hauteur de la selle : poser le talon sur la pédale placée dans la position la plus basse et monter la selle jusqu'à ce que le genou soit en extension. Ce positionnement est recommandé afin d'éviter qu'à chaque tour de pédale ne se produisent l'engagement puis le dégagement de la patella de la trochlée. En position basse, le genou doit rester légèrement fléchi. Une selle trop haute va entraîner une compensation avec bascule du bassin et aura des conséquences sur la colonne lombaire. Si la selle est trop basse, la tension quadricipitale augmente et la patella frotte contre la trochlée.
- Apprendre à pédaler en faisant au moins 80 rotations par minutes afin de diminuer les conséquences articulaires et cardio-vasculaires.
- S'habituer à changer de discipline à chaque entraînement ou au cours d'un entraînement spécifique.

Éléments complémentaires

Échauffement (exercice dynamique : marche ou nage facile)

S'échauffer est très important. Un échauffement structuré permettra de préparer votre organisme sur les plans cardio-vasculaires, nerveux et musculo-squelettiques. Il dure environ 30 minutes.

« Échauffement à sec » :

- Commencez par 500m de vélo pour appréhender votre machine et augmenter doucement la température corporelle.
- Réalisez ensuite 5' de footing lent et souple afin de faire monter la température corporelle et préparer le système cardio-respiratoire.
- Effectuez pour chaque exercices 10 mouvements de mobilité dans un sens et 10 mouvements dans l'autre : rotation cervicale, épaules, coudes, poignets et bassin. Répétez l'enchaînement 2 fois.
- Trottinez de nouveau puis effectuez des flexions, des petits sauts, des montées de genoux et talons-fesses pendant 5'. Terminez cette phase en réalisant 3 séries de 10 pompes.

Échauffement dans l'eau ou avec élastique :

- Nagez de manière souple pendant 10' en cherchant de bonnes sensations. Puis accélérez sur 2 x 50m.
- Avec les élastiques, effectuez 5 séries de travail alterné ou simultané en finissant par 2 séries en accélération progressives (Fig 48).



Figure 45. Échauffement avec élastiques en natation (124)

- Terminez par des exercices de respiration abdominale 4 x 20. Debout sur les appuis, mains sur le ventre, inspirez calmement en gonflant le ventre et expirez en vidant votre ventre. Cela permet de diminuer le stress et d'échauffer votre diaphragme (muscle respiratoire principal).

Autres éléments (non développés)

- **Alimentation**
- **Hydratation**
- **Sommeil**
- **Port de chaussure de qualité**
- **Attention à l'hyponatrémie**
- **Avoir un poids constant**
- **Débutant** : s'inscrire un an avant un Ironman, pas de précipitation, maîtriser l'excitation, ne pas augmenter trop rapidement le volume et l'intensité.
- Avoir un entraînement structuré.

Conclusion

Le triathlon est un sport moderne, en plein essor, dans une société de plus en plus en demande de défi et de dépassement de soi-même. Ce sport s'est énormément développé ces dernières années pour devenir notamment un sport olympique avec des millions de participants dans le monde. Ce sport offre aux athlètes la possibilité de développer et de maintenir une forme physique dans 3 disciplines d'endurance : la natation, le vélo et la course à pied. En raison de la répartition des 3 sports et de la longue distance, de nombreux triathlètes et Ironmen ont un volume et une intensité d'entraînement global plus élevé que les mono-sportifs. En effet, le surentrainement est l'un des facteurs de risque le plus important avec les antécédents de blessures et le nombre d'années de pratique. Ces facteurs de risque ainsi que d'autres facteurs de risque comme la qualité gestuelle, l'absence d'échauffement et l'hygiène de vie, entraînent des blessures microtraumatiques comme des tendinopathies, des périostites et bien d'autres pathologies de surcharge. Elles sont liées en grande partie à une surutilisation des différentes structures anatomiques. Ces blessures de surcharge sont majoritairement retrouvées en course à pied mais elles sont également retrouvées en natation et en cyclisme dans de moindres proportions. L'identification précoce des symptômes de surentrainement et une rééquilibration du temps de pratique dans chaque discipline peut être réalisée en mettant l'accent sur l'augmentation du temps de pratique dans la discipline où le sportif n'est pas blessé. De plus, connaître et éviter les symptômes de surentrainement et se concentrer sur les disciplines qui ne causent pas de douleur peuvent aider les athlètes à continuer à s'entraîner de façon adaptée.

