

Faculté des sciences de la motricité

**Chronologie et comparaison de l'efficacité des
différents protocoles de traitement de la
tendinopathie d'Achille**
Une revue narrative

Auteurs : Neumann Estelle et Slezák David
Promoteur(s) : Hanon Jean-François
Année académique 2023-2024
Master en kinésithérapie et réadaptation [60] – KINE2M1

Remerciements

Au terme de ce travail, nous souhaitons exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à sa réalisation.

Tout d'abord, un grand merci à notre promoteur, Jean-François Hanon, pour sa disponibilité et ses conseils déterminants dans l'écriture de ce mémoire ainsi que son adaptabilité par rapport à nos échanges respectifs au second quadrimestre.

Nos remerciements vont également à nos amis, ainsi qu'à nos parents pour leur soutien et leur patience tout au long de cette période.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	La tendinopathie	1
1.2	Physiopathologie	2
1.3	Physiologie du tendon et continuum Cook	4
2	Méthode	8
2.1	Stratégie de recherche :	8
2.2	Critères d'éligibilité (= critères d'inclusion et d'exclusion) :	8
2.3	Sélection des études :	9
2.4	Evaluation du risque de biais :	10
2.5	Extraction des données :	12
3	Discussion	14
3.1	Protocole de Stanish	14
3.1.1	Réflexion	14
3.1.2	Protocole	15
3.1.3	Types de contractions	16
3.1.4	Activité autorisée pendant le traitement	16
3.1.5	Gestion de la douleur	16
3.2	Protocole d'Alfredson	17
3.2.1	Réflexion	17
3.2.2	Protocole	17
3.2.3	Types de contractions	18
3.2.4	Activité autorisée pendant le traitement	19
3.2.5	Gestion de la douleur	19
3.3	Protocole d'Alfredson modifié	21
3.3.1	Réflexion	21
3.3.2	Protocole	21
3.3.3	Type de contractions	21
3.3.4	Activité autorisée pendant le traitement	21
3.3.5	Gestion de la douleur	21
3.4	Protocole de Silbernagel	22
3.4.1	Réflexion	22
3.4.2	Protocole	22
3.4.3	Types de contractions	24
3.4.4	Activité autorisée pendant le traitement	25
3.4.5	Gestion de la douleur	25
3.5	Heavy slow resistance (HSR)	26
3.5.1	Réflexion	26
3.5.2	Protocole	26
3.5.3	Types de contractions	28
3.5.4	Activité autorisée pendant le traitement	29

3.5.5	Gestion de la douleur	29
3.6	Protocole isométrique	29
3.7	Efficacité des différents protocoles d'exercices :	31
3.7.1	Efficacité des protocoles excentriques	34
3.7.2	Protocole d'Alfredson vs protocole de Stanish :	37
3.7.3	Protocole d'Alfredson vs différentes versions du protocole d'Alfredson modifié :	38
3.7.4	Protocoles excentriques vs protocoles concentriques :	40
3.7.5	Excentrique vs protocole de Silbernagel :	41
3.7.6	Protocole d'Alfredson vs HSR :	42
3.7.7	Interprétation des résultats et pistes pour de futures recherches :	43
4	Limites de notre étude	46
5	Conclusion	47
6	Bibliographie.....	49
7	Annexes.....	59
7.1	Annexe 1 :	59
	Tableau reprenant les différentes équations de recherches utilisées dans les différentes bases de données	59
7.2	Annexe 2 :	60

Liste des abréviations

AMSTAR :	A Measurment Tool To Assess Systematic Reviews
CIMV :	Contraction Isométrique Maximale Volontaire
EN :	Échelle Numérique
EVA :	Échelle Visuelle Analogique
DOE :	Dispositif d'Oscillation Électromécanique
HSR :	Heavy Slow Resistance
MTP :	Massage Transversal Profond
NPRS :	Numerical Pain Rating Scale
TA :	Tendinopathie d'Achille
TP :	Tendinopathie Patellaire
VISA-A :	Victorian Institute of Sports Assessment-Achilles

1 Introduction

1.1 La tendinopathie

Les tendons sont des structures fibreuses solides qui relient les muscles aux os. Ils servent de ponts mécaniques qui ont pour principale fonction de transformer la force générée par la contraction musculaire en mouvement. La tendinopathie est l'une des affections musculosquelettiques les plus courantes et elle peut toucher n'importe laquelle des 600 unités muscle-tendon du corps humain (1,2). Précédemment appelées 'tendinites', ce terme a été modifié car il a été démontré que les affections tendineuses sont plutôt à caractère dégénératif qu'inflammatoire (3–5).

Le terme 'tendinopathie' est un *umbrella term* regroupant différentes affections du tendon ; la tendinose, soit une accumulation chronique de micro-traumas menant à une dégénérescence du tendon en l'absence de processus inflammatoire, la tendinite, qui est une manifestation clinique de douleur au niveau du tendon (aigüe ou chronique) avec présence d'un processus inflammatoire intratendineux ou encore la ténosynovite, qui est une inflammation du paratendon causée notamment par un frottement du paratendon contre d'autres structures (6). La tendinopathie désigne donc une lésion du tendon ou du paratendon, sans rupture, exacerbée par une charge mécanique (7).

Alors que le tendon d'Achille est le tendon le plus résistant, le plus large et le plus épais du corps humain (8,9) il est aussi le tendon le plus fréquemment atteint par cette pathologie (10). En 2016, Albers et al. (11) ont observé un taux de prévalence de tendinopathie d'Achille (TA) de 2,35 pour 1000 patients dans la patientèle d'un cabinet général. Bien que les athlètes soient le plus souvent concernés par la TA, avec une incidence entre 9.1 et 10.9 % chez les coureurs (12) et un risque à vie d'en développer une de plus de 50 % chez les coureurs élités de longues distances (13), cette pathologie peut toucher l'ensemble de la population (11).

La TA peut survenir à deux endroits distincts du tendon d'Achille : à son insertion calcanéenne ou dans sa partie médiane, 2 à 7 cm proximale à l'enthèse calcanéenne (là où sa section transversale est plus réduite). Alors que la tendinopathie d'insertion ne constitue que 25 % des cas diagnostiqués, touchant généralement des personnes plus âgées ou moins actives, la tendinopathie du corps tendineux représente 60 à 75 % des diagnostics et est plus courante chez les individus actifs, notamment les

coureurs de fond (13,14). Les patients atteints de TA signalent généralement des symptômes qui se caractérisent par une limitation de la mise en charge, une douleur persistante au niveau du tendon, un gonflement et une raideur matinale, entraînant une perturbation de l'activité physique et une diminution de la qualité de vie (13–15). Les patients souffrant de TA sont plus à risque de développer une dépression, une kinésiophobie ainsi qu'une catastrophisation de la douleur (16). C'est donc une pathologie très répandue avec un impact psychosocial et économique important (17).

En raison de l'incidence élevée de TA et des conséquences significatives que cette pathologie constitue pour les patients, il est important d'appliquer le traitement adéquat pour la traiter. Aujourd'hui, le traitement conservateur est recommandé en première intention pour traiter les TA avant d'envisager d'autres options (17,18). Un traitement a initialement été décrit par Stanish et al. dans les années 80 (19). Ce dernier a été modifié et affiné au fil des années en fonction des avancées de la recherche à chaque époque. Bien que des progrès aient été réalisés, la prise en charge de cette pathologie continue d'évoluer, avec différentes approches proposées selon les recommandations les plus récentes. Par conséquent, cette revue narrative se concentre sur les différents types d'exercices de mise en charge utilisés pour traiter la TA en cherchant à déterminer lequel d'entre eux est le plus efficace. Parallèlement, cette revue tente d'identifier les raisons et les modalités d'évolution afin de potentiellement mettre en lumière des pistes pour de futures recherches. L'objectif est donc de répondre à deux questions : « Quel type de traitement est le plus efficace pour traiter les TA ? » et « Comment les traitements des TA ont-ils évolués ? ». L'objectif étant de guider les cliniciens dans leurs choix thérapeutiques et de mieux comprendre les principes sous-jacents.

1.2 Physiopathologie

Les mécanismes lésionnels provoquant les tendinopathies peuvent varier d'une région à l'autre et d'un patient à l'autre (7), ce qui en fait une pathologie très complexe. La majorité des pathologies tendineuses sont dues à une surcharge du tendon, *overuse*, tant dans le sport que dans l'environnement de travail (1,20). Une faible proportion concerne les ruptures tendineuses liées à un trauma ou à une cause iatrogène (corticostéroïdes, fluoroquinolones) (5). La surcharge tendineuse peut être causée par

deux mécanismes : la mise en tension excessive et/ou la compression du tendon. La combinaison de ces deux mécanismes provoque une force de cisaillement et de friction qui endommagent le tendon. La compression du tendon peut être soit intrinsèque (entre deux faisceaux de fibres), soit extrinsèque (contre une structure osseuse, le paratendon ou un rétinaculum) (7).

Cette exposition chronique du tendon à des charges ou des amplitudes de charges excessives provoque des cycles cumulatifs de lésions, d'inflammation et de réparation qui engendrent des douleurs et des gonflements – la tendinopathie (21). En 2011 Henriksen et Aaboe (22) ont démontré, par électromyographie, la diminution de l'activité musculaire des muscles agonistes et antagonistes lorsqu'un individu présente une douleur au niveau du tendon d'Achille. Ainsi les patients souffrants de tendinopathies présentent généralement une altération de mouvements, ce qui entraîne une charge excessive appliquée sur le tendon atteint. Cette altération du mouvement pourrait être la raison de la chronicité ou de la lenteur de la guérison rencontrée dans cette pathologie. Par exemple, les patients ayant une tendinopathie patellaire (TP) ont tendance à avoir une flexion de hanche et de genou majorée lors du contact initial de la réception d'un saut (23).

D'autres facteurs peuvent contribuer à la dégradation du tendon, tels que le *stress shielding* et la désadaptation (concept de *use it or lose it*). La notion de *stress shielding* décrit une situation où une zone du tissu subit moins de stress que les régions avoisinantes en raison de microlésions des fibres de collagène (15,24) ou à cause d'une répartition inégale des forces, comme il a été suggéré au niveau du tendon rotulien qui subirait plus de force au niveau de sa partie postérieure par rapport à sa partie antérieure (25). Une diminution de la charge subie par un tendon peut entraîner une désorganisation structurelle, une perte des propriétés mécaniques, ainsi qu'une dégénérescence progressive de la matrice extracellulaire. Cela signifie qu'une période d'inactivité relative, suivie d'une augmentation soudaine de la charge, peut précipiter une lésion tendineuse (7,26).

1.3 Physiologie du tendon et continuum Cook

Les propriétés spécifiques du tendon jouent un rôle crucial dans l'explication des causes et des conséquences des tendinopathies. Les tendons sont capables d'absorber les forces externes afin de limiter les surcharges musculaires et agissent comme des dispositifs de stockage temporaire d'énergie (5,27). Ils se caractérisent majoritairement par leur raideur, qui détermine leur capacité à transférer les forces des muscles à l'os. Un tendon plus raide le fera plus rapidement. Les personnes souffrant de TA démontrent souvent une diminution de la raideur de leur tendon (28,29). Cette augmentation de la compliance pourrait entraîner un raccourcissement musculaire compensatoire lors de la contraction, ce qui affecterait sa capacité à générer des mouvements rapides et diminuerait le taux de production de force (30,31). L'effet cumulatif de ces changements mécaniques peut compromettre la performance fonctionnelle globale. De plus, un tendon dont la raideur est réduite subit une contrainte accrue, augmentant ainsi le risque de déchirures dans les fibres de collagène. Avec le temps, ces microtraumatismes rendent le tendon plus vulnérable aux blessures et prolongent le processus de guérison (32).

Ensuite, la résistance à la traction d'un tendon est liée à son épaisseur et à sa teneur en collagène. Le tendon présente un comportement viscoélastique, ce qui signifie qu'il se déforme de façon non-linéaire en réponse à la charge qui lui est imposée (33). Il montre des propriétés de relaxation sous contrainte et de fluage. La relaxation sous contrainte signifie qu'à déformation constante, la charge nécessaire pour maintenir cette déformation diminue avec le temps (34). Le fluage signifie qu'à charge constante, la longueur du tendon augmente progressivement. Il désigne la tendance des matériaux viscoélastiques à se déformer de plus en plus sous une contrainte constante, jusqu'à atteindre une déformation stable (21,34). Le comportement mécanique du tendon dépend de sa section et de sa longueur. Plus la section transversale d'un tendon est grande, plus sa capacité à supporter de lourdes charges avant la rupture est importante. Si le tendon possède des fibres tendineuses plus longues, la raideur diminue et la force qui mène à la rupture reste la même mais l'allongement qui mène à la rupture augmente (35).

Les propriétés des tendons ont également été démontrées à l'aide d'une courbe de contrainte-déformation « Fig 1 », où la contrainte représente la charge par unité de surface et la déformation représente l'allongement du tendon sous cette charge (20,36,37). Cette courbe est constituée de 4 zones :

- I. **Élongation initiale** : Au repos, les fibres de collagène sont ondulées, se redressant lorsqu'elles sont étirées de 2 % au-delà de leur longueur de repos, ceci est dû aux propriétés élastiques du collagène.
- II. **Élongation linéaire**, comme les fibres de collagène répondent linéairement à la charge appliquée, la région linéaire de la courbe contrainte-déformation se forme et c'est la pente de cette région qui représente la raideur du tendon, soit le module de Young. Si la déformation ne dépasse pas 4 %, le tendon reprendra sa longueur initiale lorsqu'il ne sera plus sollicité.
- III. **Zone de rupture microscopique**, au-delà d'un allongement de 4 % des fibres de collagène, le tendon atteint une limite où les microfissures peuvent apparaître.
- IV. **Zone de rupture macroscopique** pour des déformations de 4 à 8 %, c'est le point où le tendon atteint sa contrainte maximale et commence à se déchirer.

Bien que les charges physiologiques normales provoquent des déformations inférieures à 4 %, certaines activités, notamment sportives, peuvent dépasser ce seuil et causer des lésions. La théorie du mécanisme de *overuse* des tendinopathies explique que lorsqu'un tendon sain est chroniquement exposé à des charges qui s'étendent dans la région linéaire de la courbe contrainte-déformation, une rupture microscopique des fibrilles du tendon se produit. Ces charges, qui se situent dans la plage physiologique, sont appliquées si fréquemment que le tendon ne peut pas récupérer entre les applications de la charge et qu'il en résulte une fatigue du tendon (38,39).

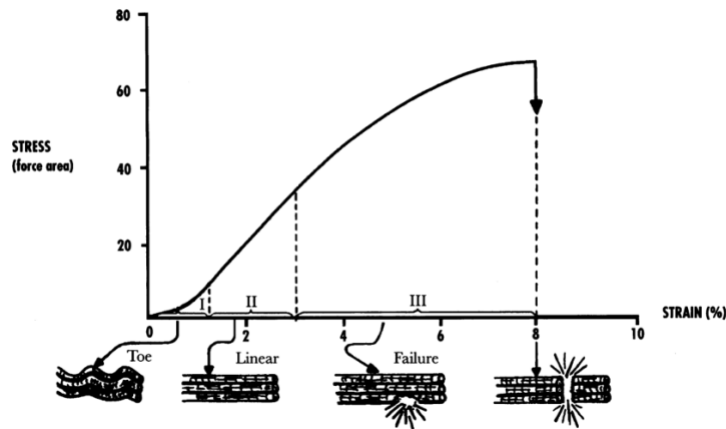


Fig. 1. Courbe typique de contrainte-déformation d'un tendon (Cruwin and Stanish (37))

Jill Cook et Craig Purdam ont établi un modèle du continuum des tendinopathies (15,40) celui-ci explique que les tendinopathies se développent sur un continuum de changements pathologiques plutôt que comme des entités distinctes. Ce modèle souligne l'importance de diagnostiquer avec précision le stade de la tendinopathie afin d'adapter le traitement de manière efficace (9). Il identifie trois phases de la tendinopathie : la tendinopathie réactive, dégradation du tendon, et la tendinopathie dégénérative. Le modèle est décrit pour des raisons de commodité en trois phases distinctes cependant il existe une continuité entre elles « Fig.2 ».

Le stade de tendinopathie réactive est une réponse proliférative non inflammatoire du tissu tendineux, généralement en réaction à une surcharge ou à une compression aiguë. Cette phase se décrit par un minimum de dommages ou de séparation du collagène, cependant on observe un épaissement du tendon dû à une augmentation des protéoglycanes et de la quantité d'eau (15). La phase de dégradation du tendon se caractérise par une dégradation accrue de la matrice tissulaire, une séparation des fibres de collagène, la prolifération de ténocytes anormaux ainsi qu'une néovascularisation. Ces deux stades

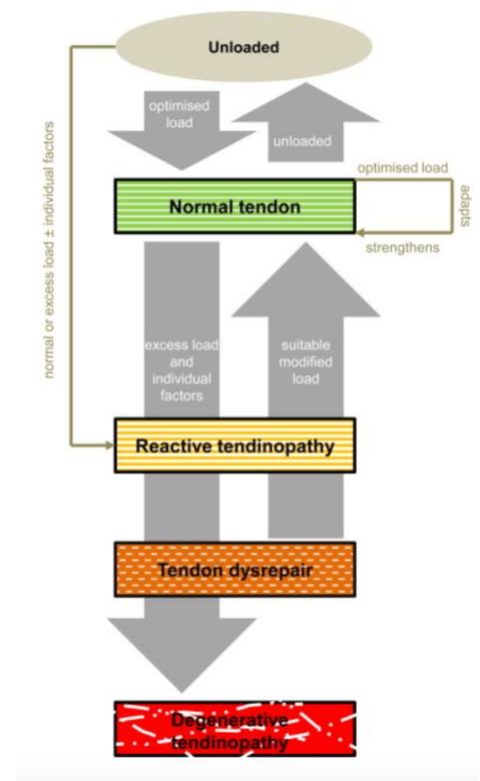


Fig. 2. Modèle de continuum des tendinopathies (Rudavsky et Cook (40))

sont considérés comme ayant un certain degré de réversibilité, à condition qu'un niveau de charge approprié soit appliqué. Le stade final, la tendinopathie dégénérative, se caractérise par une dégradation accrue du collagène, une mort cellulaire généralisée, ainsi que la prolifération de néovaisseaux et de nerfs au sein du tendon, ce qui conduit à une condition pathologique essentiellement irréversible (9).

