

Intérêt du renforcement musculaire excentrique dans le traitement des tendinopathies

Eccentric strengthening in the treatment of tendinopathies

D. Mouraux et E. Brassinne

Centre de Rééducation de l'Appareil Locomoteur, Hôpital Erasme

RESUME

Les tendinopathies apparaissent fréquemment au sein de la population active et sportive. L'atteinte de ces tendons évolue souvent vers la chronicité et demeure rebelle aux traitements classiques. Malgré les progrès récents dans la compréhension et le traitement des lésions des tissus mous, cette pathologie reste un challenge thérapeutique. La rééducation en mode excentrique montre des résultats très prometteurs mais les mécanismes par lesquels les contractions excentriques ont un effet sur la guérison restent difficiles à déterminer. Après une revue de la littérature et en fonction de notre expérience clinique, nous recommandons différents protocoles de rééducation et envisageons les différentes hypothèses émises dans la littérature.

Rev Med Brux 2011 ; 32 : 375-80

ABSTRACT

Tendinopathies show a high prevalence within the general population and sport. Despite recent progress in understanding and treating soft tissue injuries, this pathology remains a therapeutic challenge. Rehabilitation in eccentric mode has shown promising results but the mechanisms by which eccentric contractions aid in healing are still difficult to determine. Based on a review of the literature and our own clinical experience, we recommend some rehabilitation protocols and consider the various hypotheses presented in the literature.

Rev Med Brux 2011 ; 32 : 375-80

Key words : tendinopathy, eccentric, isokinetic, conservative treatment

Les tendinopathies représentent une des lésions de surcharge les plus fréquentes chez les athlètes et dans certaines catégories professionnelles. Les tendinopathies peuvent apparaître sur tous les tendons et sont directement liées au volume de travail répété auquel le tendon est soumis. La tendinopathie est caractérisée par une apparition de douleur durant l'activité, une sensibilité douloureuse locale du tendon à la palpation, un gonflement et une diminution des performances¹.

Malgré les progrès récents dans la compréhension et le traitement des lésions des tissus mous, cette pathologie reste un challenge thérapeutique. Les hypothèses étiopathogéniques sont très nombreuses, combinant les facteurs extrinsèques et intrinsèques. Dans les traitements recommandés, on retrouvera différentes combinaisons de traitement :

- en phase aiguë : le repos relatif, la glace, l'utilisation d'agents physiques tels que l'ultrason et le laser, les médicaments analgésiques, les orthèses, les assouplissements sans oublier la modification des

facteurs de risque tels que les erreurs d'entraînement ;

- en phase chronique : une rééducation incorporant le renforcement musculaire, les assouplissements, la proprioception, le massage et l'endurance.

Nous nous limiterons à analyser l'intérêt des contractions excentriques dans la prise en charge de ces tendinopathies en phase chronique mais également en phase subaiguë.

Le travail musculaire excentrique se définit par l'association d'une contraction musculaire et d'un allongement du complexe musculo-tendineux. C'est dans ce mode de contraction que le muscle est capable de développer les tensions les plus importantes, de l'ordre de 25 % de plus que lors de contractions isométriques, et ce avec un recrutement moindre d'unités motrices. Il en résulte donc, des tensions plus importantes dans le système contractile et les éléments élastiques en série et en parallèle du complexe musculo-tendineux.

Le travail excentrique est recommandé dans le cadre de la prévention et des traitements des lésions de l'appareil musculo-tendineux.

Dans la prise en charge des tendinopathies en phase chronique de remodelage, un nombre important d'articles montrent les bénéfices des contractions excentriques^{2,3,5,7,8,16}. Stanish *et al.*² en 1986, publie une étude prospective sur 200 patients présentant une tendinopathie rotulienne avec des résultats très prometteurs suite à la pratique quotidienne d'exercices excentriques réalisés pendant 6 semaines. Mais c'est en 1998, avec les travaux d'Alfredson³ que le travail excentrique est définitivement associé à la prise en charge des tendinopathies. Cette technique permettrait d'éviter la chirurgie et autorise un retour au sport plus précoce. L'application de cette technique s'est étendue aux tendinopathies achilléennes, rotuliennes, du sus-épineux et des épicondyliens.

L'initiation de ce type d'exercices est basée sur l'hypothèse que la majorité de ces lésions sont associées à un excès de mouvement répétitif et de surcharge, ce qui selon Stanish *et al.*² se produit dans la phase excentrique du travail musculaire.