Par conséquent, nous cherchions à contribuer à l'élaboration d'un protocole de prévention spécifiques aux blessures des triathlètes Ironmen qui serait destiné aux MK, aux entraîneurs et aux athlètes. Nous avons interrogé la littérature scientifique et des triathlètes pratiquant la longue distance à l'aide d'un questionnaire. Nous avons mis en évidence de nombreuses blessures de surcharge et un manque de prévention spécifique de celles-ci. De plus, nous avons remarqué que peu d'études de haute preuve scientifique n'avaient évalué l'incidence, l'épidémiologie des blessures et l'influence qu'aurait une stratégie préventive. On remarque une concordance entre la littérature et les résultats de notre questionnaire. En effet, le nombre de blessure est élevé et elles sont essentiellement micro-traumatiques. De plus, les données sur les facteurs de risques principaux et le manque de prévention sont concordantes entre la littérature et les triathlètes interrogés. Des programmes de prévention répondant aux mieux aux triathlètes ont été explicités dans ce mémoire.

Notre travail présente plusieurs limites. Premièrement, notre analyse de la littérature se base sur des études qui n'ont pas un haut niveau de preuve, c'est un critère à prendre en compte pour prendre du recul sur ce travail. Notre échantillon n'est pas représentatif ce qui entraîne un manque de

significativité en ce qui concerne les résultats. Également, on retrouve des biais de sélection, de diffusion et d'interprétation liés au questionnaire. Ainsi, ces biais montrent la complexité d'établir un consensus sur la prévention spécifique des blessures microtraumatiques de l'Ironman.

C'est pourquoi, nous avons tenté de contribuer à l'élaboration d'un protocole préventif mais à ce jour, les recommandations en termes de prévention de blessures ne peuvent se baser sur une évidence scientifique forte. Grâce à nos différentes recherches, nous avons tenté de proposer une stratégie en s'appuyant sur un modèle préventif de qualité, celui de Van Mechelen. L'intérêt de notre travail était de proposer des lignes de conduite directement applicables sur le terrain. La stratégie que nous proposons repose sur cinq grands axes. Première étape, réaliser un bilan médical de présaison afin de recenser tout élément susceptible de survenir à une blessure. Deuxième étape, monitorer la charge d'entraînement. La troisième consiste à intégrer une préparation physique spécifique et adaptée aux efforts du triathlète en incluant notamment du renforcement musculaire global mais aussi un travail de core stability pour préparer l'organisme aux charges de travail imposées. La quatrième étape correspond à l'analyse et la correction de la gestuelle en natation, en cyclisme et en course à pied. Pour la cinquième étape, il est nécessaire de prendre en compte des éléments complémentaires comme un échauffement et une récupération de qualité et une hygiène de vie correcte (alimentation, hydratation, sommeil). La prise en charge d'une blessure doit idéalement débiter par un diagnostic précis et implique ensuite un dialogue multidisciplinaire afin d'adapter la stratégie thérapeutique selon l'évolution de la symptomatologie.

Il apparaît nécessaire de disposer de plus d'études sur le sujet pour pouvoir répondre encore plus efficacement aux besoins fondamentaux de la prévention lésionnelle dans le triathlon. En complément de ce travail, il semblerait intéressant d'analyser la stratégie préventive que nous proposons et de l'évaluer ensuite sur le terrain afin de la proposer aux triathlètes, aux entraîneurs et aux masseurs-kinésithérapeutes.