Cliniquement le continuum de Cook peut être représenté par la théorie de l'iceberg « Fig. 3 ». Dans le contexte des tendinopathies, c'est un concept qui illustre la complexité derrière les lésions tendineuses. Selon cette théorie, la douleur et les symptômes visibles ne représentent qu'une petite partie du problème, semblable à la partie émergée d'un iceberg, tandis que la majorité des lésions et des dysfonctionnements se trouvent en dessous de la surface, souvent non détectés. Dans le cas des tendinopathies, les patients peuvent ressentir une douleur aiguë ou chronique lors de l'activité physique. Cette douleur est souvent le premier signe qui pousse à consulter un professionnel de santé. Cependant, ce n'est qu'une manifestation superficielle de la condition. La partie immergée de l'iceberg représente les micro-lésions et les altérations structurelles des fibres de collagène dans le tendon causées par une surcharge mécanique. En résumé, le théorème de l'iceberg pour les tendinopathies met en lumière la nécessité d'une compréhension globale des blessures tendineuses, où la douleur perçue n'est qu'une petite partie d'un tableau clinique beaucoup plus complexe (35).

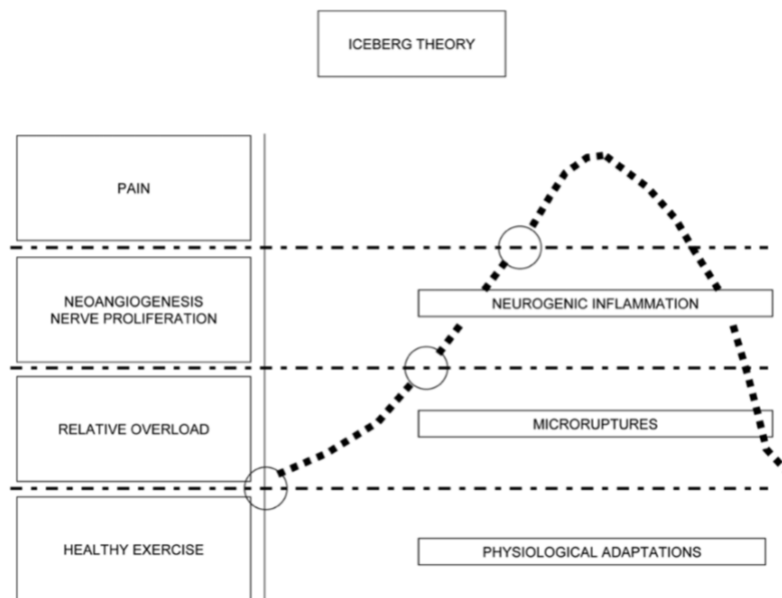


Fig. 3. Théorie de l'iceberg (Abate et al. (35))

2 Méthode

2.1 Stratégie de recherche :

Les recherches ont été réalisées par les deux chercheurs (EN et DS) sur les bases de données suivantes ; PubMed, Embase et PEDro. En vue de répondre à l'objectif de cette revue narrative de la littérature, diverses équations de recherche ont été introduites dans les différentes bases de données utilisées. Les mots clés qui ont été utilisés sont : «tendon*» , «tendin*» , «tendinopathy», «protocol*», «load*», «loading», «training», «effect*», «efficacy», «effectiveness» et « achille's tendinopathy ». Les opérateurs booléens ont chaque fois été adaptés en fonction de la base de données. Dans la base de données PEDro, une stratégie de recherche plus générale a été utilisée ; le mot clé « achille's tendinopathy » n'a pas été utilisé et tous types de tendinopathies étaient incluses. Étant donné que des critères d'inclusion et d'exclusion étaient prédéfinis, il a été estimé que cela n'allait pas biaiser la sélection des articles. Les différentes équations de recherches utilisées sont reprises dans l' « Annexe 1 ».

Afin de réaliser un premier tri et de répondre au mieux à l'objectif de cette revue narrative, un filtre a été utilisé pour ne prendre en compte que les revues systématiques et les méta-analyses.

2.2 Critères d'éligibilité (= critères d'inclusion et d'exclusion) :

Pour éviter les biais de sélection, certains critères d'inclusion et d'exclusion ont été déterminés par consensus entre les deux auteurs préalablement à toute recherche.

Seules les revues systématiques et les méta-analyses portant sur l'efficacité clinique (douleur et fonction) des traitements de mise en charge du tendon d'Achille ont été incluses.

Il fallait que l'étude mentionne une évolution sur l'échelle *Victorian Institute of Sports Assessment – Achilles* (VISA-A), l'Echelle Visuelle Analogique (EVA), ou sur une Echelle Numérique (EN). L'échelle VISA-A est un questionnaire d'auto-évaluation qui comprend des questions sur la douleur du tendon, la raideur et la capacité fonctionnelle

(41). Cette échelle est le seul outil qui a été reconnu comme valide et fiable pour évaluer la douleur et la fonction pour la TA (42).

Malgré la faible fiabilité test-retest de l'échelle EVA, elle reste l'une des échelles les plus utilisées cliniquement pour évaluer la douleur (43). Les études qui en parlaient ont par conséquent été déterminées comme pertinentes par les deux auteurs.

Les revues qui parlaient de traitements passifs (effectués par une tierce personne), qui ne mettaient pas en charge le tendon, n'ont pas été prises en compte. Cela comprend les ondes de choc, les ultrasons, le massage transversal profond (MTP), les corticostéroïdes, le taping, la thérapie manuelle, le traitement chirurgical ou encore les injections.

Seules les études se concentrant sur le tendon d'Achille ont été incluses.

2.3 Sélection des études :

Avec les équations de recherche utilisées (voir « Annexe 1 ») et en ne filtrant que les revues systématiques et les méta-analyses, un total de 121 articles a été obtenu. Seules des revues systématiques et des méta-analyses ont donc été prises en compte. Ensuite, un tri se basant uniquement sur les titres des articles a été réalisé par chaque auteur. À la suite de cette étape, un total de 38 articles a été retenu. Deux d'entre eux étaient écrits en allemand et un en néerlandais. Ils ont été exclus car les auteurs ne maîtrisent pas ces langues. Après élimination des doublons et une analyse plus rigoureuse effectuée par la lecture de l'abstract de chaque article, en appliquant les critères d'éligibilité mentionnés, 15 articles ont été retenus. L'entièreté de ces articles a été lu par les deux auteurs afin de décider par consensus s'ils correspondaient bien aux critères d'éligibilité. Après la lecture complète, 5 articles ont été exclus pour les raisons suivantes ; nous n'avions pas accès à l'entièreté d'un des articles, un article ne présentait pas de résultats ni de discussion, deux articles ne répondaient pas à l'objectif de notre revue et un article ne présentait pas de résultats individuellement et les résultats n'étaient donc pas interprétables par les auteurs. Pour finir, un total de 10 articles a donc été sélectionné. Le diagramme de flux est repris dans la « Fig. 4 ».

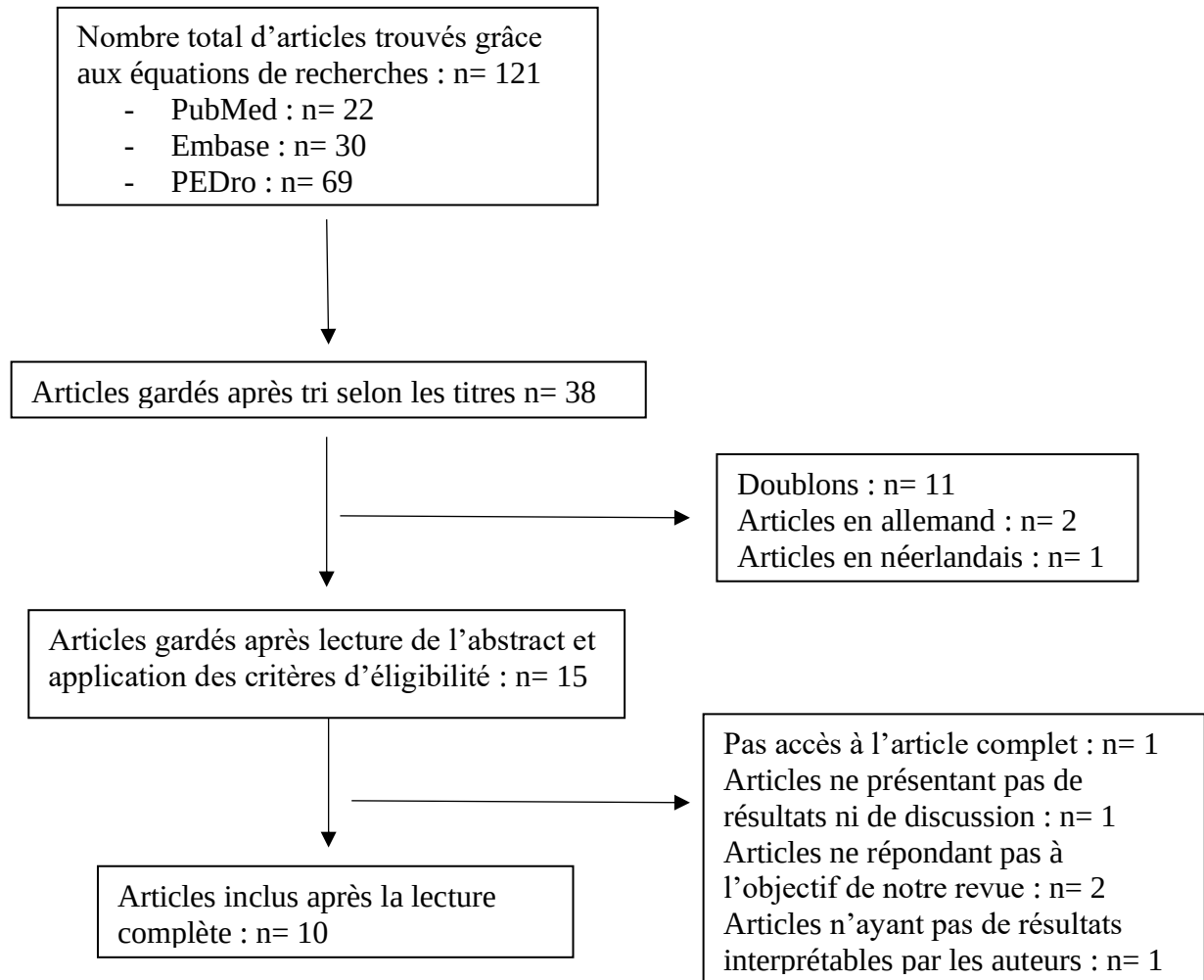


Fig. 4. Diagramme de flux

2.4 Evaluation du risque de biais :

La qualité des articles retenus pour cette revue de la littérature a été évaluée par les deux auteurs en utilisant l'échelle AMSTAR-2.

AMSTAR-2 (A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews -2) est la deuxième version de l'échelle AMSTAR qui est reconnue comme l'une des meilleures échelles pour évaluer la qualité méthodologique des revues systématiques médicales. L'échelle AMSTAR-2 est utilisée pour évaluer la qualité méthodologique des revues systématiques comprenant des essais randomisés contrôlés, des essais non-randomisés, ou les deux, dans le domaine des soins de santé (44). Elle a été améliorée par rapport à son prédécesseur de telle manière à être plus précise et plus facile à utiliser. Cette

échelle n'est pas chiffrée et la qualité des revues systématiques est classées selon 4 catégories : « très faible », « faible », « modérée », « bonne ».

Cet outil se compose de 16 items couvrant des aspects essentiels de la méthodologie des revues systématiques. Parmi ces 16 items, 7 d'entre eux sont considérés comme des domaines critiques par les créateurs de cette échelle ; à savoir les items 2,4,7,9,11,13 et 15 (44). Ceux-ci sont déterminants pour évaluer la qualité des revues systématiques. AMSTAR-2 est un outil avec des propriétés psychométriques acceptables. La fiabilité inter-évaluateurs est jugée modérée à importante (45).

Afin d'avoir la meilleure fiabilité inter-évaluateurs possible, par commun accord entre les auteurs, il a été décidé de suivre les indications précises de Shea et al (44). C'est-à-dire :

- Les 7 domaines critiques n'ont pas été modifiés malgré la suggestion des auteurs qui stipulent que ces domaines peuvent être adaptés en fonction de l'article évalué.
- Si aucune information n'est donnée par l'article concernant un des items, « No » a été sélectionné pour évaluer cet item.
- Certains des items sont propres aux méta-analyses. Lorsque ces items ne s'appliquant pas à l'article évalué, « NA » a été sélectionné pour évaluer cet item.
- Pour évaluer la pertinence et la confiance envers les résultats des revues systématiques, nous avons repris le tableau d'évaluation original de l'étude de Shea et al. (44) – « Fig. 5 ».

- **High**
- *No or one non-critical weakness*: the systematic review provides an accurate and comprehensive summary of the results of the available studies that address the question of interest
- **Moderate**
- *More than one non-critical weakness**: the systematic review has more than one weakness but no critical flaws. It may provide an accurate summary of the results of the available studies that were included in the review
- **Low**
- *One critical flaw with or without non-critical weaknesses*: the review has a critical flaw and may not provide an accurate and comprehensive summary of the available studies that address the question of interest
- **Critically low**
- *More than one critical flaw with or without non-critical weaknesses*: the review has more than one critical flaw and should not be relied on to provide an accurate and comprehensive summary of the available studies
- *Multiple non-critical weaknesses may diminish confidence in the review and it may be appropriate to move the overall appraisal down from moderate to low confidence.

Fig. 5. tableau d'évaluation de la confiance globale dans les résultats de la revue systématique. Tableau repris depuis l'article original de Shea et al. (2017) (44)

Un tableau résumant la notation des items pour chaque article et la qualité des différents articles inclus dans cette revue a été réalisé « Tableau 1 ». Les articles ont chaque fois été classés dans une des catégories suivantes selon les critères de l'échelle AMSTAR-2 : « très faible », « faible », « modérée », « bonne ».

2.5 Extraction des données :

L'entièreté des 10 revues systématiques et méta-analyses a été lue par les deux auteurs. Les résultats évoqués dans cette revue systématique se basent sur les résultats de celles-ci. Les articles inclus dans les revues systématiques ont été lus uniquement si le protocole utilisé n'était pas clairement expliqué dans la revue systématique afin de clarifier leurs conclusions.

Huit revues systématiques (46–53) ont évalué l'efficacité des protocoles excentriques, trois ont comparé le protocole de Stanish avec le protocole d'Alfredson (47,49,52), cinq ont comparé le protocole d'Alfredson avec le protocole d'Alfredson modifié (14,47,49,52,53), cinq ont comparé le protocole d'Alfredson avec le protocole HSR (*Heavy Slow Resistance*) (14,47,49,52,54), quatre ont comparé des protocoles d'exercices excentriques avec des protocoles d'exercices concentriques (48,49,52,54) et quatre ont comparé les protocoles excentriques avec le protocole de Silbernagel (14,49,52,54).

Certaines revues systématiques reprenaient les mêmes sources. Dans ce cas précis, une comparaison des résultats des différentes revues systématiques était réalisée et si celles-ci différaient, cela a systématiquement été précisé dans l'interprétation des résultats.

Additionnellement, afin de réaliser la chronologie des différents traitements pour les TA, des informations ont été extraites des articles originaux des auteurs qui ont développé les différents protocoles.

Tableau 1 : Tableau reprenant en détail l'évaluation de la qualité des revues systématiques incluses en utilisant l'échelle AMSTAR-2

Articles	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Item 13	Item 14	Item 15	Item 16	Qualité
Wiegerinck et al. (2012) (46)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	NA	NA	Y	Y	NA	N	Modérée
Kingma et al. (2007) (48)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	NA	NA	Y	Y	NA	Y	Faible
Sivrika et al. (2023) (54)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	NA	NA	Y	Y	NA	Y	Bonne
Prudêncio et al. (2023) (49)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	N	Très faible
Murphy et al. (2019) (47)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Faible
Meyer et al. (2009) (50)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	NA	NA	Y	Y	NA	N	Faible
Maetz et al. (2023) (14)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	Faible
Kearney et al. (2010) (51)	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	NA	NA	Y	N	NA	N	Très faible
Head et al. (2019) (52)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NA	NA	Y	Y	Y	Y	Faible
Habets et al. (2015) (53)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	NA	NA	Y	Y	NA	N	Faible
Légende : • Y = "Yes" • N = "No" • NA = Not Available (car l'article ne comprenait pas de méta-analyse)																	

3 Discussion

3.1 Protocole de Stanish

3.1.1 Réflexion

Le tendon a longtemps été considéré comme une structure inerte reliant le muscle à l'os. A partir des années 1960, de nombreux auteurs ont démontré que le tendon était en réalité une structure mécaniquement passive qui s'allonge lorsque la charge augmente et se raccourcit lorsque la charge diminue « Fig.6 » (55,56). Cette découverte a conduit des chercheurs tel que W. Stanish à s'interroger sur la façon dont le tendon réagirait aux charges et sur les méthodes efficaces pour traiter les tendons pathologiques.