Le principe de base d'une rééducation excentrique est basé sur 3 paramètres :

- la longueur du tendon : si le tendon est pré-étiré, sa longueur de repos est augmentée et il y aura moins de tension sur le tendon lors du mouvement ;
- l'augmentation progressive de la charge sur le tendon qui augmentera sa résistance ;
- l'augmentation de la vitesse de contraction qui permettra de développer plus de force.

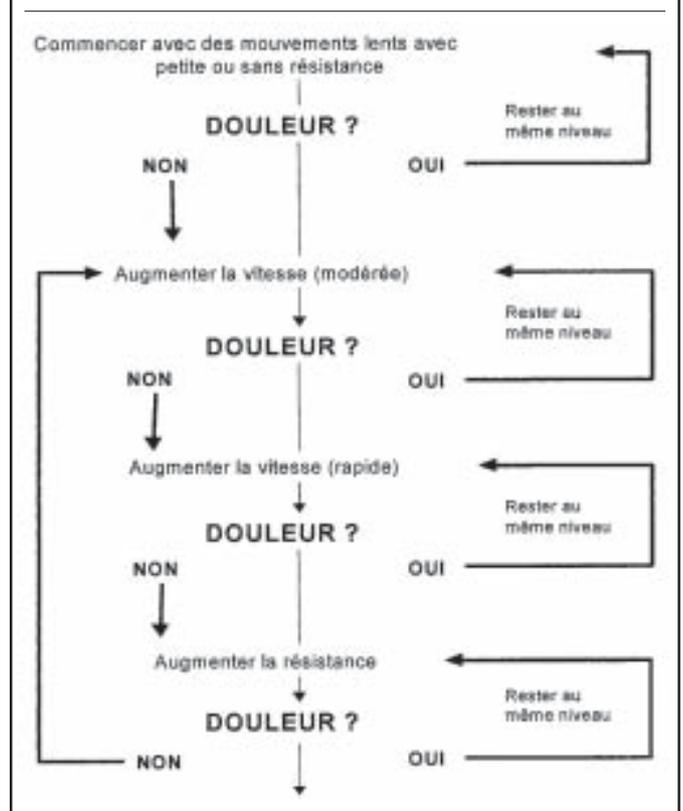
Stanish *et al.*² sont les premiers à avoir montré l'intérêt de ce type de contraction chez des sujets souffrant de tendinopathies chroniques rotuliennes. Ils observent après 6 semaines d'entraînement quotidien, une disparition des douleurs pour 44 % et une diminution significative des douleurs pour 43 % de ces sujets. Ces 87 % ont pu reprendre leur activité sportive. Leur protocole de traitement consiste en des étirements (avant et après exercices excentriques), suivis de 3 séries de 10 répétitions en mode excentrique et glaçage. La progression se fait en augmentant la vitesse d'exécution pour ensuite augmenter la charge (tableau 1).

Dans le cadre de la tendinopathie achilléenne, le traitement le plus habituellement utilisé est celui dérivé des travaux d'Alfredson^{3,4}. Celui-ci comprend 3 séries de 15 répétitions à effectuer 2 x/jour pendant 12 semaines.

Deux exercices sont réalisés et on totalise 180 contractions excentriques pour les deux exercices.

Le premier exercice est effectué en position debout jambe tendue, le pied posé à moitié sur une marche d'escalier et le sujet va laisser descendre son talon jusqu'au maximum de l'étirement du mollet. La

Tableau 1 : Protocole de renforcement musculaire excentrique selon Stanish.



remontée se fera sur la jambe saine.

Le deuxième exercice est similaire mais la jambe légèrement fléchie pour maximiser l'activation du soléaire.

Il est conseillé de réaliser les exercices avec des chaussures de sport (figure 1).