Bibliographie

1. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med.* août 1992;14(2):82-99.
2. Sanfilippo D, Delvaux F, Croisier J-L, Forthomme B, Kaux J-F. Approche des pathologies en triathlon. *Journal de Traumatologie du Sport.* 1 sept 2019;36(3):160-4.
3. Delvaux F, Croisier J-L, Sanfilippo D, Gofflot A, Tooth C, Kaux J-F, et al. Prévention de blessures et triathlon. *Journal de Traumatologie du Sport.* 1 sept 2019;36(3):147-52.
4. Cipriani DJ, Swartz JD, Hodgson CM. Triathlon and the multisport athlete. *J Orthop Sports Phys Ther.* janv 1998;27(1):42-50.
5. Kaux J-F, Tondeur A. Triathlon... super athlètes et sport préventif ? *Journal de Traumatologie du Sport.* 1 sept 2019;36(3):145-6.
6. Gosling CM, Gabbe BJ, Forbes AB. Triathlon related musculoskeletal injuries: the status of injury prevention knowledge. *J Sci Med Sport.* juill 2008;11(4):396-406.
7. Andersen CA, Clarsen B, Johansen TV, Engebretsen L. High prevalence of overuse injury among iron-distance triathletes. *Br J Sports Med.* sept 2013;47(13):857-61.
8. Burns J, Keenan A-M, Redmond AC. Factors associated with triathlon-related overuse injuries. *J Orthop Sports Phys Ther.* avr 2003;33(4):177-84.
9. Zwingenberger S, Valladares RD, Walther A, Beck H, Stiehler M, Kirschner S, et al. An epidemiological investigation of training and injury patterns in triathletes. *J Sports Sci.* 2014;32(6):583-90.
10. Chéron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in adults: a systematic review. *Chiropr Man Therap.* 2017;25:4.
11. Stanish WD. Overuse injuries in athletes: a perspective. *Med Sci Sports Exerc.* 1984;16(1):1-7.
12. Egermann M, Brocai D, Lill CA, Schmitt H. Analysis of injuries in long-distance triathletes. *Int J Sports Med.* mai 2003;24(4):271-6.
13. Francis P, Whatman C, Sheerin K, Hume P, Johnson MI. The Proportion of Lower Limb Running Injuries by Gender, Anatomical Location and Specific Pathology: A Systematic Review. *J Sports Sci Med.* mars 2019;18(1):21-31.
14. Korkia PK, Tunstall-Pedoe DS, Maffulli N. An epidemiological investigation of training and injury patterns in British triathletes. *Br J Sports Med.* sept 1994;28(3):191-6.
15. Neidel P, Wolfram P, Hotfiel T, Engelhardt M, Koch R, Lee G, et al. Cross-Sectional Investigation of Stress Fractures in German Elite Triathletes. *Sports (Basel).* 15 avr 2019;7(4):E88.
16. Bales J, Bales K. Swimming overuse injuries associated with triathlon training. *Sports Med Arthrosc Rev.* déc 2012;20(4):196-9.

17. Mchardy A, Pollard H, Fernandez M. Triathlon Injuries: A review of the literature and discussion of potential injury mechanisms. *Clinical Chiropractic*. 1 sept 2006;9.
18. Tuite MJ. Imaging of triathlon injuries. *Radiol Clin North Am*. nov 2010;48(6):1125-35.
19. Takeuchi M, Chikawa T, Hibino N, Takahashi Y, Yamasaki Y, Momota K, et al. An Elite Triathlete with High-grade Isthmic Spondylolisthesis Treated by Lumbar Decompression Surgery without Fusion. *NMC Case Rep J*. sept 2020;7(4):167-71.
20. Girard Julien. Triathlon et Ironman. In Lille; 2021.
21. O'Toole ML, Hiller WD, Smith RA, Sisk TD. Overuse injuries in ultraendurance triathletes. *Am J Sports Med*. août 1989;17(4):514-8.
22. Villavicencio AT, Burneikiene S, Hernández TD, Thramann J. Back and neck pain in triathletes. *Neurosurg Focus*. 15 oct 2006;21(4):E7.
23. Struyf F, Tate A, Kuppens K, Feijen S, Michener LA. Musculoskeletal dysfunctions associated with swimmers' shoulder. *Br J Sports Med*. mai 2017;51(10):775-80.
24. Reuter RM, Hiller WD, Ainge GR, Brown DW, Dierenfield L, Shellock FG, et al. Ironman triathletes: MRI assessment of the shoulder. *Skeletal Radiol*. août 2008;37(8):737-41.
25. Yanai T, Hay JG. Shoulder impingement in front-crawl swimming: II. Analysis of stroking technique. *Med Sci Sports Exerc*. janv 2000;32(1):30-40.
26. Bak K. The practical management of swimmer's painful shoulder: etiology, diagnosis, and treatment. *Clin J Sport Med*. sept 2010;20(5):386-90.
27. Bak K, Faunø P. Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain. *Am J Sports Med*. avr 1997;25(2):254-60.
28. Scovazzo ML, Browne A, Pink M, Jobe FW, Kerrigan J. The painful shoulder during freestyle swimming. An electromyographic cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med*. déc 1991;19(6):577-82.
29. De Martino I, Rodeo SA. The Swimmer's Shoulder: Multi-directional Instability. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 20 avr 2018;11(2):167-71.
30. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther*. févr 2009;39(2):90-104.
31. Tate A, Turner GN, Knab SE, Jorgensen C, Strittmatter A, Michener LA. Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *J Athl Train*. avr 2012;47(2):149-58.
32. Fonda B, Sarabon N. Biomechanics of cycling: literature review. *Sport Sci Rev*. 1 janv 2010;19:131-63.
33. Holliday W, Theo R, Fisher J, Swart J. Cycling: joint kinematics and muscle activity during differing intensities. *Sports Biomech*. 2 sept 2019;1-15.