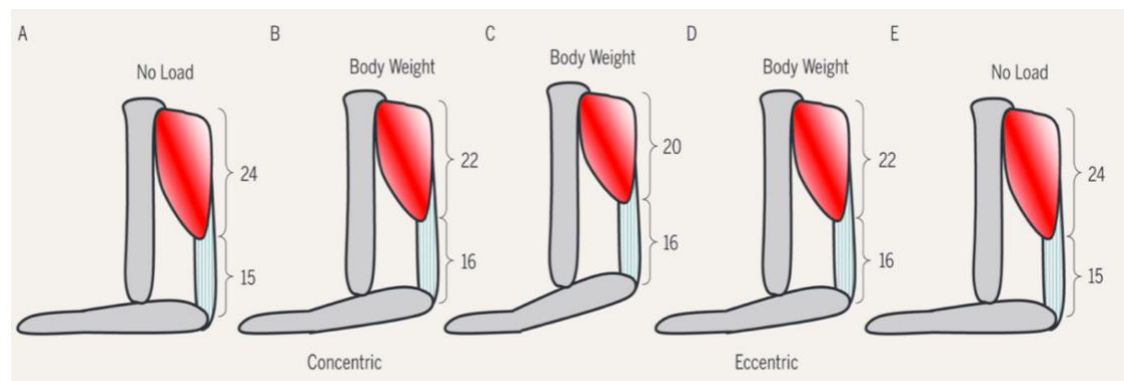


Fig.6. Illustration schématique de la contraction musculaire concentrique et excentrique autour de l'articulation de la cheville. Les chiffres illustrent les longueurs (pas à l'échelle). (A) Pendant la montée concentrique du talon, le tendon et le muscle sont initialement détendus. (B) Le raccourcissement du muscle génère une force qui allonge le tendon jusqu'à ce qu'une force suffisante soit atteinte et que le talon commence à se soulever. (C) Alors que le muscle se raccourcit encore, le talon continue à se soulever sous l'effet d'une force à peu près constante et, en raison de la charge constante, la longueur du tendon reste également constante. (D) Dans la phase excentrique, le talon s'abaisse alors que le muscle s'allonge, toujours avec une force à peu près constante, et par conséquent le tendon conserve sa longueur. (E) Enfin, le muscle s'allonge lorsqu'il est relâché et le tendon se raccourcit parce que la charge est supprimée. (Couppé et al. (56))

En 1985 Stanish et al. (19) ont été les premiers à proposer le concept de mise en charge excentrique comme traitement des tendinopathies. En effet, il a été observé que les sujets souffrant de TA chroniques ressentait une douleur lorsqu'ils décéléraient ou inversaient le sens de leur marche, de même pour le tendon patellaire lorsqu'ils décéléraient à la réception d'un saut. De nombreux auteurs dont Komi et al. (57) en

avaient conclu que le dénominateur commun était le type de force appliqué, soit la contraction excentrique.

Comme évoqué dans l'introduction, la tendinopathie est une pathologie qui peut toucher n'importe quel tendon mais qui a une étiologie commune : des traumatismes répétés dépassant la capacité des tissus à se régénérer, *overuse* (37). Selon Stanish et al., si un tendon était lésé, le traitement devait inclure un entraînement de renforcement afin de rendre ce tendon invulnérable à la quantité de stress mécanique qui avait provoqué la lésion initiale (19). Si la force qui avait causé le traumatisme était de type excentrique, le tendon devait être réentraîné de façon excentrique. De plus, ce type de contraction générerait une charge plus importante sur le tendon que des contractions concentriques ou isométriques (19).

Cette observation est renforcée par l'étude de Komi et al. (58) qui a comparé les effets d'un entraînement concentrique à un entraînement excentrique sur la tension exercée sur le tendon. Ils ont constaté que l'entraînement excentrique, malgré qu'il ait montré une diminution de force maximale à 2 semaines due aux courbatures, est le type de contraction qui consomme le moins d'énergie et produit la plus grande tension.

Les objectifs premiers du protocole de Stanish et al. sont de soulager les symptômes, réduire l'inflammation lorsque celle-ci est présente et de favoriser le rétablissement de l'intégrité des tissus (37,59).

3.1.2 Protocole

Un protocole de traitement d'une durée de six semaines a été proposé (19,36), structuré selon un ordre précis pour optimiser la réhabilitation. Ce programme comprend plusieurs étapes clés :

- a) Au début de chaque séance, des étirements statiques sont réalisés pour préparer les muscles et les tendons. Ces étirements doivent être maintenus pendant 15 à 30 secondes et répétés 3 à 5 fois.
- b) Exercice de mise en charge : L'exercice consiste en un *heel-drop* sur le bord d'une marche d'escalier avec les genoux en extension. Le patient se met d'abord sur la pointe des pieds, en bipodal pour monter, ce qui correspond à la phase concentrique. Ensuite, il abaisse lentement les talons en contrôlant la descente

soit en appui unipodal, soit en bipodal, selon le stade du traitement, ce qui correspond à la phase excentrique. La charge est modulée selon trois paramètres : l'amplitude de mouvement, la vitesse (lente, moyenne, rapide) et la charge (bipodale, unipodale, charge additionnelle). Le patient doit réaliser 3 séries de 10 répétitions par jour.

- c) Ensuite, il faut répéter la séance d'étirement de la phase 1.
- d) Pour terminer, à la fin de chaque séance il est recommandé d'appliquer de la glace pendant 5 à 10 minutes pour réduire le gonflement et la douleur.

3.1.3 Types de contractions

Bien que Stanish et al. (19) mettaient plus l'accent sur la partie excentrique de leur traitement, ce protocole contenait également une phase concentrique de montée sur pointe de pieds durant laquelle les deux jambes sont sollicitées.

3.1.4 Activité autorisée pendant le traitement

Au cours de la rééducation, les athlètes souffrant de tendinopathie chronique n'ont généralement pas besoin d'arrêter complètement la pratique de leur sport. Ce n'est qu'en cas de douleur sévère ou persistante que l'athlète doit ajuster sa participation sportive. Dans ces situations, la reprise de l'activité doit être prudente, elle doit commencer à 25 % du niveau antérieur à la blessure et être pratiquée un jour sur deux. Si l'athlète reste asymptomatique à ce niveau, la participation peut être augmentée de 10 % par semaine jusqu'à atteindre les niveaux d'avant la blessure. Ainsi, les athlètes atteints de tendinopathie sévère peuvent nécessiter 10 à 12 semaines de traitement (38).

3.1.5 Gestion de la douleur

Pour moduler l'évolution de la charge et de la vitesse lors de réalisation des exercices, Stanish se basait sur l'évaluation subjective de la douleur du patient. Elle ne devait survenir que lors de la dernière série de 10 répétitions et de façon modérée. Si le sujet ne ressentait aucune douleur, c'est que la charge n'était pas suffisante (*no pain, no gain*). D'autre part, s'il avait mal lors des trois séries de répétitions, c'est que celle-ci est trop importante, dans les 2 cas le programme perdait de son efficacité.

L'application de la charge maximale est cruciale pour faciliter l'adaptation du tendon en cours de cicatrisation à des charges croissantes « Fig. 7 » (19,36).

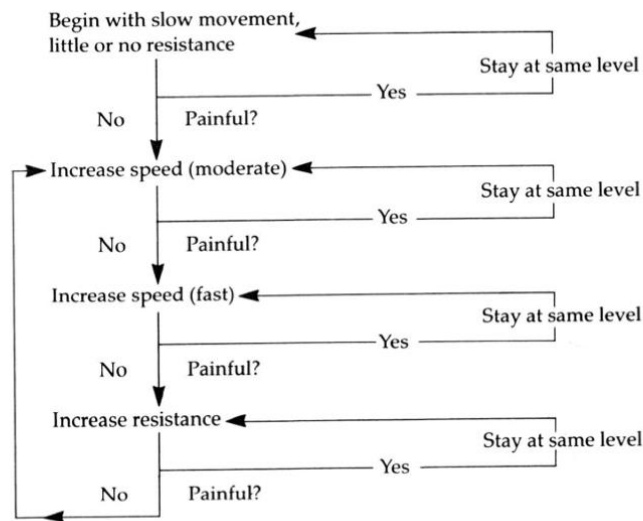


Fig. 7. Méthode de progression du programme excentrique (Stanish et al. (36))

3.2 Protocole d'Alfredson

3.2.1 Réflexion

Le deuxième auteur à avoir proposé un traitement excentrique pour le traitement de la TA est Håkan Alfredson, un chercheur suédois et chirurgien orthopédiste renommé, spécialisé dans les troubles des tendons. En 1995, ayant lui-même souffert d'une TA et n'ayant pas la possibilité de se faire opérer, il a réalisé un protocole d'exercices excentriques afin de se soigner et a pu voir les bénéfices que celui-ci lui apportait (60). Il a alors commencé à s'intéresser aux traitements conservateurs des TA, en particulier aux traitements par des exercices excentriques. Le protocole d'Alfredson décrit ci-dessous a été initialement pensé pour les TA du corps tendineux étant donné que c'est une région facile à examiner cliniquement par ultrason ou par IRM (61).

3.2.2 Protocole

En 1998, Alfredson avait proposé un protocole de traitement semblable à celui de Stanish et al. avec certaines modifications (62). Le protocole d'Alfredson durait 12 semaines (contrairement au protocole de Stanish qui dure 6 semaines) et contenait une

charge d'entraînement bien plus élevée. D'une part, il augmentait la fréquence des exercices de *heel-drop* de une fois à deux fois par jour et d'autre part, il proposait deux modalités d'exercices de mise en charge excentrique : l'un avec le genou en extension et l'autre avec le genou fléchi, afin d'activer à la fois les muscles gastrocnémiens et le soléaire, totalisant ainsi 180 répétitions quotidiennes comparé à 30 pour le protocole de Stanish « Fig.8 ». Le mouvement devait être réalisé de manière lente et contrôlée.

Les patients avaient comme instruction d'augmenter la charge en augmentant le poids sur la jambe pathologique (contrairement au protocole de Stanish qui varie également la vitesse d'exécution), ce en modifiant d'abord l'appui de bipodal à unipodal et par la suite en ajoutant des sacs à dos de plus en plus lourds (19,62). De plus, la descente en unipodal se faisait au maximum de l'étirement du mollet et la remontée se faisait avec la jambe controlatérale non pathologique afin d'éviter un travail concentrique du tendon atteint. Ce programme était volontairement plus intense pour permettre de favoriser le processus de guérison et le remodelage du tendon.

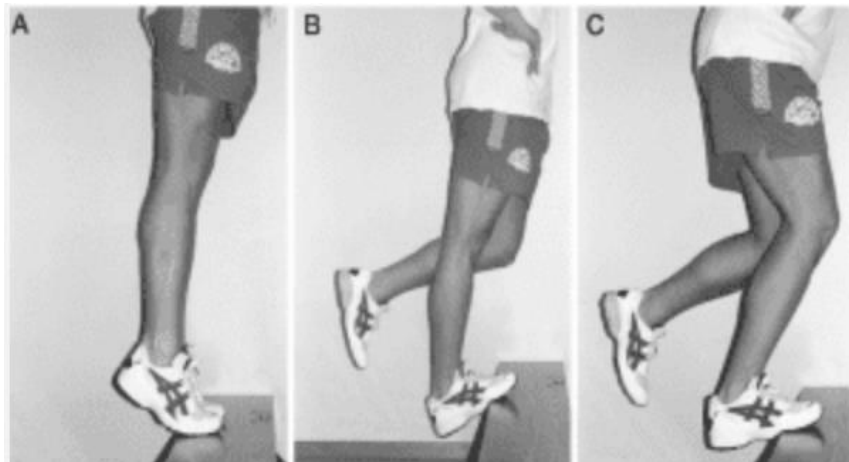


Fig.8. En position debout, avec tout le poids du corps sur l'avant-pied et l'articulation de la cheville en flexion plantaire soulevée par la jambe non blessée (A), le muscle du mollet a été soumis à une charge excentrique en demandant au patient d'abaisser le talon avec le genou tendu (B) et avec le genou fléchi (C). (Alfredson et al. (62))

3.2.3 Types de contractions

Ce protocole contenait uniquement une mise en charge excentrique du tendon pathologique. Pour savoir si le traitement par entraînement concentrique douloureux des muscles du mollet pouvait également donner de bons résultats cliniques, Mafi et

al. (64) ont réalisé une étude dans laquelle des patients souffrant de TA chronique douloureuse au niveau du corps tendineux ont été randomisés pour suivre un entraînement concentrique ou excentrique. Le programme d'entraînement excentrique d'Alfredson (62) a été comparé à un programme d'entraînement qui incluait des exercices contenant principalement une action concentrique des muscles du mollet. Les résultats ont montré que le programme d'entraînement excentrique produisait des résultats cliniques nettement supérieurs (81 % des patients satisfaits et ayant retrouvé leur niveau d'activité antérieur) au programme d'entraînement concentrique (38 % de patients satisfaits). Ils n'avaient pas su expliquer les raisons des bons résultats cliniques obtenus avec l'entraînement excentrique douloureux mais ils avaient émis quelques hypothèses. Ces résultats auraient pu être la conséquence de l'hypertrophie induite par la charge et de l'augmentation de la résistance à la traction dans le tendon, ou peut-être un effet de l'étirement, avec un allongement de l'unité muscle-tendon et par conséquent une réduction de la contrainte lors du mouvement de l'articulation de la cheville. Une autre hypothèse était le fait que l'entraînement douloureux pouvait engendrer une altération de la perception de la douleur dans le tendon (65).

3.2.4 Activité autorisée pendant le traitement

Au cours du programme d'entraînement de 12 semaines, les patients pouvaient faire du jogging ou de la marche à un rythme lent, sur un terrain plat et sur une courte distance. Par la suite, leur activité pouvait être progressivement augmentée, si cette dernière pouvait être effectuée avec une légère gêne et sans douleur (64).

3.2.5 Gestion de la douleur

Öhberg, Lorentzon et Alfredson en 2001 (66), avaient démontré que dans 65 % des cas de tendinopathie, il y avait une néovascularisation dans la portion moyenne du tendon. Cette découverte a changé la façon de voir la vascularisation dans le tendon pathologique. En effet, Stanish décrivait à l'époque que dans les tendons atteints de tendinopathie, il y avait des ruptures vasculaires et que cette mauvaise perfusion entraverait la capacité des tendons à se régénérer correctement, augmentant ainsi le

risque de dégénérescence et de tendinopathies chroniques (37). La constatation d'Alfredson contredisait Stanish, en affirmant que de nouveaux vaisseaux se formaient dans les tendons atteints de tendinopathies (63,66,67). Il émet également l'hypothèse que cette néovascularisation, trouvée en lien avec les modifications structurales du tendon pathologique, est impliquée dans les mécanismes de la douleur(67).

En 2007, Alfredson et Cook (68) ont confirmé ces hypothèses, en effet des analyses de biopsies prélevées dans des zones de tendinopathies présentant une néovascularisation ont révélé la proximité étroite entre les structures nerveuses et les vaisseaux sanguins (69). Il était donc évident que les voies neurales impliquées dans la tendinopathie pouvaient être liées à la néovascularisation et à la douleur.

Dans cet article Alfredson et Cook explorent la question de « Pourquoi le traitement excentrique réduit-il la douleur des tendinopathies chroniques ? ». Une de leurs hypothèses était que les mises en charges excentriques répétées du tendon provoqueraient une agression mécanique des nerfs responsables de la douleur. Étant donné que les structures nerveuses présentes dans les tendons humains douloureux sont situées à proximité des vaisseaux sanguins, et que ces vaisseaux sont influencés par la contraction et l'étirement musculaire, les effets cliniques positifs observés avec l'entraînement excentrique pourraient résulter de modifications affectant à la fois la néovascularisation et les nerfs qui l'accompagnent. En utilisant l'échographie et le Doppler Couleur pendant la contraction excentrique du muscle du mollet, Mafi et al. (64) ont observé que le flux dans les néovaisseaux disparaissait lorsque la cheville était en position de dorsiflexion, cela montrerait également la nécessité de réaliser les « heel-drop » dans la plus grande amplitude possible. L'exercice excentrique pourrait induire des dommages aux vaisseaux sanguins et ainsi, en réduisant la néovascularisation, indirectement diminuer la prolifération des fibres nerveuses ce qui par conséquent réduirait la douleur (64,68,69).

Une caractéristique différente du programme d'entraînement excentrique d'Alfredson était que le patient était encouragé à poursuivre les exercices même en présence de douleur, à condition que celle-ci ne devienne pas invalidante et n'augmente pas à la fin de la réalisation du protocole.

3.3 Protocole d'Alfredson modifié

3.3.1 Réflexion

En 2014, Stevens et al. (70), proposaient une version modifiée du protocole d'Alfredson car, comme dit précédemment, ce programme comporte 180 répétitions par jour et bien que son efficacité ait été prouvée, il est chronophage, il peut être inconfortable, et ainsi réduire la compliance des patients. N'ayant aucune preuve solide pour soutenir ce nombre important de répétitions, cet article avait examiné des dosages d'exercices variés qui minimisaient l'inconfort tout en conservant les bénéfices cliniques, pour cela ils ont comparé un groupe suivant le protocole standard d'Alfredson à un groupe *do as tolerated*.