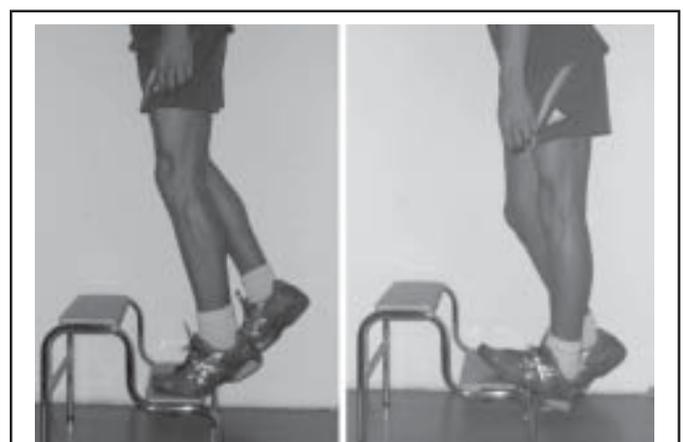


Figure 1 : Exercice excentrique pour la tendinopathie achilléenne selon Alfredson jambe tendue.

Dans un premier temps, la charge correspond au poids du corps qui sera augmentée, une fois que les douleurs s'atténuent, par le port d'un sac à dos avec augmentation progressive de la charge. Si les charges sont trop importantes, il est recommandé d'utiliser des

appareils de musculation. Alfredson⁴ ne dénombre aucun arrêt du traitement, ni accroissement des douleurs mais il insiste sur le fait que le traitement était douloureux au début (*no pain no gain*). Dans notre centre, nous avons adapté ce traitement à différentes tendinopathies (épicondylalgie, tendinite du moyen fessier, tendinite du sus-épineux) mais, contrairement aux auteurs anglo-saxons, nous préférons travailler sous le seuil de la douleur pendant et après ce mode d'exercice. Les exercices sont réalisés quotidiennement à domicile et un suivi kinésithérapeutique est recommandé 2 x/semaine pendant 6 semaines et 1 x/semaine pendant 6 semaines.

Dans le cadre de la tendinopathie rotulienne, nous proposons le protocole d'exercices basé sur les travaux de Purdam⁵. Le sujet effectue une flexion excentrique en appui unipodal sur la jambe pathologique. Le pied est posé sur un plan incliné à 25° (figure 2), tronc droit (ce qui maximise le travail du quadriceps). Le retour en position neutre se fait sur la jambe saine. Le patient effectuera 3 séries de 15 répétitions à raison de 2 x/jour. La flexion de genou se réalisera jusque 90°. L'exercice peut être continué si une légère douleur survient. L'accroissement du travail se fera par un incrément de charge additionnel de 5 kg. Le programme doit être effectué durant 12 semaines en sachant que les 4 à 6 premières semaines le sujet ne pratique aucune activité sportive. Ensuite, les exercices légers tels vélo et piscine peuvent être repris. Après 8 semaines, on incitera le patient à une reprise très progressive des activités sportives.



Figure 2 : Exercice excentrique pour la tendinopathie rotulienne selon Purdam.

Mafi *et al.*⁶ ont démontré la supériorité du traitement excentrique par rapport au concentrique sur une période de 12 semaines.

Roos *et al.*⁷, dans le cadre d'un entraînement de 12 semaines en excentrique, montrent que ce type de traitement peut être utilisé aussi bien pour les tendinopathies chroniques que pour les tendinopathies aiguës et que l'effet perdure à un an. Ils concluent que ce type de traitement doit être initié avant tout autre traitement.

Un dynamomètre isocinétique peut également être utilisé dans la prise en charge des tendinopathies. Le principe de l'isocinétisme repose sur une vitesse de mouvement constante assurée par un servo-moteur qui auto-adapte en permanence la résistance de l'appareil à la force développée par le sujet pour que cette vitesse demeure constante.

Les avantages de l'utilisation d'un dynamomètre isocinétique sont nombreux. Il permet :

- un contrôle quantifié de la résistance et de la vitesse ;
- une adaptation permanente de la résistance, ce qui permet des contractions optimales sur toute l'amplitude articulaire tout en s'adaptant aux inhibitions nociceptives ;
- la mesure du couple instantané et le *feedback* via l'écran, ce qui permet au patient d'ajuster exactement sa contraction au niveau prédéterminé ;
- la mesure de la force du membre sain et une adaptation individuelle ;
- une amplitude de mouvement constante et contrôlée.

Ce type de dynamomètre permet une approche plus raisonnée dans le traitement des tendinopathies mais son coût et la nécessité d'un personnel expérimenté limite son utilisation en pratique privée.