34. Gregor RJ, Cavanagh PR, LaFortune M. Knee flexor moments during propulsion in cycling-
-a creative solution to Lombard's Paradox. *J Biomech.* 1985;18(5):307-16.
35. Hug F, Dorel S. Electromyographic analysis of pedaling: a review. *J Electromyogr Kinesiol.*
avr 2009;19(2):182-98.
36. Streisfeld GM, Bartoszek C, Creran E, Inge B, McShane MD, Johnston T. Relationship
Between Body Positioning, Muscle Activity, and Spinal Kinematics in Cyclists With and Without
Low Back Pain: A Systematic Review. *Sports Health.* févr 2017;9(1):75-9.
37. Dos Santos AF, Nakagawa TH, Nakashima GY, Maciel CD, Serrão F. The Effects of
Forefoot Striking, Increasing Step Rate, and Forward Trunk Lean Running on Trunk and Lower
Limb Kinematics and Comfort. *Int J Sports Med.* mai 2016;37(5):369-73.
38. Dos Santos AF, Nakagawa TH, Serrão FV, Ferber R. Patellofemoral joint stress measured
across three different running techniques. *Gait Posture.* févr 2019;68:37-43.
39. Kernozek TW, Vannatta CN, van den Bogert AJ. Comparison of two methods of
determining patellofemoral joint stress during dynamic activities. *Gait Posture.* juill
2015;42(2):218-22.
40. Roper JL, Harding EM, Doerfler D, Dexter JG, Kravitz L, Dufek JS, et al. The effects of
gait retraining in runners with patellofemoral pain: A randomized trial. *Clin Biomech (Bristol,*
Avon). juin 2016;35:14-22.
41. Vannatta CN, Kernozek TW. Patellofemoral joint stress during running with alterations in
foot strike pattern. *Med Sci Sports Exerc.* mai 2015;47(5):1001-8.
42. Willson JD, Ratcliff OM, Meardon SA, Willy RW. Influence of step length and landing
pattern on patellofemoral joint kinetics during running. *Scand J Med Sci Sports.* déc
2015;25(6):736-43.
43. Teng H-L, Powers CM. Sagittal plane trunk posture influences patellofemoral joint stress
during running. *J Orthop Sports Phys Ther.* oct 2014;44(10):785-92.
44. Binder W, Mousa SA, Sitte N, Kaiser M, Stein C, Schäfer M. Sympathetic activation
triggers endogenous opioid release and analgesia within peripheral inflamed tissue. *Eur J Neurosci.*
juill 2004;20(1):92-100.
45. Décret n°2004-802 du 29 juillet 2004 relatif aux parties IV et V (dispositions
réglementaires) du code de la santé publique et modifiant certaines dispositions de ce code. 2004-
802 juill 29, 2004.
46. LOI n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé (1). 2016-41
janv 26, 2016.
47. Vriend I, Gouttebarger V, Finch CF, van Mechelen W, Verhagen EALM. Intervention
Strategies Used in Sport Injury Prevention Studies: A Systematic Review Identifying Studies
Applying the Haddon Matrix. *Sports Med.* oct 2017;47(10):2027-43.
48. van der Horst N, Smits D-W, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of
the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized

controlled trial. *Am J Sports Med.* juin 2015;43(6):1316-23.