3.3.2 Protocole

Le protocole d'Alfredson modifié consistait à effectuer les exercices excentriques de *heel drop* dans les deux positions décrites par Alfredson deux fois par jour, tout comme le protocole initial. Les patients avaient pour consigne de réaliser un volume de répétitions qu'ils pouvaient tolérer tout en essayant d'atteindre les 180 répétitions quotidiennes initialement décrites par Alfredson (70).

3.3.3 Type de contractions

Ce protocole contenait uniquement une mise en charge excentrique du tendon pathologique.

3.3.4 Activité autorisée pendant le traitement

L'activité des patients en dehors du protocole n'a pas été pas décrite.

3.3.5 Gestion de la douleur

Dans ce protocole, les patients avaient pour instruction de réaliser les exercices jusqu'à l'inconfort, mais sans douleur excessive.

Stevens et al (70) soulignaient la nécessité de définir le dosage optimal des exercices excentriques en termes de durée, de fréquence et d'intensité pour la

rééducation des TA du corps tendineux. Dans le cadre d'une rééducation individualisée, un prédicteur clinique adéquat peut être utile pour guider ce dosage. Par exemple, Silbernagel et al. (71) utilisent un modèle de surveillance de la douleur pour favoriser l'adhésion à l'exercice et éviter la surcharge ou la sous-charge des tissus. Cette stratégie permet aux patients de jouer un rôle plus actif dans la gestion de leur condition. Un des avantages potentiels de cette approche est l'amélioration de l'auto-efficacité, qui est associée à des résultats positifs dans le traitement des affections musculosquelettiques (3).

3.4 Protocole de Silbernagel

3.4.1 Réflexion

K.G. Silbernagel est une physiothérapeute et chercheuse suédoise, spécialisée dans la réhabilitation des blessures musculosquelettiques, en particulier la TA.

En se basant sur les recherches de Alfredson et al. en 1998 (62), elle a développé un premier protocole en 2001 (72). En 2007, ce dernier a été adapté pour les athlètes en se concentrant davantage sur l'adaptation progressive de la charge et en évaluant l'impact de la poursuite de l'activité physique pendant le traitement (73,74).

Les différences principales entre les deux protocoles résident dans la fréquence des exercices (deux fois par jour en 2001 contre une fois par jour en 2007), le type d'exercices (principalement excentriques en 2001, avec une intégration d'exercices concentriques et pliométriques en 2007), l'ajout d'une quatrième phase dans le programme de 2007 et la surveillance de la douleur (moins structurée en 2001, avec un modèle de surveillance en 2007). Ces évolutions témoignent d'une volonté d'adapter le protocole aux besoins des patients tout en intégrant des principes de progression plus dynamiques et basés sur la douleur. Les détails de ces deux protocoles sont disponibles dans l'« Annexe 2 ».

3.4.2 Protocole

Le protocole de 2007 se compose de quatre phases. La première phase, qui dure 2 semaines, contient des exercices visant à stimuler la circulation sanguine (flexion extension des orteils et de la cheville) et différents exercices de *heel raise*

bipodaux « Fig. 9.A », unipodaux « Fig. 9.B », assis sur une chaise « Fig. 9.C » et un dernier qui comprend uniquement une contraction excentrique du mollet lésé sur le sol « Fig. 9.D ». Ces exercices doivent être réalisés une fois par jour. Cette première phase comprend également l'explication au patient d'un « pain monitoring model », qui permettra à ce dernier de gérer sa charge d'entraînement.

La deuxième phase, des semaines 2 à 5, a pour objectif d'intensifier le renforcement musculaire. Les exercices de *heel raise* ont un nombre plus important de répétitions et sont effectués sur le bord d'une marche afin d'augmenter l'amplitude du mouvement (« Fig. 9.E, F et G »). Les *heel raise* assis « Fig. 9.C » se réalisent de la même façon avec un nombre de répétitions augmenté. Des *quick rebounding heel raise* sont ajoutés au traitement. Ceux-ci se concentrent sur des mouvements plus rapides et contrôlés durant lequel les orteils gardent contact avec le sol tandis que le talon ne touche pas le sol. Ces exercices doivent être réalisés une fois par jour.

La troisième phase, des semaines 3 à 12 (et au-delà si nécessaire), reprend les exercices de la deuxième phase avec une intensité accrue. Le *heel raise* sur le bord d'une marche est effectué uniquement en unipodal « Fig. 9.F » et le *heel raise* excentrique sur le bord d'une marche, se fait avec l'ajout de poids additionnel « Fig. 9.G ». Un entraînement pliométrique supplémentaire est intégré, en plus des *quick rebounding heel raise*. Dans cette phase du traitement, les exercices doivent également être réalisés tous les jours avec le poids du corps et 2,3 fois par semaine avec du poids supplémentaire.

La quatrième phase, de 3 à 6 mois, a pour objectif de maintenir la fonction. Le programme est réduit à 2 à 3 séances par semaine et comprend des *heel raise* unipodaux « Fig. 9.F » et excentriques « Fig. 9.G » sur le bord d'une marche avec du poids additionnels, ainsi que des *quick rebounding heel raise*.

3.4.3 Types de contractions

Ces deux protocoles comprennent à la fois des exercices excentriques, concentriques et pliométriques. En combinant ces différents types d'exercices, ce protocole vise à traiter non seulement la douleur, mais aussi à restaurer la fonction musculaire et tendineuse, permettant ainsi aux patients de retrouver une performance optimale. Cette approche globale semblait essentielle pour une réhabilitation réussie des TA.

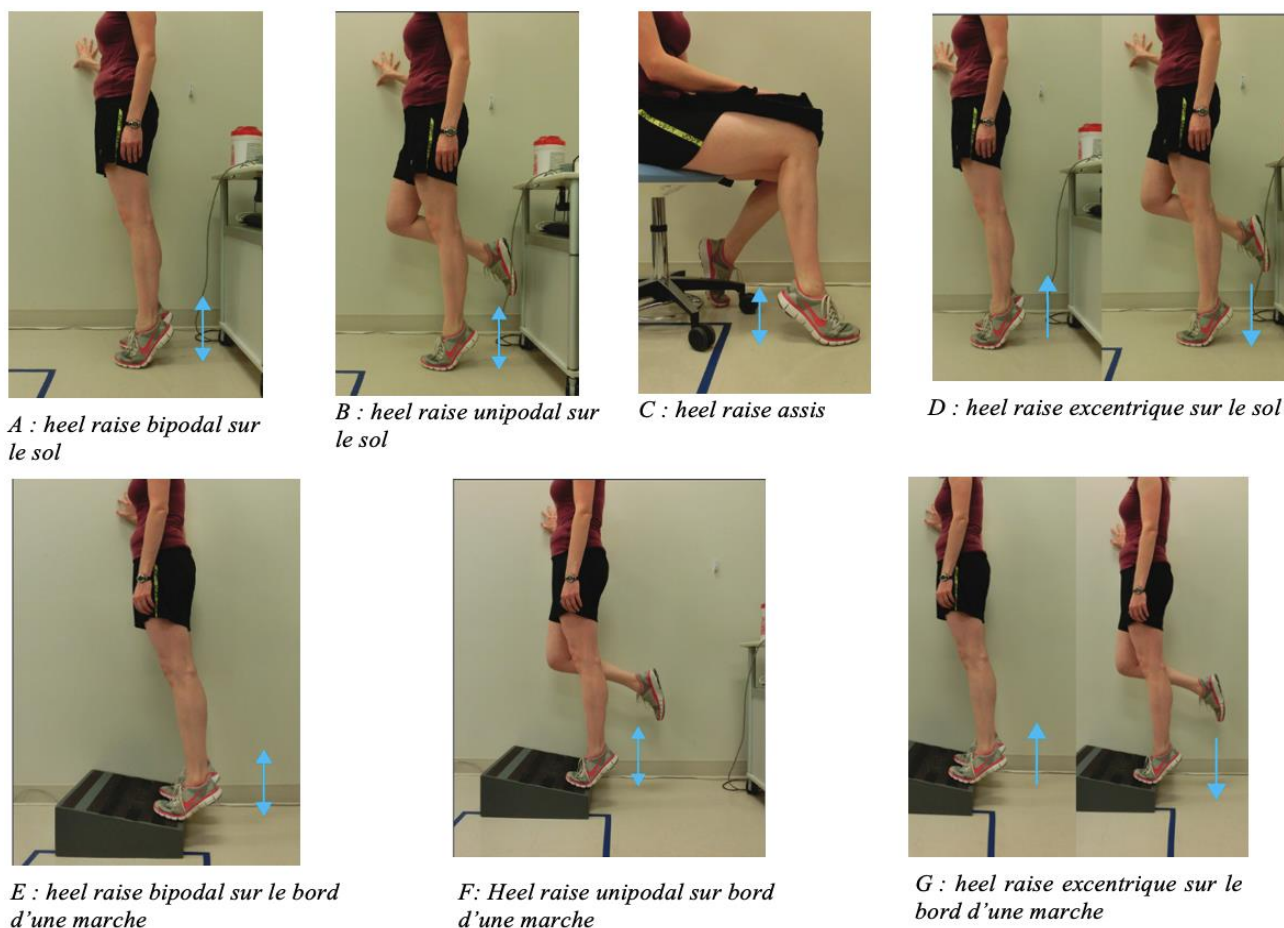


Fig. 9 : Représentation des différents exercices du protocole de Silbernagel et al. (74)

3.4.4 Activité autorisée pendant le traitement

Silbernagel permet aux patients de poursuivre les activités de mise en charge (telles que la course et les sauts) pendant son protocole de traitement à condition qu'ils appliquent un *pain monitoring model* afin de quantifier le stress mécanique (73).

3.4.5 Gestion de la douleur

Dans les deux protocoles, lors la réalisation des exercices, la douleur était autorisée jusque 5 sur 10 sur le *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS) « Fig. 10», à condition que celle-ci diminue immédiatement après la fin des exercices. De même, après avoir réalisé l'ensemble du programme, la douleur était autorisée à atteindre 5/10 sur le NPRS mais devait avoir diminué le lendemain matin. De plus, la douleur et la sensation de raideur du tendon ne devaient pas augmenter de jour en jour. L'intensité des exercices n'étaient augmentés que si les conditions susmentionnées étaient remplies. Dans le cas contraire, les patients étaient invités à revenir au niveau précédent ou à contacter le kinésithérapeute. Dans son protocole datant de 2007, pendant la période de traitement, les patients devaient également tenir un journal d'entraînement dans lequel l'intensité de l'entraînement ainsi que tous problèmes liés au programme d'exercices et aux activités complémentaires étaient notés (72).

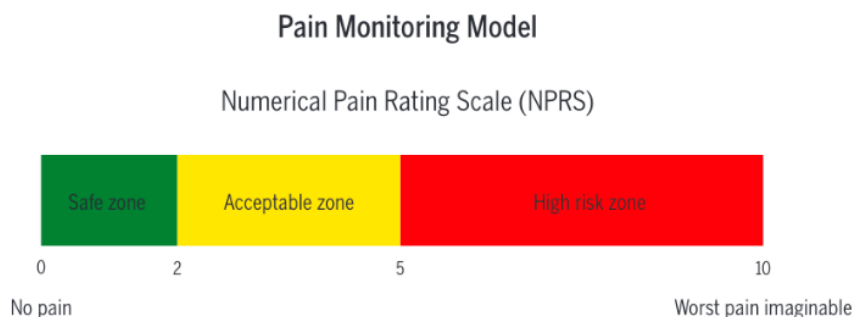


Fig. 10 : Numeral Pain Rating Scale (NPRS) allant de 0 (aucune douleur) à 10 (pire douleur imaginable), En vert : zone de sécurité, en jaune : zone de douleur acceptable et en rouge : zone de douleur à haut risque. (Silbernagel et al. ((74))

3.5 Heavy slow resistance (HSR)

3.5.1 Réflexion

Le traitement par HSR, soit résistance lourde et lente, a été introduit pour la première fois par Kongsgaard et al. en 2009 (75). Ces auteurs se sont intéressés à ce type de traitement car il a été montré que l'entraînement en résistance lourde pouvait produire à la fois une hypertrophie du tendon et diminution des anormalités de la matrice extracellulaire. La théorie sous-jacente stipule que lorsque la taille et la force d'un muscle augmentent, le tendon est soumis à un stress accru, à moins que sa section transversale (CSA) n'augmente également. Une augmentation de la CSA du tendon pourrait donc le protéger contre des lésions dues à la surcharge en réduisant le stress (force/surface) et, par conséquent, la déformation pour une force externe donnée. L'augmentation de la CSA et de la raideur du tendon pourrait réduire le risque de blessures liées à la surcharge.

Cette hypothèse repose sur le principe selon lequel des déformations répétées du tendon au-delà d'un certain seuil entraînent une accumulation de lésions de fatigue, pouvant aboutir à des blessures (76). Kongsgaard et al. avaient donc suggéré que l'entraînement en résistance lourde et lente serait avantageux dans le traitement de la tendinopathie patellaire (75,76). Effectivement, le HSR a démontré des résultats supérieurs à long terme par rapport au régime traditionnel de mise en charge excentrique pour les tendinopathies patellaires (75). À la suite de ces résultats prometteurs, Beyer et al. (77) ont cherché à adapter ce traitement à la TA dans une étude ultérieure réalisée en 2015.

3.5.2 Protocole

Le protocole de HSR est réalisé 3 fois par semaine et nécessite des équipements de résistance dans un centre de remise en forme (77). Chaque séance comprenait trois exercices sur deux jambes « Fig. 11 » : des élévations des talons avec les genoux fléchis sur l'appareil d'élévation des talons, des flexions plantaires avec les genoux en extension sur le *leg press*, et des élévations des talons avec les genoux en extension en se tenant debout sur un poids en forme de disque avec l'avant-pied et la barre d'haltère sur les épaules. Les patients ont effectué 3 ou 4 séries pour chaque exercice, avec une

période de repos de 2 à 3 minutes entre les séries et une période de repos de 5 minutes entre chaque exercice. Le nombre de répétitions diminuait et la charge augmentait progressivement chaque semaine au fur et à mesure que le tendon se renforçait. Les répétitions et les charges étaient les suivantes : 3 fois, 15 répétitions maximum (15RM), pendant la semaine 1 ; 3 fois, 12RM, pendant les semaines 2 et 3 ; 4 fois, 10RM, pendant les semaines 4 et 5 ; 4 fois, 8RM, pendant les semaines 6 et 8 ; et 4 fois, 6RM, pendant les semaines 9 à 12. Tous les exercices ont été effectués dans l'amplitude de mouvement complète de l'articulation de la cheville. Les patients ont été invités à consacrer 3 secondes à chaque phase excentrique et chaque phase concentrique (c'est-à-dire 6 secondes par répétition) (77).

En pratique, une approche basée sur des charges à haute intensité, définies par le pourcentage du maximum d'une répétition [1RM, soit le poids maximal pouvant être soulevé une fois (% RM)], est généralement une approximation acceptable pour déterminer les charges adéquates (78). Par exemple, une revue systématique menée par Bohm et al. (27) a révélé que le seuil d'intensité capable de provoquer des adaptations des propriétés mécaniques, matérielles et morphologiques du tendon était de 70 % du maximum, quel que soit le type de contraction. Il est important de noter que ce 70 % RM est une estimation générale, dont la valeur réelle variera en fonction de la force musculaire individuelle et de la raideur des tendons. Il est souvent préférable de commencer avec des charges supérieures à 70 %, augmentant ainsi les chances de produire la tension tendineuse nécessaire à l'adaptation. Dans un contexte de haute performance, un 1RM peut être déterminé en soulevant des charges progressivement plus lourdes jusqu'à atteindre le maximum d'une répétition. Cependant, cliniquement, cela peut être contre-indiqué. Alternativement, un 1RM peut être estimé en évaluant une charge sous-maximale soulevée jusqu'à l'échec, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'une autre répétition ne soit plus possible (78).

La principale différence entre ce protocole et celui proposé par Alfredson est le temps de mise en charge total du tendon et le temps de séance calculé, qui inclut les périodes de repos. Le temps de mise en charge du tendon a été estimé à environ 63 min/semaine pour le traitement excentrique et à 41 min/semaine pour l'HSR. La durée de la séance était de 308 minutes/semaine pour l'excentrique et de 107

minutes/semaine pour la HSR, il convient de noter que la durée estimée pour le régime HSR ne représente que la première semaine du protocole, étant donné que les répétitions et les séries diminuent au cours de la période d'intervention (27).



Fig.11 : Représentation des exercices de heavy slow resistance : (A) élévation du talon avec le genou fléchi dans l'appareil d'élévation du talon assis, (B) élévation du talon avec le genou en extension debout avec l'avant pied sur un disque de poids et avec une barre d'haltère sur les épaules, (C) élévation du talon avec le genou en extension sur le leg press. Tous les exercices sont exécutés de manière bilatérale le poids étant réparti de façon égale sur les deux jambes. (Beyer et al. (77))

Ce protocole est significativement moins chronophage que celui d'Alfredson. En effet, le protocole d'Alfredson nécessite deux séances d'entraînement de 22 minutes par jour, 7 jours par semaine, pour un total de 308 minutes/semaine. Le temps de session correspondant pour les patients HSR est de trois sessions d'entraînement de 36 minutes par semaine, pour un total de 107 minutes/semaine, ce qui représente une différence considérable en termes de temps alloué (77). Cela pourrait donc jouer un rôle sur la satisfaction des patients pour ce dernier. De plus, une réduction de l'épaisseur antéro-postérieure du tendon et de la néovascularisation ont été observées suite à ce traitement (77).