Croisier *et al.*⁸ ont publié une étude sur l'utilisation du dynamomètre en mode excentrique dans le traitement des tendinopathies. Il s'agit d'une étude longitudinale concernant 19 patients, 9 souffrant de tendinopathies achilléennes, 10 de tendinopathies patellaires. La durée moyenne de la symptomatologie est de 7 mois et tous les patients ont déjà suivi un traitement conventionnel qui s'est soldé par un échec. La charge des entraînements est calculée en pourcentage de la force maximale du membre sain (tableau 2). L'entraînement commence avec des charges légères et à vitesse lente. L'augmentation de la charge et de la vitesse est subordonnée à l'absence de douleurs. Les entraînements sont effectués 2 à 3 x/semaine durant 20 à 30 sessions. Les résultats sont très encourageants ; ils montrent une réduction de la douleur évaluée à 7 sur l'EVA en début de traitement à 2,5 après 20 sessions et 1,8 après 30 séances. 74 % des patients montrent une disparition complète ou une réduction marquée des symptômes douloureux à la reprise du sport ou des activités physiques. 85 % des patients présentent une amélioration à l'examen ultrasonographique : disparition ou diminution des zones hypoéchogènes ou de l'épaississement du

Tableau 2 : Protocole d'entraînement excentrique (avec l'accord de J-L. Croisier).
Description des modalités du protocole d'entraînement excentrique pour les tendinopathies achilléennes.

| Séances | Muscle | Vitesse | Séries et répétitions | Intensité |
|---------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------|
| 1 à 5 | Triceps sural | 30°/s | 1-3 x 30 | 30 % MAX |
| 6 à 10 | Triceps sural | 60°/s à 120°/s | 1-3 x 30 | 30 % MAX |
| 11 à 15 | Triceps sural | 30°/s à 120°/s | 3-5 x 30 | 60 % MAX |
| 16 à 20 | Triceps sural | 30°/s à 90°/s | 3-5 x 30 | 80 % MAX |
| 21 à 30 | Triceps sural | 60°/s à 120°/s | 3-5 x 30 | 80 % MAX |
| si nécessaire | | | | |

tendon. En moyenne, on n'observe pas de différence de force bilatérale lors de l'évaluation isocinétique en mode concentrique et excentrique en fin de traitement. Seule la présence de calcification intratendineuse semble influencer négativement le pronostic.

HYPOTHESE DES EFFETS DES CONTRACTIONS EXCENTRIQUES

Actuellement, le mécanisme lié à l'efficacité des contraintes excentriques n'est pas encore élucidé. En fonction des connaissances actuelles, nous tenterons de voir les mécanismes d'adaptation du tendon suite à des exercices excentriques. Différentes hypothèses seront abordées ici.

Hypothèse vasculaire

Knobloch⁹ émet l'hypothèse que la néovascularisation joue un rôle prédominant dans les tendinopathies et que l'efficacité des entraînements excentriques pourrait favoriser sa disparition.

L'effet de l'entraînement excentrique sur la microcirculation du tendon dans les tendinopathies semble bénéfique. Knobloch^{9,10} montre que le flux capillaire est significativement réduit, à l'insertion et à la portion distale moyenne du tendon d'Achille atteint de tendinopathie après 12 semaines d'entraînement excentrique tandis que la saturation en oxygène du tendon n'est pas réduite. Par contre, la pression post-capillaire est significativement réduite, ce qui est bénéfique pour la guérison. Les mécanismes responsables de la diminution voire la disparition de cette néovascularisation restent cependant largement spéculatifs. Öhberg *et al.*¹¹ émettent l'hypothèse que l'entraînement excentrique pourrait exercer une traction sur les néovaisseaux favorisant leur destruction. Knobloch¹⁰ spécule que la résolution de la néovascularisation perturbera voire détruira les terminaisons nerveuses qui lui sont associées par manque d'apport de nutriment.

Hypothèse métabolique associée à la mécanotransduction

La mécanotransduction¹² est le processus physiologique qui permet aux cellules de réagir à des stimulations mécaniques. Les cellules tendineuses comme les cellules osseuses et musculaires ont cette propriété.

Des recherches récentes mettent en évidence que, contrairement à ce que l'on pensait précédemment, l'activité métabolique du tendon humain est remarquablement élevée, ce qui donne au tendon une capacité de s'adapter au changement de la " demande " mécanique.