49. Harøy J, Clarsen B, Wiger EG, Øyen MG, Serner A, Thorborg K, et al. The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* févr 2019;53(3):150-7.

50. Harøy J, Thorborg K, Serner A, Bjørkheim A, Rolstad LE, Hölmich P, et al. Including the Copenhagen Adduction Exercise in the FIFA 11+ Provides Missing Eccentric Hip Adduction Strength Effect in Male Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* nov 2017;45(13):3052-9.

51. Ekstrand J, Hägglund M, Kristenson K, Magnusson H, Waldén M. Fewer ligament injuries but no preventive effect on muscle injuries and severe injuries: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med.* août 2013;47(12):732-7.

52. Finch C. A new framework for research leading to sports injury prevention. *J Sci Med Sport.* mai 2006;9(1-2):3-9; discussion 10.

53. Bahr R. Why screening tests to predict injury do not work-and probably never will....: a critical review. *Br J Sports Med.* juill 2016;50(13):776-80.

54. van Dyk N, Clarsen B. Prevention forecast: cloudy with a chance of injury. *Br J Sports Med.* déc 2017;51(23):1646-7.

55. Delvaux F, Kaux J-F, Forthomme B, Croisier J-L. La prévention des blessures sportives : modèles théoriques et éléments-clés d'une stratégie efficace. *Journal de Traumatologie du Sport.* oct 2018;35(3):152-7.

56. Bittencourt NFN, Meeuwisse WH, Mendonça LD, Nettel-Aguirre A, Ocarino JM, Fonseca ST. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition-narrative review and new concept. *Br J Sports Med.* nov 2016;50(21):1309-14.

57. Roe M, Malone S, Blake C, Collins K, Gissane C, Büttner F, et al. A six stage operational framework for individualising injury risk management in sport. *Inj Epidemiol.* 20 sept 2017;4(1):26.

58. Pruna R, Andersen TE, Clarsen B, McCall A, Griffin S, Windt J. Prevention of and Return to Play from Muscle Injuries. :47.

59. Webborn N. Lifetime injury prevention: the sport profile model. *Br J Sports Med.* mars 2012;46(3):193-7.

60. Croisier J-L, Forthomme B, Namurois M-H, Vanderthommen M, Crielaard J-M. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* avr 2002;30(2):199-203.

61. Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med.* août 2008;36(8):1469-75.

62. Clarsen B, Bahr R, Andersson SH, Munk R, Myklebust G. Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite

male handball players: a prospective cohort study. *Br J Sports Med.* sept 2014;48(17):1327-33.

63. Cholewicki J, Silfies SP, Shah RA, Greene HS, Reeves NP, Alvi K, et al. Delayed trunk muscle reflex responses increase the risk of low back injuries. *Spine (Phila Pa 1976).* 1 déc 2005;30(23):2614-20.

64. Pourkazemi F, Hiller CE, Raymond J, Nightingale EJ, Refshauge KM. Predictors of chronic ankle instability after an index lateral ankle sprain: a systematic review. *J Sci Med Sport.* nov 2014;17(6):568-73.

65. Bizzini M, Dvorak J. FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide-a narrative review. *Br J Sports Med.* mai 2015;49(9):577-9.

66. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, Insler S, Bizzini M, Pohlig R, et al. Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *Am J Sports Med.* nov 2015;43(11):2628-37.

67. Silvers-Granelli HJ, Bizzini M, Arundale A, Mandelbaum BR, Snyder-Mackler L. Higher compliance to a neuromuscular injury prevention program improves overall injury rate in male football players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* juill 2018;26(7):1975-83.

68. Häggglund M, Atroshi I, Wagner P, Waldén M. Superior compliance with a neuromuscular training programme is associated with fewer ACL injuries and fewer acute knee injuries in female adolescent football players: secondary analysis of an RCT. *Br J Sports Med.* oct 2013;47(15):974-9.

69. Goode AP, Reiman MP, Harris L, DeLisa L, Kauffman A, Beltramo D, et al. Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* mars 2015;49(6):349-56.

70. 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.

71. Soligard T, Schwellnus 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.

72. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* févr 2001;15(1):109-15.

73. 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.

74. 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.

75. Hulin BT, Gabbett TJ. Indeed association does not equal prediction: the never-ending search for the perfect acute:chronic workload ratio. *Br J Sports Med.* févr 2019;53(3):144-5.