3.5.3 Types de contractions

Beyer et al. (77) ont fait un protocole avec des contractions concentriques et excentriques suivant la réflexion de Silbernagel. Ils expliquent dans leur article présentant le protocole que la direction du mouvement de l'ensemble de l'unité muscle-

tendon à une charge et une amplitude de mouvement données ne devrait avoir que peu ou pas d'effet différentiel sur le tendon. Les forces maximales et les changements de longueur du tendon sont similaires pendant les contractions concentriques et excentriques (77).

3.5.4 Activité autorisée pendant le traitement

Les patients ne sont pas autorisés à pratiquer des activités sportives pendant les trois premières semaines de l'intervention afin de minimiser le risque d'exacerbation des symptômes durant la période d'adaptation au programme d'exercices. Par la suite, ils peuvent reprendre leurs activités sportives à condition de ne pas dépasser une gêne de 3/10 sur l'échelle visuelle analogique (EVA) (77).

3.5.5 Gestion de la douleur

Lors de l'exécution des exercices d'intervention, les patients étaient autorisés à atteindre 4 à 5 sur 10 sur l'EVA, mais la douleur devait avoir disparu lors de la séance d'entraînement suivante. Si la douleur au niveau du tendon n'avait pas disparu, il était conseillé au patient d'ajuster la charge du programme et/ou ses activités quotidiennes ou sportives. Une approche similaire de la gestion de la douleur avait déjà été précédemment utilisée par Silbernagel et avait montré une bonne efficacité (73).

De plus, les patients doivent tenir un journal d'entraînement standardisé de la semaine 0 à la semaine 12, consignant chaque séance d'exercice. Le journal inclut le nombre de répétitions, les séances effectuées et la charge utilisée, permettant ainsi d'évaluer l'observance et la progression de l'entraînement (77).

3.6 Protocole isométrique

Une faible adhérence aux protocoles d'exercices excentriques a été observée chez les athlètes souffrant de tendinopathie patellaire durant leur saison de compétition. Cette faible adhérence est due au fait que ce type d'entraînement peut provoquer une augmentation de la douleur sans autres bénéfices (79) voire une aggravation de leur condition (80). Les athlètes sont réticents à l'idée d'arrêter leur activité sportive afin de réaliser un programme d'exercices excentriques (81) étant



Fig. 12: Le dynamomètre a été installé avec le sujet assis sur une table de kinésithérapie, la hanche et le genou à 90° de flexion et la cheville à 10° de flexion plantaire. La plateforme Wii est posée à plat sur le sol et une ceinture munie d'un tendeur permet de fixer la cheville pour la contraction isométrique (O'Neill et al. (85))

donné qu'ils sont soumis à des pressions constantes durant la saison (82). Il a été démontré que les exercices isométriques peuvent permettre d'augmenter le seuil de la douleur et ainsi induire une hypoalgésie temporaire (83). Dans cette optique, en 2015, Rio et al. (84) ont développé un protocole d'exercices isométriques visant à réduire la douleur des athlètes atteints de tendinopathie patellaire, tout en leur permettant de poursuivre leur activité physique. Le protocole proposé consiste en 5 répétitions de 45 secondes, avec le genou fléchi à 60°. La charge appliquée représente 70 % de la contraction isométrique volontaire maximale (CIVM) (84).

La mise en œuvre de ce protocole a démontré une diminution de l'inhibition intracorticale, ce qui provoque une réduction de la douleur au niveau du tendon patellaire pendant au moins 45 minutes après son exécution (84). En 2019, O'Neill et al. (85) ont adapté ce protocole isométrique pour les TA. Il s'agit de la première étude à examiner les effets immédiats de ce type de contraction sur la réponse sensorielle et motrice chez des individus atteints de TA. Cette dernière a utilisé des modalités d'exercices identiques que celles pour la tendinopathie patellaire c'est-à-dire 5 répétitions de 45 secondes de contraction isométrique à 70 % de CIVM avec 2 minutes de repos entre chaque répétition. L'exercice a été réalisé en position assise avec le pied à 10° de flexion plantaire « Fig. 12 ».

Les résultats de cette étude n'ont pas montré de réduction significative de la douleur lors des contractions isométriques des fléchisseurs plantaires (85). Une explication possible de cette différence de résultats entre un même traitement pour la TP et la TA, serait le fait qu'une excitation corticale est présente dans la TA contrairement à l'inhibition corticale observée par Rio et al. (84) dans la TP. O'Neill et al. (85) ont conclu que ce type de traitement ne pouvait pas être recommandé pour

induire une diminution de douleur immédiate durant la première phase de traitement pour les patients souffrant de TA.

3.7 Efficacité des différents protocoles d'exercices :

Comme mentionné précédemment, historiquement, les protocoles d'exercices excentriques sont ceux qui ont été les plus utilisés pour le traitement conservateur des TA. Plusieurs raisons ont cependant poussé les chercheurs à proposer d'autres protocoles. Cette section fait tout d'abord le point sur l'efficacité des protocoles excentriques et ensuite compare l'efficacité de différents protocoles entre eux. Le « Tableau 2 » résume les types de traitements comparés dans chacune des revues systématiques incluses dans cette revue narrative.

Tableau 2 : Tableau résumant les types de traitements comparés dans chaque revue systématique incluse

Auteurs	Type de TA	Protocoles comparés
Wiegerinck et al. (46)	TA d'insertion	- Efficacité des protocoles excentriques (86–89)
Murphy et al. (47)	TA du corps tendineux	- Excentrique modifié vs <i>wait-and-see</i> (90) - Excentrique vs excentrique modifié (70,91) - Excentrique vs HSR (77) - Alfredson vs Stanish (92) - Alfredson vs Alfredson modifié (91)
Kingma et al. (48)	TA du corps tendineux	- Alfredson vs <i>wait-and-see</i> (89,93,94) - Stanish vs <i>wait-and-see</i> (19) - Excentrique vs Concentrique (72)
Sivrika et al. (54)	TA du corps tendineux	- Alfredson vs Alfredson modifié (70) - Excentrique vs Concentrique (64,95,96) - Excentrique vs Silbernagel (97) - Excentrique vs HSR (77)
Prudêncio et al. (49)	TA du corps tendineux	- Excentrique modifié vs <i>wait-and-see</i> (90,98) - Alfredson vs Stanish (92) - Alfredson vs Alfredson modifié (70) - Excentrique vs Concentrique (64,95,96) - Excentrique vs Silbernagel (72) - Excentrique vs HSR (77)
Meyer et al. (50)	TA du corps tendineux	- Excentrique modifié vs <i>wait-and-see</i> (90)

Maetz et al. (14)	TA du corps tendineux	- Alfredson vs Alfredson modifié (70) - Excentrique vs Silbernagel (97) - Excentrique vs HSR (77)
Kearney et al. (51)	TA d'insertion	- Efficacité des protocoles excentrique (86–89)
Head et al. (52)	TA du corps tendineux	- Stanish vs protocole excentrique-concentrique (95) - Alfredson vs Stanish (92) - Alfredson vs Alfredson modifié (70) - Excentrique vs Concentrique (64,95,96) - Excentrique vs Silbernagel (72) - Excentrique vs HSR (77)
Habets et al. (53)	TA du corps tendineux	- Efficacité du protocole d'Alfredson (64,89,92,99–101) - Alfredson modifié (102–104) - Alfredson vs Alfredson modifié (90,105)

3.7.1 Efficacité des protocoles excentriques

Protocole d'Alfredson modifié vs *wait-and-see*

Murphy et al. (47) et Meyer et al. (50) se sont intéressées à l'évolution du score VISA-A chez un groupe de patients réalisant des exercices excentriques par rapport à une approche *wait-and-see*. Leurs résultats se basent sur une seule et même étude de Rompe et al. (90) dans laquelle les patients réalisaient une version modifiée du protocole d'Alfredson. Les séances d'exercices étaient réalisées 2 fois par jour pendant 12 semaines. Les patients avaient reçu pour instructions de commencer le premier jour par 1 seule série de 10 à 15 répétitions et d'augmenter le nombre de séries et de répétitions au fur et à mesure afin d'atteindre les 3 séries de 15 répétitions à la fin de la première semaine. Une amélioration significative a pu être observée en faveur du groupe réalisant les exercices excentriques avec une augmentation moyenne de 20.6 points de plus sur l'échelle VISA-A par rapport au groupe *wait-and-see*. Les auteurs de ces deux revues (47,50) ont conclu que le protocole d'exercices excentriques est plus efficace que l'approche *wait-and-see*. De plus, il semblerait qu'un protocole avec une charge moins importante que celle proposée par Alfredson soit suffisante pour induire une amélioration significative (50). Il faut néanmoins interpréter ces résultats avec précaution car l'étude de Rompe et al. (90) sur laquelle se basent ces résultats a été jugée de très faible qualité dû à un petit échantillon et à une mauvaise méthodologie (47). Une conclusion inéquivoque ne peut être tirée de ces résultats car le protocole excentrique n'a pas été comparé à un groupe placebo (47).

Prudêncio et al. (49) confirment ces résultats. Dans leur revue, deux études (90,98) ont comparé l'efficacité des protocoles d'exercices excentriques sur une durée de 12 semaines à une approche *wait-and-see*. Les protocoles d'exercices excentriques se sont avérés significativement plus efficaces pour diminuer la douleur.

Protocole d'Alfredson et protocole de Stanish vs *wait-and-see*

Kingma et al. (48) ont quant à eux repris des études qui évaluaient l'efficacité du protocole d'Alfredson sur 12 semaines (89,93,94) et du protocole de Stanish sur 6

semaines (19) par rapport à un groupe contrôle. Une diminution de la douleur significativement plus importante a été observée dans les groupes de patients qui suivaient les protocoles d'exercices excentriques par rapport aux groupes contrôles. Toutefois, une mise en commun statistique n'a pas pu être réalisée dû à l'hétérogénéité des patients et des interventions. Les études ont néanmoins montré que l'entraînement excentrique entraînait une diminution de l'intensité de la douleur chez les patients souffrant de TA chronique. Il faut prendre en compte que les études sur lesquelles se basent ces résultats comprenaient des lacunes méthodologiques, les auteurs n'ont donc pas pu donner de conclusions claires et ces résultats sont à interpréter avec précaution (48).

Quelles sont les modalités des traitement excentriques les plus efficaces ?

Habets et al. (53) ont cherché à déterminer quelles modalités d'un protocole excentrique étaient les plus efficaces. Dans leur revue systématique, six études ont utilisé le protocole d'Alfredson tel qu'il a été initialement décrit sur une période de 12 semaines (64,89,92,99–101). Toutefois, seulement Rompe et al. (100) ont précisé le poids utilisé lorsque celui-ci était augmenté (5kg) et aucune de ces études n'a précisé la vitesse d'exécution du mouvement. Toutes les études ont montré une amélioration au niveau de la douleur et de la fonction. Quatre de ces dernières ont évalué ces paramètres avec l'échelle VISA-A (92,99–101) et ont signalé des améliorations allant de 37 % à 111 % sur cette échelle après l'intervention.

Petersen et al. (102) ont quant à eux imposé à leurs patients d'effectuer les exercices du protocole d'Alfredson 3 fois par jour. Les résultats ont montré une diminution significative de la douleur sur l'EVA ainsi qu'une amélioration de la fonction sur l'échelle *American Orthopaedic Foot and Ankle Society*. Cette dernière étude (102) est cependant à risque de biais à cause d'une faible qualité méthodologique (53).

Deux études de Knobloch et al. (103,104), jugées de haute qualité, ont été incluses dans la revue systématique de Habets et al. (53). Dans leur étude de 2007 (103), 3 séries de 15 répétitions de *heel drop* étaient réalisées 1 fois par jour et chaque phase excentrique durait 2 secondes. Une réduction de douleur de 50 % a été observée.

Ces résultats sont à interpréter avec précautions dû au faible échantillon de 15 patients. Dans leur étude de 2008 (104), les patients réalisaient le même exercice de *heel drop* deux fois par jour, sans précisions quant à la vitesse d'exécution. Une diminution de douleur de 33 % a été observée. Cette différence par rapport à leur étude de 2007 (103) peut potentiellement être expliquée par le fait que l'échantillon était plus important (54 patients). La position du genou n'a été décrite dans aucune des deux études, rendant la reproduction de celles-ci compliquée. Habets et al. (53) ont conclu qu'il y avait une amélioration chez les patients à la suite d'un entraînement avec un protocole excentrique. Cependant, ils n'ont pas pu définir clairement quelle modalité d'entraînement était plus efficace.

Stanish vs protocole concentrique-excentrique

Dans la revue systématique de Head et al. (52), une étude de Niesen-Vertommen et al. (95) a comparé le protocole de Stanish à un programme d'exercices concentrique-excentrique à réaliser en salle de musculation 6 fois par semaine sur une durée de 12 semaines. Une amélioration au niveau de la douleur sur l'échelle EVA a été observée pour les deux groupes, sans différence significative entre ceux-ci. Toutefois, aucune amélioration n'a été observée en ce qui concerne le retour au sport à 3 mois de follow-up. La conclusion de Niesen-Vertommen et al. (95) est en accord avec les résultats de Kingma et al. (48) et Habets et al. (53) qui mettent en évidence l'effet positif de l'exercice excentrique sur la douleur. Cependant, cette recherche a été jugée de très faible qualité par les auteurs et il se pourrait qu'elle ne soit pas représentative de la population générale.

Quel protocole excentrique est plus efficace pour les TA d'insertion ?

Deux revues systématiques (46,51) se sont intéressées à l'effet des traitements excentriques sur les TA d'insertion. Wiegerinck et al. (46) reprennent 4 études évaluant l'efficacité des protocoles excentriques sur la douleur pour ces pathologies (86–89). Un programme sur 12 semaines a été suivi où les patients devaient réaliser 3 séries de 10 à 15 répétitions 2 à 3 fois par jour. Une certaine douleur était autorisée lors de la réalisation des exercices.

Trois de ces études (87–89) ont réalisé les exercices avec une amplitude de mouvement complète et la dernière (86) se contentait de réaliser les exercices au niveau du sol et n'effectuait donc pas de flexion dorsale de la cheville. Les 4 études ont utilisé une échelle numérique (EN) de 0 à 10 pour évaluer la douleur et une diminution significative de 2.7 points en moyenne a été observée chez les patients. Cependant, 3 des études (86,88,89) se sont aussi intéressées à la satisfaction du traitement ; seulement 42 % des patients disent être 'satisfaits' ou 'très satisfaits' du traitement. Une comparaison entre les études qui utilisaient une amplitude complète (87–89) lors de leurs exercices avec celle qui ne le faisait pas (86) a été réalisée. Les auteurs ont identifié une diminution de douleur moyenne de 2.0 points contre 3.9 points respectivement. De plus, 67 % des patients se disent satisfaits du traitement après le protocole réalisé au niveau du sol contre seulement 30 % pour ceux qui réalisent les exercices dans l'amplitude complète. Le protocole excentrique s'est avéré efficace pour diminuer la douleur chez ces patients. Une proportion non négligeable de patients reste cependant non satisfaite du traitement.

Il semblerait que pour les tendinopathies d'insertion, les exercices réalisés sans flexion dorsale de cheville sont plus efficaces pour diminuer la douleur et mènent à une proportion de patients satisfaits plus importante. Il faut cependant interpréter ces résultats avec précaution étant donné que ces études ont utilisé des méthodes différentes afin d'évaluer la douleur et la satisfaction des patients. Ces résultats ne sont que des moyennes pondérées et des pourcentages. De plus, un seul follow-up a été réalisé à 4 mois et pas à plus long terme.

Kearney et al. (51) reprennent les mêmes études dans leur revue systématique et en sont arrivés aux mêmes conclusions. De plus, ils rajoutent que malgré le fait que les exercices excentriques soient les plus couramment utilisés, la littérature suggère qu'ils ne seraient pas aussi efficaces dans le traitement des TA d'insertion comparé aux TA du corps tendineux.

3.7.2 Protocole d'Alfredson vs protocole de Stanish :

Trois revues systématiques (47,49,52) ont comparé l'efficacité du protocole d'Alfredson à celle du protocole de Stanish. Les patients du groupe réalisant le

protocole de Stanish ont suivi son protocole à la lettre les 6 premières semaines. Ensuite, ils ont reçu pour instructions de réaliser 3 séries de 10 répétitions seulement 3 fois par semaine jusqu'à la 12^{ème} semaine. Le groupe de patients traités avec le protocole d'Alfredson l'a suivi à la lettre durant les 12 semaines. De meilleurs résultats ont été observés au niveau de la douleur et de la fonction sur l'échelle VISA-A chez les patients ayant suivi le protocole d'Alfredson. Ce, à la fin du traitement et lors d'un suivi 6 mois après la fin du traitement.

Ces résultats suggèrent que le protocole d'Alfredson est plus efficace que le protocole de Stanish pour diminuer la douleur et améliorer la fonction chez les patients souffrant de TA. Il faut prendre en compte que les 3 revues systématiques se sont basées sur une seule et même étude de Stasinopoulos et al. (92) qui ont réalisé leur expérience sur un petit échantillon (<50). Les résultats sont donc à haut risque de biais et doivent être interprétés avec précaution.

3.7.3 Protocole d'Alfredson vs différentes versions du protocole d'Alfredson modifié :

Quatre revues systématiques (14,49,52,54) ont inclus la même étude de Stevens et al. (70) dans leurs recherches. La revue de Murphy et al. (47) a intégré une seconde étude (91) et la revue de Habets et al. (53), elle, s'est basée encore sur deux autres études supplémentaires (90,105). Ces revues ont comme objectif de comparer le protocole d'Alfredson au protocole d'Alfredson modifié, aussi connu sous le nom de *do as tolerated*.