Des études *in vivo*¹³ ont montré des modifications de l'activité métabolique du tendon après une séance d'exercices. Un exercice intense provoque immédiatement une réduction de la synthèse de

collagène mais elle est suivie d'une augmentation importante de cette synthèse durant les jours qui suivent la séance d'exercice. Chez l'humain, on observe que la surface de section du tendon d'Achille est 22 % plus importante dans une population de coureurs de fond comparativement à des sédentaires. *A contrario*, d'autres auteurs ne montrent pas de modifications de la section du tendon après 9 mois d'entraînement de course à pied ou 3 mois d'entraînement résistif.

Mouraux *et coll.*¹⁴ ne montrent pas non plus de modifications de la section du tendon d'Achille après 6 semaines d'entraînement excentrique. Il est possible que cette dispersion des résultats s'explique par les différents modes d'entraînement (résistance *versus* endurance) ou peut-être que les modifications qualitatives des composants extracellulaires précèdent l'hypertrophie du tendon.

En 2001, Landberg *et al.*¹⁵ avaient montré que l'entraînement physique, aussi bien chez l'animal que chez l'être humain, favorisait l'augmentation de la synthèse et de la dégradation du collagène. Récemment Landberg *et al.*¹⁶ montrent, en utilisant une technique de microdialyse, qu'après 12 semaines d'entraînement excentrique, la douleur est fortement réduite et cet entraînement stimule la synthèse du collagène sans modifier le taux de dégradation de celui-ci. Cette découverte suggère que les exercices excentriques peuvent augmenter la masse du tendon par augmentation de synthèse du collagène de type I. On peut donc supposer que l'homéostasie du tissu conjonctif est perturbée lorsque le tendon est " blessé " et que l'effet positif de la rééducation en mode excentrique est lié à sa participation dans la stimulation de la synthèse de collagène type I comme élément du processus de guérison du tissu endommagé. Les auteurs émettent l'hypothèse que l'augmentation de cette synthèse réparerait les microlésions tendineuses menant à la réduction de l'hypervascularisation.

Rees *et al.*^{17,18} ont étudié les propriétés mécaniques du tendon d'Achille *in vivo* lors d'une contraction concentrique et excentrique. Grâce à leur méthode combinant en temps réel l'ultrasonographie et l'analyse de mouvement (force et EMG), ils ont pu démontrer que les contraintes subies par le tendon en excentrique ne sont pas significativement différentes de celles observées en mode concentrique. Contrairement aux hypothèses de Stanish *et al.*, Rees *et al.*¹⁹ estiment donc que la contrainte n'est sans doute pas le seul élément dans les effets bénéfiques liés à la contraction excentrique. Par contre, Rees *et al.*¹⁹ observent qu'il existe une fluctuation (cycle sinusoïdal de charge/décharge) dans les contraintes lors des mouvements excentriques qui pourrait fournir un important stimulus dans le remodelage du tendon. Selon eux, c'est donc plus le " *pattern* " de développement de la force que son intensité qui aurait un effet sur la normalisation du tendon. Si l'hypothèse semble séduisante, le faible échantillonnage (7 sujets) ne peut permettre de confirmer définitivement ces observations.

Hypothèse mécanique

Certains auteurs^{3,4} ont émis l'hypothèse que l'effet d'étirement du tendon dans les contractions excentriques pourrait avoir une influence sur les propriétés mécaniques du tendon, entre autres sur son élasticité.

Mahieu *et al.*²⁰ démontrent, dans une population de sujets sains entraînés en excentrique durant 6 semaines, à raison de 45 répétitions/jour d'exercices tels que ceux recommandés par Alfredson pour les tendinopathies achilléennes, une augmentation de l'amplitude de la flexion dorsale de la cheville, une diminution de la résistance à la mobilisation passive alors que la rigidité du tendon est conservée. Ces modifications des propriétés mécaniques seraient attribuées à des modifications structurelles de l'unité musculo-tendineuse. Comme d'autres auteurs⁷, Mahieu *et al.*²⁰ émettent l'hypothèse d'une augmentation du nombre de sarcomères en série qui permettrait un contrôle plus fin de la longueur et de la vitesse des changements de longueur du muscle sous tension, particulièrement dans la partie descendante de la courbe tension-longueur et permettrait d'éviter des contraintes qui amèneraient des lésions. Par ailleurs, cela pourrait amener une meilleure distribution des contraintes entre le muscle et le tendon et protéger ce dernier.