76. Kibler WB, Sciascia A, Dome D. Evaluation of apparent and absolute supraspinatus strength

- in patients with shoulder injury using the scapular retraction test. *Am J Sports Med.* oct 2006;34(10):1643-7.
77. Jobe FW, Kvitne RS, Giangarra CE. Shoulder pain in the overhand or throwing athlete. The relationship of anterior instability and rotator cuff impingement. *Orthop Rev.* sept 1989;18(9):963-75.
 78. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006;36(3):189-98.
 79. Bak K. The practical management of swimmer's painful shoulder: etiology, diagnosis, and treatment. *Clin J Sport Med.* sept 2010;20(5):386-90.
 80. Weldon EJ, Richardson AB. Upper extremity overuse injuries in swimming. A discussion of swimmer's shoulder. *Clin Sports Med.* juill 2001;20(3):423-38.
 81. Madsen PH, Bak K, Jensen S, Welter U. Training induces scapular dyskinesis in pain-free competitive swimmers: a reliability and observational study. *Clin J Sport Med.* mars 2011;21(2):109-13.
 82. Kotler DH, Iaccarino MA, Rice S, Herman S. Return to Cycling Following Brain Injury: A Proposed Multidisciplinary Approach. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America.* 1 févr 2022;33(1):91-105.
 83. Asplund C, Ross M. Core stability and bicycling. *Curr Sports Med Rep.* juin 2010;9(3):155-60.
 84. Vincent HK, Brownstein M, Vincent KR. Injury Prevention, Safe Training Techniques, Rehabilitation, and Return to Sport in Trail Runners. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation.* 1 janv 2022;4(1):e151-62.
 85. Barton CJ, Bonanno DR, Carr J, Neal BS, Malliaras P, Franklyn-Miller A, et al. Running retraining to treat lower limb injuries: a mixed-methods study of current evidence synthesised with expert opinion. *Br J Sports Med.* mai 2016;50(9):513-26.
 86. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* janv 2018;138(1):51-61.
 87. Hill L, Collins M, Posthumus M. Risk factors for shoulder pain and injury in swimmers: A critical systematic review. *Phys Sportsmed.* nov 2015;43(4):412-20.
 88. Drew MK, Finch CF. The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Med.* juin 2016;46(6):861-83.
 89. Mujika I. Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *Int J Sports Physiol Perform.* avr 2017;12(Suppl 2):S29-217.
 90. Wallace LK, Slattery KM, Impellizzeri FM, Coutts AJ. Establishing the criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load. *J Strength Cond Res.* août 2014;28(8):2330-7.

91. De Blaiser C, De Ridder R, Willems T, Vanden Bossche L, Danneels L, Roosen P. Impaired Core Stability as a Risk Factor for the Development of Lower Extremity Overuse Injuries: A Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med.* juin 2019;47(7):1713-21.
92. Lauersen JB, Andersen TE, Andersen LB. Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *Br J Sports Med.* déc 2018;52(24):1557-63.
93. Mucha MD, Caldwell W, Schlueter EL, Walters C, Hassen A. Hip abductor strength and lower extremity running related injury in distance runners: A systematic review. *J Sci Med Sport.* avr 2017;20(4):349-55.
94. Ramskov D, Barton C, Nielsen RO, Rasmussen S. High eccentric hip abduction strength reduces the risk of developing patellofemoral pain among novice runners initiating a self-structured running program: a 1-year observational study. *J Orthop Sports Phys Ther.* mars 2015;45(3):153-61.
95. Struyf F, Tate A, Kuppens K, Feijen S, Michener LA. Musculoskeletal dysfunctions associated with swimmers' shoulder. *Br J Sports Med.* mai 2017;51(10):775-80.
96. Mellion MB. Common cycling injuries. Management and prevention. *Sports Med.* janv 1991;11(1):52-70.
97. Halson SL, Jeukendrup AE. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 2004;34(14):967-81.
98. Loudon JK. The master female triathlete. *Phys Ther Sport.* nov 2016;22:123-8.
99. Nunes GS, Bender PU, de Menezes FS, Yamashitafuji I, Vargas VZ, Wageck B. Massage therapy decreases pain and perceived fatigue after long-distance Ironman triathlon: a randomised trial. *J Physiother.* avr 2016;62(2):83-7.
100. von Rosen P, Frohm A, Kottorp A, Fridén C, Heijne A. Too little sleep and an unhealthy diet could increase the risk of sustaining a new injury in adolescent elite athletes. *Scand J Med Sci Sports.* nov 2017;27(11):1364-71.
101. Yeung SS, Yeung EW, Gillespie LD. Interventions for preventing lower limb soft-tissue running injuries. *Cochrane Database Syst Rev.* 6 juill 2011;(7):CD001256.
102. Brown D. A Review of the PubMed PICO Tool: Using Evidence-Based Practice in Health Education. *Health Promot Pract.* juill 2020;21(4):496-8.
103. Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* juill 2015;45(7):1017-26.
104. Bales J, Bales K. Training on a knife's edge: how to balance triathlon training to prevent overuse injuries. *Sports Med Arthrosc Rev.* déc 2012;20(4):214-6.
105. Priego Quesada JI, Kerr ZY, Bertucci WM, Carpes FP. A retrospective international study on factors associated with injury, discomfort and pain perception among cyclists. *PLoS One.* 2019;14(1):e0211197.