Stevens et al. (70) ont appliqué un protocole d'Alfredson modifié dans lequel les patients ont eu pour consigne d'effectuer un nombre de répétitions se rapprochant autant que possible de celui recommandé dans le protocole d'Alfredson standard. Cependant, ils devaient veiller à rester dans une zone de douleur tolérable, ils pouvaient ressentir un inconfort mais pas de douleur lors des exercices. Un follow-up à la 3^{ème} semaine avait été réalisé afin de s'assurer de la bonne technique de réalisation du *heel drop* et à la 6^{ème} semaine, un autre follow-up a été réalisé où les évaluateurs s'intéressaient également à la satisfaction du traitement. Lors du follow-up à la 3^{ème} semaine, une différence significative sur le score VISA-A a pu être observée en faveur

du groupe *do as tolerated*. Cependant, aucune différence significative n'a pu être observée entre les deux groupes en ce qui concerne la douleur (EVA) ni sur le score VISA-A à la fin de la 6^{ème} semaine. La différence observée à la 3^{ème} semaine a montré que les patients suivant le protocole d'Alfredson standard subissent d'abord une aggravation de leur condition avant de s'améliorer (14). En ce qui concerne l'évaluation de la douleur avec l'EVA, aucune différence significative n'a été observée, que ce soit à 3 ou à 6 semaines. Aucun patient ne s'est dit 'pas satisfait' du traitement reçu mais aucune corrélation n'a pu être établie entre la satisfaction du traitement et le changement sur l'échelle VISA-A ou l'EVA.

L'exécution d'un programme de 6 semaines d'exercices excentriques de *heel drop* avec un nombre de répétition plus faible, comparé aux 180 répétitions quotidiennes recommandées par Alfredson, n'a pas conduit à une amélioration moindre pour les personnes souffrant de TA du corps tendineux, d'après les scores VISA-A et VAS.

La seconde étude (91) reprise par Murphy et al. (47) ne montre pas de différences significatives quant à l'efficacité des deux protocoles alors que le groupe suivant le protocole d'Alfredson modifié n'effectuait les exercices qu'une fois par jour, deux fois par semaine et ce sur une durée de 12 semaines. Cependant, ces résultats ne sont pas concluants car les participants bénéficiaient également d'une intervention placebo durant toute la durée du traitement. Il n'est pas possible de conclure que les bénéfices observés sont dus aux exercices.

Habets et al. (53) ont quant à eux inclus deux recherches (90,105) utilisant une version modifiée du protocole d'Alfredson où les patients ont progressivement augmenté le volume d'entraînement au cours de la 1^{ère} semaine afin d'ensuite réaliser le protocole d'Alfredson comme il a originalement été décrit jusqu'à la fin de la 12^{ème} semaine. Rompe et al. (90) ont observé une amélioration significative de la douleur et de la fonction après 16 semaines de suivi avec l'échelle VISA-A. Il n'y avait pas de différences significatives entre les deux groupes. Roos et al. (105) ont également montré une amélioration significative pour les deux groupes. Toutefois, ces auteurs ont utilisé l'échelle d'évaluation *Foot and Ankle Outcome Score* et non l'échelle VISA-A, rendant la comparaison des conclusions entre ces deux études difficile.

Ces résultats suggèrent qu'un protocole moins exigeant en termes de fréquence d'entraînement, de volume mais aussi en termes de douleur provoquée chez les patients peut être efficace pour traiter les TA du corps tendineux. Il pourrait donc être intéressant de proposer ce genre de rééducation aux patients plutôt que le protocole d'Alfredson standard qui provoquerait plus de douleurs.

3.7.4 Protocoles excentriques vs protocoles concentriques :

Quatre revues systématiques (48,49,52,54) reprenant 4 études différentes (64,72,95,96) ont comparé l'efficacité des protocoles d'exercices excentriques avec les protocoles d'exercices concentriques.

Une des études (72) n'est reprise que dans la revue systématique de Kingma et al. (48) et les résultats n'ont pas été adressés individuellement par les auteurs donc ils n'ont pas été développés dans ce cas-ci.

Une autre étude (95) montre des résultats similaires entre les deux protocoles de traitement avec une amélioration significative de la douleur sur l'EVA, sans différences entre les deux groupes (54).

Les deux dernières études (64,96) présentent de meilleurs résultats en faveur des protocoles d'exercices excentriques avec un meilleur effet sur la douleur (EVA) que les protocoles concentriques, même si les deux avaient un effet positif (49,52,54). Mafi et al. (64) ont également montré que les patients étaient plus satisfaits du traitement après avoir suivi le protocole d'exercices excentriques comparé au groupe qui a suivi le protocole d'exercices concentriques (54). Yu et al. (96) ont quant à eux aussi pu observer une amélioration significative en faveur du groupe de patients suivant un protocole excentrique en ce qui concerne l'extension de genou, la force de flexion dorsale et de flexion plantaire de la cheville, la dextérité, l'agilité et l'équilibre dynamique. Cela montre que l'effet ne se limite pas simplement à une diminution de la douleur.

Les résultats de ces différentes revues systématiques semblent indiquer une supériorité des protocoles d'exercices excentriques comparé aux protocoles d'exercices concentriques bien que cela n'ait pas toujours été le cas (54).

Il faut cependant faire attention lors de l'interprétation de ces résultats. En effet, les protocoles excentriques utilisés diffèrent entre chaque étude, rendant la conclusion sur le type de traitement réellement efficace compliquée. De plus, Yu et al. (96) ont réalisé leur étude sur une période de seulement 8 semaines et non 12 comme les autres études (64,72,95), le temps minimal que doit durer le traitement pour procurer ces effets « supérieurs » reste donc inconnu. La quantification du stress mécanique reste quant à elle une inconnue étant donné que les groupes de patients entre les différentes études et parfois au sein d'une même étude (96) ne réalisaient pas les exercices à une même intensité. Finalement, les études ont également été réalisées sur de petits échantillons et leurs résultats ne sont donc pas nécessairement représentatifs de la population.

3.7.5 Excentrique vs protocole de Silbernagel :

Quatre revues systématiques (14,49,52,54) ont comparé l'efficacité d'un protocole excentrique à celle du protocole excentrique-concentrique de Silbernagel. Deux d'entre elles (14,54) se sont basées sur les résultats de l'étude réalisée par Habets et al. (97) et les deux autres (49,52) se sont basées sur les résultats de l'étude réalisée par Silbernagel et al. (72).

Le protocole d'Alfredson et le protocole de Silbernagel ont tous les deux montrés une amélioration au niveau de la douleur (EVA) et de la fonction (VISA-A). Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été observée que ce soit après les 12 semaines d'intervention ou lors du suivi à 1 an (14,54).

Silbernagel et al. (72) ont comparé deux groupes réalisant le même protocole concentrique-excentrique mais le premier groupe devait réaliser des exercices excentriques supplémentaires tandis que le second groupe n'en réalisait pas. Prudêncio et al. (49) et Head et al. (52) se contredisent quant à l'interprétation des résultats de cette étude (72). Alors que Prudêncio et al. (49) stipulent qu'aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes, Head et al. (52) énonce qu'une amélioration significative de la douleur à la palpation a été observée à 3 et à 6 mois pour le premier groupe alors qu'aucune amélioration n'a été observée pour le second groupe. Ils rajoutent également qu'à 1 an de follow-up, significativement plus de

patients du premier groupe étaient satisfaits du traitement et de leur niveau d'activité physique comparé au second groupe (52). Aucune conclusion n'a donc été tirée par rapport à cette étude de Silbernagel et al. (72).

3.7.6 Protocole d'Alfredson vs HSR :

Cinq revues systématiques (14,47,49,52,54) ont inclus une seule et même étude de Beyer et al (77) qui comparait un groupe réalisant le protocole d'Alfredson avec un groupe réalisant le protocole HSR. Une amélioration significative a été observée sur l'échelle VISA-A et l'EVA dans les deux groupes, ce à 12 semaines et à un an de follow-up. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été observée en ce qui concerne la douleur et la fonction. Cependant, après 12 semaines, la satisfaction du traitement tend à être plus élevée dans le groupe suivant le protocole HSR (100 %) comparé au groupe suivant le protocole d'Alfredson (80 %) (49). Lors du suivi à 1 an, aucune différence n'a été observée entre les deux groupes quant à la satisfaction du traitement. L'étude sur laquelle se basent ces résultats a été réalisée sur un petit échantillon (<50 personnes) et cela n'est peut-être pas représentatif de la population générale.

Ces résultats sont intéressants car le volume et la fréquence d'exercices est moindre dans le protocole HSR pour des bénéfices égaux. Ce type de traitement conviendrait potentiellement mieux à des personnes n'ayant pas la possibilité de s'entraîner tous les jours, 2 fois par jour. Ce serait également une explication plausible pour la différence de satisfaction du traitement observée après 12 semaines entre ces deux groupes de patients (52). Il faut cependant prendre en compte que le protocole HSR requiert l'accès à certaines machines de musculation et il faut donc adapter le protocole utilisé aux préférences et aux possibilités du patient.

3.7.7 *Interprétation des résultats et pistes pour de futures recherches :*

Les résultats de notre revue narrative ne permettent pas de conclure qu'un certain protocole est supérieur à un autre de manière unanime. Des résultats intéressants pouvant guider la pratique clinique et orienter les futures recherches ont cependant pu être observés.

Notre revue de la littérature confirme que les exercices de mise en charge du tendon sont bel et bien efficaces pour le traitement des TA. Un effet positif sur la douleur et sur la fonction a été observé dans chacune des revues systématiques incluses.

Les exercices excentriques se sont révélés plus efficaces que le *wait-and-see*, notamment pour réduire la douleur et améliorer la fonction (47,49,50). Ce, même si ces derniers contenaient une charge d'entraînement plus faible que celle proposée par le protocole d'Alfredson (50). Les exercices excentriques semblent également plus efficaces que les protocoles de traitements concentriques. Même si les deux types d'entraînements engendrent une amélioration au niveau de la douleur (49,52,54), les patients sont d'avantage satisfaits après avoir suivi un protocole d'exercices excentriques (54). Toutefois, Sivrika et al. (54) ont noté que la supériorité des exercices excentriques n'est pas systématique et que les deux types de contractions peuvent parfois mener à des résultats similaires.

Basé sur les résultats de Stasinopoulos et al. (92), il semblerait que le protocole d'Alfredson soit supérieur à celui de Stanish en ce qui concerne l'amélioration au niveau de la douleur et de la fonction d'après l'échelle VISA-A et ce, que ce soit directement à la suite d'un traitement de 12 semaines ou lors du follow-up 6 mois après le traitement (47,49,52). Entre ces deux protocoles, il serait donc recommandé de privilégier le protocole d'Alfredson plutôt que celui de Stanish.

Entre le protocole d'Alfredson et la version modifiée de celui-ci, les résultats penchent légèrement en faveur de ce dernier. La seule différence significative entre les deux types de traitements a été observée au niveau de l'échelle VISA-A à la 3^{ème} semaine (14). Là où les patients suivant le protocole d'Alfredson semblent d'abord avoir une aggravation de leur condition à court-terme, les patients qui suivent le

protocole d'Alfredson modifié, eux, présentent déjà une amélioration de symptômes (14). A plus long terme, il n'y a pas de différences significatives entre les deux groupes (14,53). Afin d'éviter l'aggravation de la condition des patients à court terme, il serait préférable d'utiliser le protocole d'Alfredson modifié.

Le protocole de Silbernagel semble induire des améliorations similaires que le protocole d'Alfredson au niveau de la douleur et de la fonction après 1^é semaines et à un an de follow-up (14,54). Cela toutefois été débattu notamment par deux des revues systématiques incluses dans notre étude (49,52) qui se contredisent quant aux résultats de l'étude de Silbernagel et al. (72). Aucune conclusion n'a donc pu être tirée de ces résultats et d'autres études devraient être réalisées pour avoir une interprétation plus claire.

De façon similaire, le protocole HSR provoque des bénéfices équivalents au protocole d'Alfredson à long terme (52,54). De plus, Prudêncio et al. (49) mentionnent une satisfaction de traitement supérieure pour le groupe suivant le protocole HSR (100 %) comparé au protocole d'Alfredson (80 %). Cette différence pourrait être expliquée par la moins grande fréquence d'entraînements à réaliser (3 fois par semaine dans le HSR contre 7 jours sur 7 pour le protocole d'Alfredson) (52). Cette différence au niveau de la satisfaction du traitement favorise le protocole HSR comme étant le traitement le plus optimal. Il faut néanmoins prendre en compte que les exercices de ce protocole sont réalisés à l'aide de machines de musculation. Il convient donc de s'assurer que les patients ont accès à ces machines trois fois par semaine avant de déterminer quel traitement mettre en place avec ceux-ci.

Il est essentiel de faire la distinction entre les TA d'insertion et les TA du corps tendineux. En ce qui concerne les TA d'insertion, des bénéfices supérieurs ont été observés lorsque les exercices sont réalisés du niveau du sol, sans flexion dorsale de la cheville (46). Cela correspond à la théorie de Cook et Purdam (106) qui stipulent que la compression du tendon sur d'autres structures pourrait jouer un rôle sur la durée des symptômes chez les patients souffrant de TA. Kearney et al. (51) rajoutent que les protocoles excentriques ne sont pas aussi efficaces pour les TA d'insertion que pour

les TA du corps tendineux. Cela encourage à poursuivre les recherches afin de trouver un protocole plus optimal pour les TA d'insertion. À la suite des observations sur les TA du corps tendineux, il pourrait être judicieux de comparer l'efficacité d'un protocole excentrique au protocole HSR pour ce type de tendinopathies.

Une notion qui peut être pertinente lors de la prise en charge des TA est celle de la poursuite de l'activité physique. L'arrêt complet de cette dernière n'est pas nécessaire car elle ne semble pas aggraver la douleur (49,73,107). Au contraire, elle pourrait mener à une désadaptation du tendon et augmenter le risque de récurrence de blessure (73).

Une grande inconnue de cette revue narrative reste la quantification du stress mécanique. Les revues systématiques incluses réalisent leurs conclusions sur bases de nombreux protocoles qui diffèrent tant sur les paramètres d'entraînement (14,48–50,52–54) que sur durée des interventions (49,52,54). Actuellement, les échelles permettant d'évaluer ce stress mécanique se basent sur la douleur (*pain monitoring model*) (73) et non sur l'adaptation du tendon. Ces mesures sont subjectives et les différences inter-individuelles qui en résultent compliquent énormément l'établissement d'un protocole efficace pour tous (32,108). Un outil de mesure objectif qui permettrait de cliniquement évaluer la quantité de stress mécanique nécessaire à l'adaptation du tendon serait idéal afin d'établir un plan de traitement adapté à chaque patient.

A cet effet, Nguyen et son équipe ont développé un Dispositif d'Oscillation Électromécanique (DOE) pour évaluer la raideur viscoélastique du tendon (32).

4 Limites de notre étude

Différents aspects de notre étude limitent la fiabilité de l'interprétation de nos résultats et de nos conclusions sur les questions de recherches investiguées.

Tout d'abord, notre analyse se base uniquement sur des revues systématiques. Par conséquent, il est probable que la comparaison de l'efficacité de certains protocoles de traitement ait été omise, car ils n'ont pas encore fait l'objet d'une revue systématique. Cela est particulièrement pertinent pour les traitements plus récents tels que le HSR ou les protocoles isométriques, qui font l'objet d'une quantité significativement moindre d'études par rapport aux protocoles excentriques. Ce manque de données a pu compromettre les résultats obtenus quant à leur efficacité. Un exemple de protocole pour lequel il aurait été intéressant d'avoir des résultats est le protocole isométrique, qui a beaucoup gagné en popularité ces dernières années et a déjà montré des effets bénéfiques pour les TP (109,110). Cependant, aucune des revues systématiques incluses ne traite de ce type de protocole, il n'a donc pas été possible d'inclure des résultats quant à l'efficacité de ce dernier pour les TA. Il semble néanmoins que le protocole isométrique soit moins efficace pour réduire la douleur des TA que celle des TP (85).

Qui plus est, plusieurs revues systématiques se sont appuyées sur les mêmes études primaires pour effectuer leurs comparaisons. Bien que leurs conclusions soient similaires pour chacun d'entre eux, à l'exception de l'étude de Silbernagel et al. (72), cette redondance affecte la confiance que l'on peut accorder à nos résultats. Une plus grande diversité d'études primaires et de données aurait été préférable et probablement plus représentative de la population. De plus, les études incluses présentaient une hétérogénéité concernant le type de patients, les interventions et la progression de la charge, rendant les conclusions difficiles à établir, tant pour certains auteurs (48,52,53) que pour l'interprétation de nos résultats.

En outre, les revues systématiques incluses dans cette étude ne sont pas de bonne qualité. Comme l'indique le Tableau 1, seulement une revue systématique s'est avérée être de qualité 'modérée' (46) tandis que les autres ont été jugées soit de 'faible'

qualité, soit de ‘très faible qualité’. Cela diminue la fiabilité de nos résultats et souligne la nécessité de réaliser des revues systématiques de meilleure qualité afin d’augmenter la confiance envers nos conclusions. Ce constat a d’ailleurs été observé de manière générale pour les revues systématiques en kinésithérapie dans le domaine musculosquelettique. En 2024, une étude réalisée par Ferri et al. (111) a examiné la qualité méthodologique de revues systématiques dans le domaine musculosquelettique et leurs résultats montrent que les résultats des revues systématiques évaluées avec l’échelle AMSTAR-2 ont un niveau de fiabilité ‘inacceptablement bas’ dû à la qualité méthodologique de ces dernières. Ils encouragent donc les chercheurs à améliorer la qualité méthodologique de leurs études.