CONCLUSION

Actuellement, des avancées significatives dans l'étiopathogénie et le traitement de ces désordres tendineux ont été faites, en particulier avec les programmes d'entraînement excentrique qui ont révolutionné notre approche thérapeutique et nous ont permis d'améliorer la symptomatologie des patients. Ces traitements ont une place à part entière dans la prise en charge des tendinopathies chroniques ou subaiguës. Les exercices excentriques entraîneraient les mécanismes adaptatifs suivants :

1. ils favoriseraient la disparition de " néoneurovascularisation " associée à la tendinopathie ;
2. ils stimuleraient la synthèse du collagène de type I, la réorganisation de la matrice extracellulaire et permettraient au tendon de retrouver son homéostasie, grâce à ses propriétés de mécanotransduction ;
3. ils modifieraient les propriétés mécaniques de l'unité musculo-tendineuse protégeant le tendon des surcharges mécaniques.

Les modes d'action précis de ces mécanismes adaptatifs restent cependant encore largement spéculatifs.

BIBLIOGRAPHIE

1. Xu Y, Murrel AC : The basic science of tendinopathy. Clin Orthop Relat Res 2008 ; 466 : 1528-38

2. Stanish W, Rubinovich M, Curwin S : Eccentric exercise in chronic tendinitis. Clinical Orthopaedics and Related Research 1986 ; 2008 : 65-8
3. Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, Lorentzon R : Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic achilles tendinosis. Am J Sport Med 1998 ; 26 : 360-6
4. Alfredson H : The chronic painful Achilles and patellar tendon : research on basic biology and treatment. Scand J Med Sci Sports 2005 ; 15 : 252-59
5. Purdam C, Johnsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook J-L, Khan K : A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. Br J Sports Med 2004 ; 38 : 395-7
6. 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 ; 9 : 42-7
7. Roos E, 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 ; 14 : 286-95
8. Croisier J-L, Forthomme B, Foidart-Dessalle M, Godon B, Crielaard J-M : Treatment of recurrent tendinitis by isokinetic eccentric exercises. Isokin Exerc Sci 2001 ; 9 : 133-41
9. Knobloch K : Eccentric training in Achilles tendinopathy : is it harmful to tendon microcirculation ? Br J Sports Med 2007 ; 41 : e4
10. Knobloch K : The role of tendon microcirculation in Achilles and patellar tendinopathy. J Orthop Surg Res 2008 ; 3 : 1-13
11. Ohberg L, Alfredson H : Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion Achilles tendinosis ? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2004 ; 12 : 465-70
12. Khan KM, Scott A : Mecanotherapy : how physical therapist's prescription of exercise promote tissue repair. Br J Sports Med 2009 ; 43 : 247-51
13. Magnusson SP, Narici MV, Maganaris CN, Kjaer M : Human tendon behaviour and adaptation in vivo. J Physiol 2008 ; 586 ; 1 : 71-81
14. Mouraux D, Stallenberg B, Dugaillly P-M, Brassinne E : The effect of submaximal eccentric isokinetic training on strength and cross sectional area of the human Achilles tendon. Isokin Exerc Sci 2000 ; 8 : 161-7
15. Langberg H, Rosendal L, Kjaer M : Training induced changes in peritendinous type I collagen turnover determined by microdialysis in humans. J Physiol 2001 : 534 (part 1) : 297-302
16. Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T *et al.* : Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. Scand J Med Sci Sports 2007 ; 17 : 61-6
17. Rees JD, Wolman RL, Wilson AM : Current concepts in management of tendon disorders. Rheumatology 2006 ; 45 : 508-21
18. Rees JD, Lichtwark GA, Wolman RL, Wilson AM : The mechanism for efficacy of eccentric loading in Achilles tendon injury ; an *in vivo* study in humans. Rheumatology 2008 ; 47 : 1493-7
19. Rees JD, Wolman RL, Wilson AM : Why do they work, what are the problems and how can we improve them ? Br J Sports Med 2009 ; 43 : 242-6

20. Mahieu NN, McNair P, Cools A, D'haen C, Vandermeulen K, Witvrouw E : Effect of eccentric training on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties.
Med Sci Sports Exerc 2008 ; 40 : 117-23

Correspondance et tirés à part :

D. MOURAUX
Hôpital Erasme
Centre de Rééducation de l'Appareil Locomoteur
Route de Lennik 808
1070 Bruxelles
E-mail : dmouraux@ulb.ac.be

Travail reçu le 27 avril 2011 ; accepté dans sa version définitive le 16 mai 2011.