106. Cushman DM, Dowling N, Ehn M, Kotler DH. Triathlon Considerations. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 1 févr 2022;33(1):81-90.
107. Kienstra CM, Asken TR, Garcia JD, Lara V, Best TM. Triathlon Injuries: Transitioning from Prevalence to Prediction and Prevention. *Curr Sports Med Rep*. déc 2017;16(6):397-403.
108. Batt ME, Jaques R, Stone M. Preparticipation examination (screening): practical issues as determined by sport: a United Kingdom perspective. *Clin J Sport Med*. mai 2004;14(3):178-82.
109. Gosling CMcR, Forbes AB, Gabbe BJ. Health professionals' perceptions of musculoskeletal injury and injury risk factors in Australian triathletes: A factor analysis. *Physical Therapy in Sport*. 1 nov 2013;14(4):207-12.
110. Gosling CM, Donaldson A, Forbes AB, Gabbe BJ. The perception of injury risk and safety in triathlon competition: an exploratory focus group study. *Clin J Sport Med*. janv 2013;23(1):70-3.
111. O'Neill S, Watson PJ, Barry S. A delphi study of risk factors for achilles tendinopathy-opinions of world tendon experts. *Int J Sports Phys Ther*. oct 2016;11(5):684-97.
112. Statuta SM, Asif IM, Drezner JA. Relative energy deficiency in sport (RED-S). *Br J Sports Med*. nov 2017;51(21):1570-1.
113. Eckard TG, Padua DA, Hearn DW, Pexa BS, Frank BS. The Relationship Between Training Load and Injury in Athletes: A Systematic Review. *Sports Med*. août 2018;48(8):1929-61.
114. Bonacci J, Chapman A, Blanch P, Vicenzino B. Neuromuscular adaptations to training, injury and passive interventions: implications for running economy. *Sports Med*. 2009;39(11):903-21.
115. Dorrel B, Long T, Shaffer S, Myer GD. The Functional Movement Screen as a Predictor of Injury in National Collegiate Athletic Association Division II Athletes. *J Athl Train*. janv 2018;53(1):29-34.
116. Grand J-M. Stratégies préventives des blessures sportives. :12.
117. Khazzam M, Gates ST, Tisano BK, Kukowski N. Diagnostic Accuracy of the Scapular Retraction Test in Assessing the Status of the Rotator Cuff. *Orthop J Sports Med*. oct 2018;6(10):2325967118799308.
118. Seitz AL, McClure PW, Finucane S, Ketchum JM, Walsworth MK, Boardman ND, et al. The scapular assistance test results in changes in scapular position and subacromial space but not rotator cuff strength in subacromial impingement. *J Orthop Sports Phys Ther*. mai 2012;42(5):400-12.
119. Raoul T, Malfériot J, Barizien N, Lhuissier FJ. Effets d'un programme de renforcement musculaire des extenseurs du rachis chez les triathlètes lombalgiques chroniques. Étude contrôlée randomisée chez 67 sportifs. *Journal de Traumatologie du Sport*. sept 2019;36(3):183-93.
120. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RA. Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *Int J Sports Med*. févr 1997;18(2):113-7.