Un autre reproche qui pourrait être fait à l’égard de notre revue est que la douleur ne soit pas un indicateur fiable d’une amélioration clinique. La douleur pourrait rester constante alors que le patient devient de plus en plus actif (14). Il pourrait donc être intéressant de s’intéresser à d’autres indicateurs que la douleur pour évaluer une amélioration clinique chez les patients. C’est ce qu’ont fait Yu et al. (96) dans leur étude où différents tests ont été utilisés pour évaluer la force de flexion plantaire et de flexion dorsale de la cheville, l’agilité, l’équilibre dynamique, ... Il pourrait être pertinent de s’intéresser à ces paramètres là en parallèle de la douleur.

5 Conclusion

Sur base des résultats de cette revue narrative, nous pouvons affirmer que les protocoles d’exercices de mise en charge sont efficaces pour diminuer la douleur et améliorer la fonction chez les patients atteints de TA. Le protocole d’Alfredson modifié et le HSR sont les protocoles qui ont montré les meilleurs résultats sur la douleur et la fonction des patients. Bien que le protocole de Silbernagel ait également montré des effets bénéfiques, ces résultats suscitent des débats. Les thérapeutes ont donc plusieurs options de traitement pour les patients souffrants de TA et doivent choisir en fonction des préférences et des objectifs du patient.

Quel que soit le protocole et le type d'exercice utilisé (HSR, excentrique, concentrique ou une combinaison de ceux-ci), la mise en charge du tendon reste une intervention efficace et recommandée pour la tendinopathie. Bien que ces protocoles utilisent des paramètres différents (charge, vitesse et nombre de répétitions), ils suivent tous un schéma similaire. Celui-ci consiste à progressivement augmenter le stress mécanique appliqué sur l'unité musculo-tendineuse afin d'améliorer sa tolérance à la charge. C'est probablement l'une des raisons expliquant l'absence de différence statistiquement ou cliniquement significative entre les différents régimes d'exercices mais d'autres études sont nécessaires afin de confirmer cela.

La quantification du stress mécanique sur le tendon représente une réelle difficulté. Il n'y a actuellement pas d'outils performants pour permettre de mesurer les adaptations du tendon d'une séance à l'autre, et d'adapter la charge en fonction des réponses physiologiques de celui-ci. Un enjeu majeur serait de développer un outil permettant de mesurer l'adaptation du tendon afin de moduler la charge d'entraînement imposée aux patients.

6 Bibliographie

1. Cardoso TB, Pizzari T, Kinsella R, Hope D, Cook JL. Current trends in tendinopathy management. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019 Feb;33(1):122–40.
2. Woodley BL, Newsham-West RJ, Baxter GD. Chronic tendinopathy: effectiveness of eccentric exercise. *Br J Sports Med*. 2007 Apr;41(4):188–98; discussion 199.
3. Miles CL, Pincus T, Carnes D, Homer KE, Taylor SJC, Bremner SA, et al. Can we identify how programmes aimed at promoting self-management in musculoskeletal pain work and who benefits? A systematic review of sub-group analysis within RCTs. *Eur J Pain Lond Engl*. 2011 Sep;15(8):775.e1-11.
4. Maffulli N, Khan KM, Puddu G. Overuse tendon conditions: time to change a confusing terminology. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 1998;14(8):840–3.
5. Loiacono C, Palermi S, Massa B, Belviso I, Romano V, Di Gregorio A, et al. Tendinopathy: Pathophysiology, Therapeutic Options, and Role of Nutraceuticals. A Narrative Literature Review. *Medicina (Mex)*. 2019 Aug 7;55(8):447.
6. Steinmann S, Pfeifer CG, Brochhausen C, Docheva D. Spectrum of Tendon Pathologies: Triggers, Trails and End-State. *Int J Mol Sci*. 2020 Jan 28;21(3):844.
7. Scott A, Backman LJ, Speed C. Tendinopathy: Update on Pathophysiology. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015 Nov;45(11):833–41.
8. Alexander LA, Morrissey D, Swinton P, Maclean C, Harrison I, Cooper K. Exercise therapy for the treatment of tendinopathies: a scoping review protocol. *JB I Evid Synth [Internet]*. 2021 Mar 17 [cited 2024 Jul 22];Publish Ahead of Print. Available from: <https://journals.lww.com/10.11124/JBIES-20-00175>
9. McCreesh K, Lewis J. Continuum model of tendon pathology – where are we now? *Int J Exp Pathol*. 2013 Aug;94(4):242–7.
10. Oda H, Sano K, Kunimasa Y, Komi PV, Ishikawa M. Neuromechanical Modulation of the Achilles Tendon During Bilateral Hopping in Patients with Unilateral Achilles Tendon Rupture, Over 1 Year After Surgical Repair. *Sports Med Auckl NZ*. 2017 Jun;47(6):1221–30.
11. Albers IS, Zwerver J, Diercks RL, Dekker JH, Van Den Akker-Scheek I. Incidence and prevalence of lower extremity tendinopathy in a Dutch general practice population: a cross sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016 Dec;17(1):16.
12. von Rickenbach KJ, Borgstrom H, Tenforde A, Borg-Stein J, McInnis KC. Achilles Tendinopathy: Evaluation, Rehabilitation, and Prevention. *Curr Sports Med Rep*.

2021 Jun 1;20(6):327–34.

13. Merry K, MacPherson M, Vis-Dunbar M, Whittaker JL, Grävare Silbernagel K, Scott A. Identifying characteristics of resistance-based therapeutic exercise interventions for Achilles tendinopathy: A scoping review. *Phys Ther Sport*. 2023;63((Merry K., kohle.merry@hiphealth.ca; Whittaker J.L., jackie.whittaker@ubc.ca; Scott A., alex.scott@ubc.ca) Department of Physical Therapy, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada):73–94.
14. Maetz R, Dubé MO, Tougas A, Prudhomme F, Dubois B, Roy JS. Systematic Review and Meta-analyses of Randomized Controlled Trials Comparing Exercise Loading Protocols With Passive Treatment Modalities or Other Loading Protocols for the Management of Midportion Achilles Tendinopathy. *Orthop J Sports Med* [Internet]. 2023;11(5). Available from: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L2023494638&from=export>
15. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2009 Jun;43(6):409–16.
16. Verges J, Martínez N, Pascual A, Bibas M, Santiña M, Rodas G. Psychosocial and individual factors affecting Quality of Life (QoL) in patients suffering from Achilles tendinopathy: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 Dec 21;23:1114.
17. Sleswijk Visser TSO, van der Vlist AC, van Oosterom RF, van Veldhoven P, Verhaar JAN, de Vos RJ. Impact of chronic Achilles tendinopathy on health-related quality of life, work performance, healthcare utilisation and costs. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2021;7(1):e001023.
18. Martin RL, Chimenti R, Cuddeford T, Houck J, Matheson JW, McDonough CM, et al. Achilles Pain, Stiffness, and Muscle Power Deficits: Midportion Achilles Tendinopathy Revision 2018. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2018 May;48(5):A1–38.
19. Stanish WD, Rubinovich RM, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop*. 1986 Jul;(208):65–8.
20. Challoumas D, Pedret C, Biddle M, Ng NYB, Kirwan P, Cooper B, et al. Management of patellar tendinopathy: a systematic review and network meta-analysis of randomised studies. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2021;7(4):e001110.
21. Gross MT. Chronic Tendinitis: Pathomechanics of Injury, Factors Affecting the Healing Response, and Treatment. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1992 Dec;16(6):248–61.

22. Henriksen M, Aaboe J, Graven-Nielsen T, Bliddal H, Langberg H. Motor responses to experimental Achilles tendon pain. *Br J Sports Med.* 2011 Apr;45(5):393–8.
23. Van Der Worp H, De Poel H, Diercks R, Van Den Akker-Scheek I, Zwerver J. Jumper's Knee or Lander's Knee? A Systematic Review of the Relation between Jump Biomechanics and Patellar Tendinopathy. *Int J Sports Med.* 2014 Feb 27;35(08):714–22.
24. Arnoczky SP, Lavagnino M, Egerbacher M. The mechanobiological aetiopathogenesis of tendinopathy: is it the over-stimulation or the under-stimulation of tendon cells? *Int J Exp Pathol.* 2007 Aug;88(4):217–26.
25. Dillon EM, Erasmus PJ, Müller JH, Scheffer C, de Villiers RVP. Differential forces within the proximal patellar tendon as an explanation for the characteristic lesion of patellar tendinopathy: an in vivo descriptive experimental study. *Am J Sports Med.* 2008 Nov;36(11):2119–27.
26. Reeves ND, Maganaris CN, Ferretti G, Narici MV. Influence of 90-day simulated microgravity on human tendon mechanical properties and the effect of resistive countermeasures. *J Appl Physiol Bethesda Md 1985.* 2005 Jun;98(6):2278–86.
27. Bohm S, Mersmann F, Arampatzis A. Human tendon adaptation in response to mechanical loading: a systematic review and meta-analysis of exercise intervention studies on healthy adults. *Sports Med - Open.* 2015 Dec;1(1):7.
28. Maquirriain J. Leg stiffness changes in athletes with Achilles tendinopathy. *Int J Sports Med.* 2012 Jul;33(7):567–71.
29. Finnamore E, Waugh C, Solomons L, Ryan M, West C, Scott A. Transverse tendon stiffness is reduced in people with Achilles tendinopathy: A cross-sectional study. *PloS One.* 2019;14(2):e0211863.
30. Arya S, Kulig K. Tendinopathy alters mechanical and material properties of the Achilles tendon. *J Appl Physiol Bethesda Md 1985.* 2010 Mar;108(3):670–5.
31. Luo Z, Zhang X, Wang J, Yang Y, Xu Y, Fu W. Changes in Ground Reaction Forces, Joint Mechanics, and Stiffness during Treadmill Running to Fatigue. *Appl Sci.* 2019 Dec 13;9:5493.
32. Nguyen AP. Quantifying Passive Stiffness in Human From the Lab to the Track: Application to the runner's lower leg [Internet]. UCL - Université Catholique de Louvain; 2024 [cited 2024 Aug 13]. Available from: <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:287166>
33. Pearson SJ, Burgess K, Onambele GNL. Creep and the in vivo assessment of human patellar tendon mechanical properties. *Clin Biomech.* 2007 Jul;22(6):712–7.

34. Maganaris CN, Narici MV, Almekinders LC, Maffulli N. Biomechanics and Pathophysiology of Overuse Tendon Injuries: Ideas on Insertional Tendinopathy. *Sports Med.* 2004;34(14):1005–17.
35. Abate M, Gravare-Silbernagel K, Siljeholm C, Di Iorio A, De Amicis D, Salini V, et al. Pathogenesis of tendinopathies: inflammation or degeneration? *Arthritis Res Ther.* 2009;11(3):235.
36. Fyfe I, Stanish WD. The Use of Eccentric Training and Stretching in the Treatment and Prevention of Tendon Injuries. *Clin Sports Med.* 1992 Jul;11(3):601–24.
37. Giffin JR, Stanish WD. Overuse tendonitis and rehabilitation. *Can Fam Physician.* 1993 Aug;39:1762–9.
38. el Hawary R, Stanish WD, Curwin SL. Rehabilitation of tendon injuries in sport. *Sports Med Auckl NZ.* 1997 Nov;24(5):347–58.
39. Canosa-Carro L, Bravo-Aguilar M, Abuín-Porras V, Almazán-Polo J, García-Pérez-de-Sevilla G, Rodríguez-Costa I, et al. Current understanding of the diagnosis and management of the tendinopathy: An update from the lab to the clinical practice. *Dis-Mon DM.* 2022 Oct;68(10):101314.
40. Rudavsky A, Cook J. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). *J Physiother.* 2014 Sep 1;60(3):122–9.
41. Robinson JM, Cook JL, Purdam C, Visentini PJ, Ross J, Maffulli N, et al. The VISA-A questionnaire: a valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2001 Oct;35(5):335–41.
42. Murphy M, Rio E, Debenham J, Docking S, Travers M, Gibson W. EVALUATING THE PROGRESS OF MID-PORTION ACHILLES TENDINOPATHY DURING REHABILITATION: A REVIEW OF OUTCOME MEASURES FOR MUSCLE STRUCTURE AND FUNCTION, TENDON STRUCTURE, AND NEURAL AND PAIN ASSOCIATED MECHANISMS. *Int J Sports Phys Ther.* 2018 Jun;13(3):537–51.
43. Reed MD, Van Nostran W. Assessing pain intensity with the visual analog scale: A plea for uniformity. *J Clin Pharmacol.* 2014 Mar;54(3):241–4.
44. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *The BMJ.* 2017 Sep 21;358:j4008.
45. De Santis KK, Pieper D, Lorenz RC, Wegewitz U, Siemens W, Matthias K. User experience of applying AMSTAR 2 to appraise systematic reviews of healthcare interventions: a commentary. *BMC Med Res Methodol.* 2023 Mar 16;23(1):63.

46. Wiegerinck JJ, Kerkhoffs GM, van Sterkenburg MN, Sierevelt IN, van Dijk CN. Treatment for insertional Achilles tendinopathy: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2013 Jun;21(6):1345–55.
47. Murphy MC, Travers MJ, Chivers P, Debenham JR, Docking SI, Rio EK, et al. Efficacy of heavy eccentric calf training for treating mid-portion Achilles tendinopathy: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2019 Sep;53(17):1070–7.
48. Kingma JJ, de Knikker R, Wittink HM, Takken T. Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2007 Jun;41(6):e3.
49. Prudêncio DA, Maffulli N, Migliorini F, Serafim TT, Nunes LF, Sanada LS, et al. Eccentric exercise is more effective than other exercises in the treatment of mid-portion Achilles tendinopathy: systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2023 Jan 26;15(1):9.
50. Meyer A, Tumilty S, Baxter GD. Eccentric exercise protocols for chronic non-insertional Achilles tendinopathy: How much is enough? *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(5):609–15.
51. Kearney R, Costa ML. Insertional achilles tendinopathy management: A systematic review. *Foot Ankle Int*. 2010;31(8):689–94.
52. Head J, Mallows A, Debenham J, Travers MJ, Allen L. The efficacy of loading programmes for improving patient-reported outcomes in chronic midportion Achilles tendinopathy: A systematic review. *Musculoskeletal Care*. 2019 Dec;17(4):283–99.
53. Habets B, van Cingel RE. Eccentric exercise training in chronic mid-portion Achilles tendinopathy: a systematic review on different protocols. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(1):3–15.
54. Sivrika AP, Papadamou E, Kypraios G, Lamnisis D, Georgoudis G, Stasinopoulos D. Comparability of the Effectiveness of Different Types of Exercise in the Treatment of Achilles Tendinopathy: A Systematic Review. *Healthc Basel Switz*. 2023 Aug 11;11(16):2268.
55. Kojima S, Hosono M, Watanabe M, Matsuzaki T, Hibino I, Sasaki K. Experimental Joint Immobilization and Remobilization in the Rats. *J Phys Ther Sci*. 2014 Jun;26(6):865–71.
56. Couppé C, Svensson RB, Silbernagel KG, Langberg H, Magnusson SP. Eccentric or Concentric Exercises for the Treatment of Tendinopathies? *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015 Nov;45(11):853–63.
57. Komi PV. Neuromuscular performance. Factors influencing force and speed

production. Scand J Sports Sci. 1979;1(1):S. 2-15.