121. Forthomme B, Dvir Z, Crielaard JM, Croisier JL. Isokinetic assessment of the shoulder rotators: a study of optimal test position. Clin Physiol Funct Imaging. mai 2011;31(3):227-32.
122. Cascua S. Le triathlète à son meilleur niveau. In : Cascua S. Triathlon : S'initier et progresser. Lyon : Amphora; 2015. p. 250-60.
123. Wagner T, Behnia N, Ancheta W-KL, Shen R, Farrokhi S, Powers CM. Strengthening and neuromuscular reeducation of the gluteus maximus in a triathlete with exercise-associated cramping of the hamstrings. J Orthop Sports Phys Ther. févr 2010;40(2):112-9.
124. Ward M. Swimming in a contained space: Understanding the experience of indoor lap swimmers. Health Place. juill 2017;46:315-21.

Résumé

Introduction : Le triathlon est une discipline qui réunit 3 épreuves sur une même compétition : natation, cyclisme et course à pied qui se décline sous plusieurs distances (du sprint à l'Ironman). Ce triple effort connaît un engouement majeur ces dernières années dans le monde entier mais les blessures de surcharge sont très fréquentes. L'objectif de cette étude était de déterminer l'influence d'une stratégie préventive spécifique sur les blessures des Ironmen.

Matériel & Méthodes : Nous avons réalisé une étude descriptive observationnelle. Des questionnaires ont été diffusés auprès des triathlètes longues distances de 20 à 70 ans qui réalisent au moins une compétition par an depuis dix ans.

Résultats : 105 réponses ont été obtenues et 95 ont été retenues. 96,8% des triathlètes déclaraient avoir été blessés au moins une fois sur les dix dernières années, dont 25,3 % ont subi plus de 5 blessures. Les blessures de surmenage seraient les plus fréquentes (80,8%) et surviendraient principalement en course à pied (66,7%). 87,3 % souhaiteraient avoir un protocole de prévention spécifique.

Discussion & Conclusion : Les blessures microtraumatiques seraient majeures et seraient principalement localisées aux membres inférieurs. Il existerait un manque de stratégies préventives spécifiques à l'Ironman. L'identification des facteurs de risque spécifiques et l'utilisation d'un modèle préventif adapté apparaîtraient primordiales pour réduire le nombre de blessures micro-traumatiques. La masso-kinésithérapie paraît essentielle dans la prise en charge et la prévention des blessures de surmenage. Le programme de prévention optimal proposé se réaliserait en cinq étapes : un bilan médical de présaison, une préparation physique adaptée, une quantification et une gestion de la charge de travail, l'adoption d'une gestuelle de qualité dans les trois disciplines et la prise en compte d'éléments globaux liés à l'entraînement.

Mots clés : triathlon, Ironman, blessures micro-traumatiques, prévention.

ABSTRACT

Introduction : Triathlon is a discipline that combines three events in one competition : swimming, cycling and running, which is available in several distances (from sprint to Ironman). This triple effort has become a major craze in recent years throughout the world, but overuse injuries are very common. The aim of this study was to determine the influence of a specific preventive strategy on injuries in Ironmen.

Material & Methods : We conducted a descriptive observational study. Questionnaires were distributed to long-distance triathletes aged 20 to 70 years who had competed at least once a year since ten years.

Results : 105 responses were obtained and 95 were retained. 96.8% of triathletes reported having been injured at least once in the last ten years, of which 25.3% had suffered more than 5 injuries. Overuse injuries were the most frequent (80.8%) and occurred mainly during running (66.7%). 87.3% would like to have a specific prevention protocol.

Discussion & Conclusion : Microtraumatic injuries are said to be major and mainly localized in the lower limbs. There is a lack of preventive strategies specific to Ironmen. The identification of specific risk factors and the use of an adapted preventive model would appear to be essential to reduce the number of micro-traumatic injuries. Physiotherapy appears to be essential in the management and prevention of overuse injuries. The optimal prevention program proposed would be carried out in five stages : a pre-season medical check-up, adapted physical preparation, quantification and management of the workload, the adoption of quality movements in the three disciplines and the consideration of global elements linked to training.

Key words : triathlon, Ironman, micro-traumatic injuries, prevention.