58. Komi PV, Buskirk ER. Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*. 1972 Jul;15(4):417–34.
59. Kibler WB, Chandler TJ, Pace BK. Principles of rehabilitation after chronic tendon injuries. *Clin Sports Med*. 1992 Jul;11(3):661–71.
60. Alfredson H. Eccentric Calf Muscle Training - The Story. *Sportverletz · Sportschaden*. 2010 Dec;24(04):188–9.
61. Alfredson H. Conservative management of Achilles tendinopathy: new ideas. *Foot Ankle Clin*. 2005 Jun;10(2):321–9.
62. Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, Lorentzon R. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med*. 1998;26(3):360–6.
63. Ohberg L, Lorentzon R, Alfredson H, Maffulli N. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. *Br J Sports Med*. 2004 Feb;38(1):8–11.
64. Mafi N, Lorentzon R, Alfredson H. Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multicenter study on patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001 Jan;9(1):42–7.
65. Alfredson H, Lorentzon R. Chronic Achilles tendinosis: recommendations for treatment and prevention. *Sports Med Auckl NZ*. 2000 Feb;29(2):135–46.
66. Öhberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Neovascularisation in Achilles tendons with painful tendinosis but not in normal tendons: an ultrasonographic investigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001 Jul;9(4):233–8.
67. Alfredson H, Öhberg L, Forsgren S. Is vasculo-neural ingrowth the cause of pain in chronic Achilles tendinosis? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2003 Sep 1;11(5):334–8.
68. Alfredson H, Cook J. A treatment algorithm for managing Achilles tendinopathy: new treatment options: Figure 1. *Br J Sports Med*. 2007 Apr;41(4):211–6.
69. Bjur D, Alfredson H, Forsgren S. The innervation pattern of the human Achilles tendon: studies of the normal and tendinosis tendon with markers for general and sensory innervation. *Cell Tissue Res*. 2005 Apr;320(1):201–6.
70. Stevens M, Tan CW. Effectiveness of the Alfredson Protocol Compared With a Lower Repetition-Volume Protocol for Midportion Achilles Tendinopathy: A

- Randomized Controlled Trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014 Feb;44(2):59–67.
71. Morrey BF. The Majority of Patients With Achilles Tendinopathy Recover Fully When Treated With Exercise Alone: A 5-Year Follow-Up. *Yearb Orthop*. 2011 Jan;2011:227–8.
 72. Grävare Silbernagel K, Thomeé R, Thomeé P, Karlsson J. Eccentric overload training for patients with chronic Achilles tendon pain – a randomised controlled study with reliability testing of the evaluation methods. *Scand J Med Sci Sports*. 2001 Aug;11(4):197–206.
 73. Silbernagel KG, Thomeé R, Eriksson BI, Karlsson J. Continued sports activity, using a pain-monitoring model, during rehabilitation in patients with Achilles tendinopathy: a randomized controlled study. *Am J Sports Med*. 2007 Jun;35(6):897–906.
 74. Grävare Silbernagel K, Crossley KM. A Proposed Return-to-Sport Program for Patients With Midportion Achilles Tendinopathy: Rationale and Implementation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015 Nov;45(11):876–86.
 75. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*. 2009 Dec;19(6):790–802.
 76. Kongsgaard M, Reitelseder S, Pedersen TG, Holm L, Aagaard P, Kjaer M, et al. Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training. *Acta Physiol Oxf Engl*. 2007 Oct;191(2):111–21.
 77. Beyer R, Kongsgaard M, Hougs Kjær B, Øhlenschläger T, Kjær M, Magnusson SP. Heavy Slow Resistance Versus Eccentric Training as Treatment for Achilles Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2015 Jul;43(7):1704–11.
 78. Morrison S, Cook J. Putting “Heavy” into Heavy Slow Resistance. *Sports Med Auckl NZ*. 2022 Jun;52(6):1219–22.
 79. Visnes H, Hoksrud A, Cook J, Bahr R. No effect of eccentric training on jumper’s knee in volleyball players during the competitive season: a randomized clinical trial. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2005 Jul;15(4):227–34.
 80. Fredberg U, Bolvig L, Andersen NT. Prophylactic training in asymptomatic soccer players with ultrasonographic abnormalities in Achilles and patellar tendons: the Danish Super League Study. *Am J Sports Med*. 2008 Mar;36(3):451–60.
 81. Jonsson P, Alfredson H. Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper’s knee: a prospective randomised study. *Br J Sports Med*. 2005 Nov;39(11):847–50.

82. Cook JL, Purdam CR. The challenge of managing tendinopathy in competing athletes. *Br J Sports Med.* 2014 Apr;48(7):506–9.
83. Koltyn KF, Umeda M. Contralateral attenuation of pain after short-duration submaximal isometric exercise. *J Pain.* 2007 Nov;8(11):887–92.
84. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2015 Oct;49(19):1277–83.
85. O'Neill S, Radia J, Bird K, Rathleff MS, Bandholm T, Jorgensen M, et al. Acute sensory and motor response to 45-s heavy isometric holds for the plantar flexors in patients with Achilles tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2019 Sep;27(9):2765–73.
86. Jonsson P, Alfredson H, Sunding K, Fahlström M, Cook J. New regimen for eccentric calf-muscle training in patients with chronic insertional Achilles tendinopathy: results of a pilot study. *Br J Sports Med.* 2008 Sep;42(9):746–9.
87. Knobloch K. Eccentric training in Achilles tendinopathy: is it harmful to tendon microcirculation? *Br J Sports Med.* 2007 Jun;41(6):e1–5.
88. Rompe JD, Furia J, Maffulli N. Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2008 Jan;90(1):52–61.
89. Fahlström M, Jonsson P, Lorentzon R, Alfredson H. Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003 Sep 1;11(5):327–33.
90. Rompe JD, Nafe B, Furia JP, Maffulli N. Eccentric Loading, Shock-Wave Treatment, or a Wait- and-See Policy for Tendinopathy of the Main Body of Tendo Achillis: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* 2007 Mar;35(3):374–83.
91. Tumilty S, Mani R, Baxter GD. Photobiomodulation and eccentric exercise for Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2016 Jan;31(1):127–35.
92. Stasinopoulos D, Manias P. Comparing two eccentric exercise programmes for the management of Achilles tendinopathy. A pilot trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2013 Jul;17(3):309–15.
93. Shalabi A, Kristoffersen-Wilberg M, Svensson L, Aspelin P, Movin T. Eccentric Training of the Gastrocnemius-Soleus Complex in Chronic Achilles Tendinopathy Results in Decreased Tendon Volume and Intratendinous Signal as Evaluated by MRI. *Am J Sports Med.* 2004 Jul;32(5):1286–96.

94. Alfredson H, Lorentzon R. Intratendinous glutamate levels and eccentric training in chronic Achilles tendinosis: a prospective study using microdialysis technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003 May;11(3):196–9.
95. Niesen-Vertommen SL, Taunton JE, Clement DB, Mosher RE. THE EFFECT OF ECCENTRIC VERSUS CONCENTRIC EXERCISE IN THE MANAGEMENT OF ACHILLES TENDONITIS. *Clin J Sport Med.* 1992 Apr;2(2):109.
96. Yu J, Park D, Lee G. Effect of Eccentric Strengthening on Pain, Muscle Strength, Endurance, and Functional Fitness Factors in Male Patients with Achilles Tendinopathy. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013 Jan;92(1):68–76.
97. Habets B, van Cingel REH, Backx FJG, van Elten HJ, Zuithoff P, Huisstede BMA. No Difference in Clinical Effects When Comparing Alfredson Eccentric and Silbernagel Combined Concentric-Eccentric Loading in Achilles Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial. *Orthop J Sports Med.* 2021 Oct 27;9(10):23259671211031254.
98. Horstmann T, Jud HM, Fröhlich V, Mündermann A, Grau S. Whole-body vibration versus eccentric training or a wait-and-see approach for chronic Achilles tendinopathy: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013 Nov;43(11):794–803.
99. de Vos RJ, Weir A, Visser RJA, de Winter T, Tol JL. The additional value of a night splint to eccentric exercises in chronic midportion Achilles tendinopathy: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 2007 Jul;41(7):e5.
100. Rompe JD, Furia J, Maffulli N. Eccentric loading versus eccentric loading plus shock-wave treatment for midportion achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2009 Mar;37(3):463–70.
101. Yelland MJ, Sweeting KR, Lyftogt JA, Ng SK, Scuffham PA, Evans KA. Prolotherapy injections and eccentric loading exercises for painful Achilles tendinosis: a randomised trial. *Br J Sports Med.* 2011 Apr;45(5):421–8.
102. Petersen W, Welp R, Rosenbaum D. Chronic Achilles tendinopathy: a prospective randomized study comparing the therapeutic effect of eccentric training, the AirHeel brace, and a combination of both. *Am J Sports Med.* 2007 Oct;35(10):1659–67.
103. Knobloch K, Kraemer R, Jagodzinski M, Zeichen J, Meller R, Vogt PM. Eccentric training decreases paratendon capillary blood flow and preserves paratendon oxygen saturation in chronic achilles tendinopathy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 May;37(5):269–76.
104. Knobloch K, Schreibmueller L, Longo UG, Vogt PM. Eccentric exercises for the management of tendinopathy of the main body of the Achilles tendon with or without an AirHeel Brace. A randomized controlled trial. B: Effects of compliance. *Disabil*

Rehabil. 2008;30(20–22):1692–6.

105. Roos EM, Engström M, Lagerquist A, Söderberg B. Clinical improvement after 6 weeks of eccentric exercise in patients with mid-portion Achilles tendinopathy -- a randomized trial with 1-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports*. 2004 Oct;14(5):286–95.
106. Cook JL, Purdam C. Is compressive load a factor in the development of tendinopathy? *Br J Sports Med*. 2012 Mar;46(3):163–8.
107. Vuurberg G, Hoorntje A, Wink LM, van der Doelen BFW, van den Bekerom MP, Dekker R, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline. *Br J Sports Med*. 2018 Aug;52(15):956.
108. Kwon MP, Hullfish TJ, Humbyrd CJ, Boakye LAT, Baxter JR. Wearable sensor and machine learning accurately estimate tendon load and walking speed during immobilizing boot ambulation. *medRxiv*. 2023 Jun 5;2023.06.03.23290612.
109. Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, et al. Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2017 May;27(3):253–9.
110. Pearson SJ, Stadler S, Menz H, Morrissey D, Scott I, Munteanu S, et al. Immediate and Short-Term Effects of Short- and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2020 Jul;30(4):335–40.
111. Ferri N, Ravizzotti E, Bracci A, Carreras G, Pillastrini P, Di Bari M. The confidence in the results of physiotherapy systematic reviews in the musculoskeletal field is not increasing over time: a meta-epidemiological study using AMSTAR 2 tool. *J Clin Epidemiol*. 2024 May;169:111303.

7 Annexes

7.1 Annexe 1 :

Annexe 1		
Base de données	Equation de recherche	Nombre d'articles
PubMed	(((tendon*[Title/Abstract]) AND (tendin*[Title/Abstract])) OR (tendinopathy[Title/Abstract])) AND (protocol*[Title/Abstract])) AND (effect*[Title/Abstract])) AND (achille's tendinopathy[Title/Abstract]) Filters: Meta-Analysis, Systematic Review	22
Embase	('tendinitis'/exp OR 'tendinitis' OR 'tendinosis'/exp OR 'tendinosis' OR 'tendonitis'/exp OR 'tendonitis' OR 'tendinopathy'/exp OR 'tendinopathy' OR 'tenonitis'/exp OR 'tenonitis' OR 'tenontitis'/exp OR 'tenontitis' OR 'tenositis'/exp OR 'tenositis') AND ('protocol'/exp OR 'protocol' OR 'loading'/exp OR loading OR 'training'/exp OR training) AND effect* AND ('review, systematic'/exp OR 'review, systematic' OR 'systematic review'/exp OR 'systematic review' OR 'meta analysis'/exp OR 'meta analysis') AND ('achilles tendon'/exp OR 'achilles tendon')	30
PEDro	Tendinopathy AND strength training	69

Tableau reprenant les différentes équations de recherches utilisées dans les différentes bases de données.

7.2 Annexe 2 :

2001	2007
Phase 1 (jours 1-7) Elle a pour objectif d'augmenter la circulation sanguine locale de la partie inférieure de la jambe ainsi que l'amplitude de mouvement de la cheville. Elle est constituée de : - 3 x 20 répétitions d'extension/flexion des orteils et d'extension/flexion plantaire/dorsale, - 3 x 20 secondes d'étirements des muscles du mollet avec genou étendu et avec le genou fléchi - 5 x 30 secondes d'exercices d'équilibre en unipodal - 5 x 5 mètres de marche sur pointes des pieds et de marche sur les talons - 2 x 15 répétitions de <i>heel-raise</i> concentriques/excentriques bipodaux sur le sol « Fig. 9.A » Il a été demandé aux patients d'effectuer les exercices trois fois par jours.	Phase 1 (semaines 1 à 2) <u>État du patient</u> : Douleur et difficulté dans toutes les activités et difficulté à réaliser 10 répétitions de <i>heel-raise</i> en unipodal <u>Objectifs</u> : Commencer à refaire du sport, comprendre la pathologie et le <i>pain monitoring model</i>. <u>Programme</u> : A réaliser tous les jours - Éducation au « pain monitoring model » - Exercice pour stimuler la circulation sanguine (flexion plantaire et dorsale de la cheville) - 3 x 10 à 15 répétitions de <i>heel raise</i> bipodaux sur le sol « Fig. 9.A » - 3 x 10 répétitions de <i>heel raise</i> unipodaux sur le sol « Fig. 9.B » - 3 x 10 répétitions de <i>heel raises</i> assis sur une chaise « Fig. 9.C » - 3 x 10 répétitions de <i>heel raise</i> excentriques sur le sol « Fig. 9.D »

Phase 2 (semaines 2 - 3)

Elle contient les mêmes exercices que la phase 1 avec une augmentation de l'intensité du programme de *heel raise*

- 2 x 20 répétitions de *heel raise* concentriques / excentriques bipodaux sur le sol « Fig. 9.A »,
- *heel raise* concentriques/excentriques unipodaux sur le sol « Fig 9.B ». Les instructions sont de commencer par 3 x 5 répétitions et d'augmenter de 2 répétitions par jour jusqu'à 15 répétitions,
- *heel raise* excentriques sur le sol immédiatement après l'exercice précédent, en commençant par 10 répétitions et en augmentant de 2 répétitions par jour « Fig. 9.D »
- Étirements des muscles du mollet pendant 20 secondes,

Les patients devaient effectuer ces exercices 2 fois par jours.

Phase 2 (semaines 2 à 5)

État du patient : douleur pendant les activités, raideur matinale, douleur pendant les *heel raise*.

Objectifs : Début du renforcement musculaire

Programme : A réaliser tous les jours

- 3 x 15 *heel raise* bipodaux sur le bord d'une marche « Fig. 9.E »
- 3 x 15 *heel raise* unipodaux sur le bord d'une marche « Fig. 9.F »
- 3 x 15 *heel raise* assis « Fig. 9.C
- 3 x 15 *heel raise* excentriques sur le bord d'une marche « Fig. 9. G »
- 3 x 20 *quick rebounding heel raises*

Phase 3 (semaines 4 à 12)

Elle contient les mêmes exercices que la phase 2 avec une intensité supplémentaire des exercices de montes sur pointes de pieds :

- 2 x 20 répétitions de *heel raise* concentriques-excentriques bipodaux « Fig. 9.A »
- 3 x 15 répétitions (en augmentant de 2 répétitions par jour si toléré) de *heel raise* concentriques / excentriques unipodaux sur le bord d'une marche « Fig. 9.F »
- Directement après l'exercice précédent, 10 répétitions (augmentant de 2 répétitions par jour si toléré) de *heel raise* excentriques unipodaux sur le bord d'une marche. « Fig.9.F »
- 3 x 20 à 100 répétitions de *quick rebounding heel raise* en commençant en bipodal pour finir en unipodal.
- Étirement des mollets pendant 20 secondes

Au cours de cette phase, les patients ont été invités à effectuer les exercices visant à augmenter la circulation sanguine locale de la partie inférieure de la jambe ainsi que les exercices d'amplitude, d'équilibre et de marche une fois par jour et le programme de « heel raises » tous les deux jours

/

Phase 3 (semaines 3 à 12 ou plus si besoin)

Etat du patient : A su accomplir les exercices de la phase précédente, pas de douleur à l'insertion du tendon, raideur matinale possiblement diminuée ou augmentée.

Objectifs : Renforcement musculaire avec une plus grande charge, augmenter ou commencer la course les sauts et/ou la course à pied.

Programme : A réaliser tous les jours et avec des poids plus lourds 2-3 x par semaine

- 3 x 15 *heel raise* en unipodal sur le bord d'une marche « Fig.9.F »
- 3 x 15 *heel raise* assis « Fig. 9.C »
- 3 x 15 *heel raise* excentriques sur le bord d'une marche avec un poids supplémentaire « Fig. 9.G »
- 3 x 20 *quick rebounding heel raises*
- Entraînement pliométrique

Phase 4 (mois 3 a 6 et plus si besoin)

Etat du patient : Symptômes minimaux, pas de raideur matinale éventuelle, peut participer aux activités sportives sans difficulté.

Objectifs : Exercice de maintien de fonction, plus de symptômes

Programme : A réaliser 2-3 fois par semaine

	- 3 x 15 <i>heel raise</i> unipodaux sur le bord d'une marche avec du poids supplémentaire « Fig. 9.F » - 3 x 15 <i>heel raise</i> excentriques sur le bord d'une marche avec un poids supplémentaire « Fig. 9.G » - 3 x 20 <i>quick rebounding heel raises</i>
--	---

Tableau détaillant les différentes phases des deux protocoles proposés par Silbernagel et al. (72) Protocole de 2001 à gauche et de 2007 (73) à droite.

ABSTRACT

Contexte : La tendinopathie d'Achille est l'une des pathologies tendineuses les plus répandues, touchant particulièrement les athlètes et ayant un impact significatif sur leur qualité de vie. En raison de la prévalence élevée de cette pathologie et des complications qu'elle entraîne, il est essentiel de bien comprendre les différents types de protocoles d'exercices ainsi que l'efficacité de ceux-ci afin de proposer un traitement optimal aux patients.

Objectifs : Cette revue narrative a pour objectifs d'établir une chronologie des différents protocoles d'exercices pour le traitement de la tendinopathie d'Achille ainsi que de fournir une synthèse comparative de l'efficacité de ces différents protocoles. Ceci dans le but de guider les cliniciens dans leurs choix thérapeutiques.

Méthode : Les bases de données PubMed, Embase, et PEDro ont été utilisées pour sélectionner les revues systématiques et les méta-analyses axées sur l'efficacité clinique des traitements de mise en charge du tendon d'Achille. Les traitements passifs n'ont pas été pris en compte. Sur 121 articles initialement extraits, 11 d'entre eux ont finalement été retenus après un tri et une évaluation critique de la part des deux auteurs.

Conclusion : Quel que soit le protocole d'exercice choisi (HSR, excentrique, concentrique ou une combinaison de ceux-ci), la mise en charge progressive du tendon est recommandée pour améliorer la douleur et la fonction des patients atteints de tendinopathie d'Achille. Bien que la quantification du stress mécanique soit difficile à établir, elle constitue un élément essentiel du traitement. Un outil capable de mesurer l'adaptation du tendon permettrait de mieux guider le clinicien à ce niveau.